

Suunnittelunohjaus metallilasirakenteiden hankinnassa

Tomi Mikkonen

Opinnäytetyö

Toukokuu 2018

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Mikkonen, Tomi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2018
		Julkaisun kieli Suomi
	Sivumäärä 49	Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Suunnittelunohjaus metallilasirakenteiden hankinnassa		
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikka		
Työn ohjaaja(t) Pitkänen, Seppo		
Toimeksiantaja(t) NCC Suomi Oy		
Tiivistelmä <p>Tässä opinnäytetyössä käsitellään suunnittelunohjausta rakennuskohteiden julkisivuihin asennettavien metallilasirakenteiden hankinnassa. Metallilasirakenteiden lisääntyvä ostovolyyymi rakennushankkeissa tarvitsee kriittistä tarkastelua rakenteiden ominaisuuksien lisääntyessä ja monimutkaistuessa. Asiaa tutkittiin yhdessä metallilasitoimittajien kanssa. Tavoitteena oli selvittää lasirakenteiden suurimmat kustannustekijät.</p> <p>Tutkimus suoritettiin kvalitatiivisena tutkimuksena. Syvähaastattelujen kohteena olivat NCC Suomi Oy:n yhteistyöyritysten edustajat, jotka vastaavat metallilasirakenteiden myynnistä yrityksessä. Kvalitatiivisen tutkimuksen lisäksi opinnäytetyön teoria-osiossa hyödynnettiin metallilasirakenteisiin liittyviä ohjeistuksia, määräyksiä ja muita tutkimuksia.</p> <p>Työn tuloksena selvitettiin metallilasirakenteiden merkittävimpiä kustannustekijöitä. Metallilasirakenteiden profiilien materiaali, lasien ruutukoko, lasin ominaisuudet sekä rakenteen värisävy vaikuttavat merkittävästi valmiin rakennustuotteen hintaan. Optimoimalla näitä ominaisuuksia rakennusliike pystyy tuottamaan kokonaisedullisen rakenneratkaisun tilaajan, suunnittelijoiden sekä metallilasitoimittajien kanssa yhteistyössä.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Hankinta, metallilasirakenteet, lasi, metalli, alumiini, teräs, laatu, rakentaminen		

Author(s) Mikkonen, Tomi	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2018
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 49	Permission for web publication: x
Title of publication Design management Case: Purchasing metal glass structures		
Degree programme Civil Engineering		
Supervisor(s) Pitkänen, Seppo		
Assigned by NCC Suomi Oy		
Description <p>This thesis discusses the design management of metal glass structures installed in building facades. The increasing purchase volume of metal glass structures in construction projects needs critical examination with the structures and their properties becoming more complex. The examiner's task was to investigate the matter together with metal glass suppliers with the aim to find out the major cost factors for metal glass structures.</p> <p>The study was conducted as a qualitative research. The interviewees were representatives of the partner companies of NCC Suomi Oy who are responsible for the sale of metal glass structures. In addition to the qualitative research, the theory section contains information relating to studies about the topic as well as guidelines and regulations for the use of the metal in glass structures.</p> <p>The examination resulted in finding out the most important cost factors of metal glass structures. The material of the profiles, the size of the glass panel, characteristics of the glass and the color tone of the structure significantly affect the cost of the finished metal glass structure. By optimizing these properties of the structural solution, construction companies will be able to produce affordable solutions in cooperation with the client, designers and as well with metal glass suppliers.</p>		
Keywords (subjects) Purchasing, metal-glass structures, glass, metal, aluminum, steel, quality, construction		

Sisältö

1	Johdanto	3
1.1	Tutkimuksen tausta.....	3
1.2	Opinnäytetyön tavoite: suunnittelunohjaus metalliovien ja -ikkunoiden hankinnassa	4
2	NCC yrityksenä	5
2.1.1	NCC Suomessa – NCC Suomi Oy.....	7
2.1.2	Hankinta NCC:llä.....	7
2.1.3	Hankintatoimen tehtävät.....	8
3	Perustietoa metallilasirakenteista	11
3.1	Metallilasirakenteiden komponentit.....	11
3.2	Metallilasirakenteiden suunnittelu ja mitoitus.....	14
3.3	Metallilasirakenteiden lainsäädäntö ja määräykset.....	17
3.4	Metallilasirakenteiden laatu ja laadunvarmistus.....	19
3.4.1	Rakennusaikainen laadunvarmistus	23
4	Toimittajahaastattelut	24
4.1	Haastateltavien yritysten esittelyt.....	25
4.2	Haastattelujen rakenne.....	26
4.2.1	Haastattelujen aihealueet	26
4.3	Haastattelujen tulokset.....	28
4.3.1	Yrityksien tuotannon painotus.....	28
4.3.2	Yrityksen näkökulma nykyaikaiseen lasirakentamiseen	28
4.3.3	Yrityksen ajansaatossa saatu tietous optimaalisesta lasirakentamisesta	30
4.3.4	Case-rakenteet.....	31
4.3.5	Metallilasirakenteiden havaitut ongelmat ja takuuasiat.....	31
5	Case-rakenteet	32
5.1	Case 1: JYU Ruusupuisto, Jyväskylä, 1.krs ulkolasiseinä.....	33
5.1.1	Ulkolasiseinärakenteelle annetut vaatimukset.....	33
5.1.2	Rakenteen optimointi.....	35
5.2	Case 2: Saimaa Stadiumi, Mikkeli, lasiseinärakenne.....	39

5.2.1	Laseinärakenteelle annetut vaatimukset.....	39
5.2.2	Rakenteen optimointi.....	39
5.3	Case 3: JYU Athenaeum, Jyväskylä, julkisivuikkunan lasitus	41
5.3.1	Rakenteelle annetut vaatimukset.....	41
5.3.2	Rakenteen optimointi.....	42
6	Pohdinta	44
	Lähteet	47
	Kuviot	
	Kuvio 1. NCC AB -konsernin organisaatiorakenne (NCC Group AB 2018)	6
	Kuvio 2. Hankintaprosessi	10
	Kuvio 3. Esimerkki eristyslaselementistä (Nippon Sheet Glass Co., Ltd. 2018).....	14
	Kuvio 4. Lasinvalintaan vaikuttavia parametreja (Nippon Sheet Glass Co., Ltd. 2018)	16
	Kuvio 5. Turvalasin mitoitus (F2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2001)	18
	Kuvio 6. Rakennustuotteeseen kiinnitettävä CE-merkintä (CE-Merkintä 2017).....	20
	Kuvio 7. Case 1 Ruusupuisto.....	34
	Kuvio 8. Havainnekuva lasilevyn hukkamäärästä suhteutettuna case-rakenteen lasiruudun kokoon.....	36
	Kuvio 9. Havainnekuva erilaisista lasitusratkaisuista kohteen case-rakenteessa.	43

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta

NCC Suomi Oy, Building rakentaa Suomessa asuntojen ja toimistojen lisäksi myös julkisia tiloja kuten kouluja, sairaaloita ja urheiluhalleja sekä myymälä- ja varastotiloja kaupalliselle sektorille. Urakkamuotojen ja urakoiden haasteellisuus näkyy nykyaikana monella osa-alueella, kuten tutkimusaiheena olevissa lasirakenteissa. KVR- ja projektinjohtourakoinnin rakennushankkeet voivat olla täysin ainetlaatuksia, jolloin myös kohteen rakenteet ovat rakennusyrittäjälle uudentyyppisiä. Näissä tapauksissa NCC:n henkilöstölle kertynyttä tietotaitoa ei päästä täysimääräisesti hyödyntämään ja tarve erikoisosaamiselle lisääntyy.

Nykyrakentamisessa erityisesti kaksoislasijulkisivujen rooli on kasvanut merkittävästi. Kaksoisjulkisivulla tarkoitetaan sellaista julkisivurakennetta, jossa rakennuksen lämpöeristetyin vaipan ulkopuolella muutaman kymmenen sentin tai korkeintaan parin metrin päässä on toinen, erillinen lasirakenteinen vaippa (Tenhunen 2003, 14). Talotekniikan kehittyminen on antanut kaksoisjulkisivurakenteille kehitys- ja viime vuosisadan vaihteessa, jonka ansiosta lasijulkisivujen rakentaminen on lisääntynyt ympäri maailman, ei ainoastaan Suomessa (Piironen 2001, 32; Louw 1987, 31-53). Jotta nykyrakentamisen haasteisiin pystytään vastaamaan, yrityksen toimintatapojen tulee uusiutua sekä jatkuva kehitystyö toimittajayritysten kanssa tulee entistä tärkeämmäksi.

Kaksoislasijulkisivulla tarkoitetaan julkisivurakennetta, jossa lämmöneristetyin vaipan ulkopuolella on toinen erillinen lasirakenteinen vaippa. Arkkitehdit suosivat rakennuksien kaksoisjulkisivuissa suuria laseja, joissa voi olla useita erilaisia lasityyppejä riippuen vaatimuksista, mitä julkisivulle asetetaan. Suurten lasiruutujen käyttö ei aina ole kustannustehokkain rakentamistapa julkisivurakenteissa. Kun rakennetta vertaillaan, tulisi prosessissa huomioida koko rakenteen rakentamiskustannukset neliötä kohden. Rakentamiskustannuksiin vaikuttavat mm. lasin vaihtokustannukset rikkoutuessa, lasin paksuus, lasiruudun laminointi, saatavuus, kuljetus, purku sekä asennus. Kun suurta lasiruutua vertaillaan

neliömääräisesti pienempään lasiruutuun, neliömääräinen kokonaiskustannus voi vaihdella merkittävästi. (Tenhunen 2003, 14-15.)

KVR-urakoinnissa, eli urakoinnissa missä pääurakoitsija vastaa koko rakennushankkeesta, rakennusurakoitsijalla on valtuus vaikuttaa rakennuskohteen suunnitelmiin, sillä toteuttamismuodossa suunnittelu ja rakentaminen jäävät myös rakennusliikkeen vastuulle. (Hanhijärvi & Kankainen 2003, 20) Projektinjohtourakoinnissa projektinjohtototeuttaja eli rakennusurakoitsija vastaa pääasiallisesti projektinjohtotehtävien, työmaan johtovelvollisuuksien, työmaapalveluiden ja rakennustöiden toteuttamisesta, mutta rakennusurakoitsija voi mahdollisuuksien mukaan myös antaa tilaajan suunnitteluun ehdotuksia toimivammista rakennevaihtoehdoista. Tämän johdosta rakennusurakoitsijalla on mahdollisuus optimoida rakenteita mahdollisimman kustannustehokkaaksi ja järkeväksi tilaajan sekä arkkitehti- ja rakennesuunnittelijoiden hyväksymänä. Metallilasirakenteiden osalta tämä tarkoittaa euromäärien säästämistä ja rakenteiden ohjaamista enemmän toteuttamiskelpoiseksi. Kun lasirakenteet ovat toteuttamiskelpoisia, myös lasitoimittajien kilpailutus rakennusyrietyksessä pystytään suorittamaan laadukkaammin.

1.2 Opinnäytetyön tavoite: suunnittelunohjaus metalliovien ja -ikkunoiden hankinnassa

NCC tarvitsee suunnittelunohjaukseen metallilasiovien ja -ikkunoiden toimintatavan, jonka avulla voidaan selvittää kustannustehokkaimmat lasiratkaisut varsin suurien lasijulkisivujen toteutukseen rakennusurakoissa. Metallirakenteet (alumiini- ja teräsrakenteet) muodostavat merkittävän osan rakennushankkeen hankintakustannuksista yritystasolla, jonka takia jokainen rahaa säästävä ratkaisu metallilasirakenteissa on tärkeä. Yrityksen perimmäinen tavoite on suunnitella mahdollisimman tarkasti kustannustehokkaat ratkaisut rakenteille, joilla voidaan säästää sekä rahaa että aikaa. Visio tutkimuksen takana on löytää parempia ratkaisuja tulevaisuuden projekteja varten, sekä pyrkiä hallitsemaan

metallilasirakentamisen arkkitehtisuunnittelua kustannustehokkaampaan suuntaan sekä rakennusyrietykselle että tilaajalle.

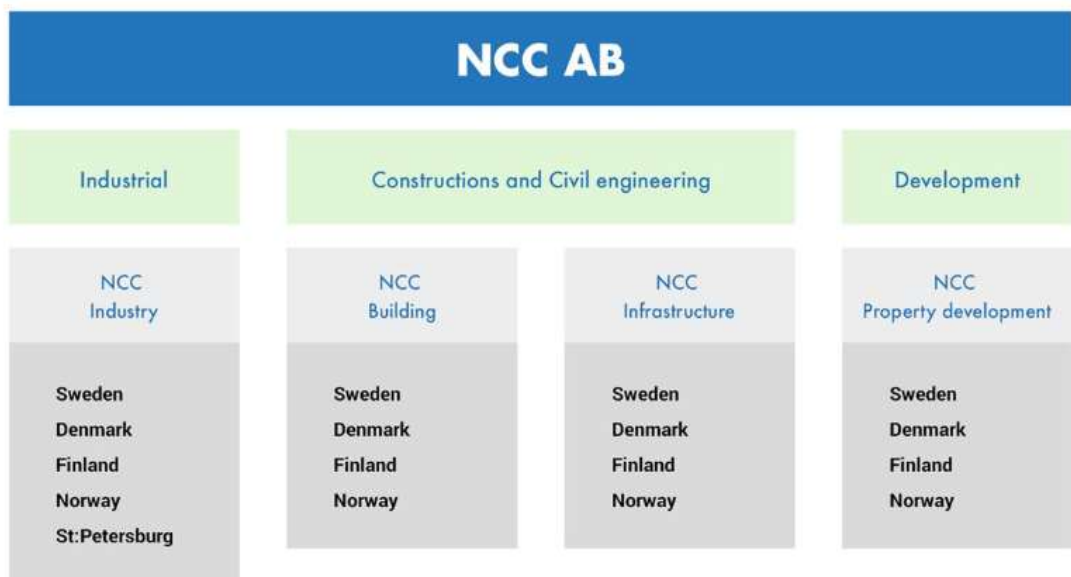
Tutkimuksesta saadun tiedon avulla tavoitteena on vertailla lasitoimittajien tarjouksia sekä materiaaliratkaisuja materiaali- ja kustannuskriittisesti. Vertailun jälkeen rakennusyrietyksen hankinta- ja tuotantohenkilöstö on kykeneväinen esittämään tilaajalle toimittajayhteistyön avulla laadittu metallilasirakenteiden toteutussuunnitelma, joka on ennen kaikkea toteuttamiskelpoinen, määräysten mukainen ja kustannustehokas.

Tämän tutkimuksen tavoitteina on kartoittaa NCC:n tärkeimpien metallilasirakenteiden toimittajien kautta lasirakenteiden kriittisimmät kustannus- ja laatutekijät. Tavoitteisiin pääsemiseksi tutkimuksessa haastatellaan metallilasitoimittajien myyntiedustajia ja pyritään selvittämään kriittisimmät kustannuksiin ja laatuun vaikuttavat tekijät. Kustannustekijät havainnoidaan tutkimuksessa case-rakenteiden avulla, joissa vertaillaan toteutettuja arkkitehtisuunnitelmia mahdollisimman optimaalisiin ja kustannustehokkaisiin toimintatapoihin ja toteutussuunnitelmiin verrattuna. Optimaalisimpia ratkaisuja tutkitaan NCC:n toimittajayhteistyön avulla käytävien keskustelujen kautta alan ammattilaisten kanssa.

2 NCC yrityksenä

NCC (Nordic Construction Company) on yksi johtavista rakentamisen, kiinteistökehityksen ja infrastruktuurin yrityksistä Pohjois-Euroopassa. NCC:n markkinat keskittyvät Pohjoismaihin; Ruotsiin, Suomeen, Norjaan ja Tanskaan. Näissä maissa ovat myös yrityksen toimipisteet. NCC kehittää ja rakentaa liikekiinteistöjä sekä mm. asuntoja, teollisuuslaitoksia, julkisia rakennuksia, maanteitä, maaja vesihuoltorakenteita muiden infrastruktuurien lisäksi. Vuonna 2015 NCC konsernin liikevaihto oli n. 5,7 miljardia euroa ja henkilöstön määrä 16 000. (NCC Group AB 2018.)

NCC rakentaa tulevaisuuden työskentely-, asumis- ja toimintaympäristöjä vastuullisesti, luoden ihmisten ja ympäristön kestävästä vuorovaikutusta. Tämä korostuu varsinkin koko konsernin visiossa; NCC:n tavoite on uudistaa toimialaansa ja tarjota ylivoimaisia kestävästä kehityksen mukaisia ratkaisuja asiakkailleen ja koko yhteiskunnalle. Tämän arvomaailman pohjalta NCC:n toiminta-ajatus on toimia yhteiskunnallisesti vastuullisena yrityksenä tuottamalla tarkoituksenmukaisia, kustannustehokkaita ja laadukkaita ratkaisuja, jotka tuovat lisäarvoa kaikille NCC:n sidosryhmille ja edistää kestävästä yhteiskunnallista kehitystä. Yrityksen tavoite on myös olla johtava toimija niillä markkinoilla, joilla toimii. NCC haluaa tarjota kestäviä ratkaisuja sekä olla asiakkaille halutuin kumppani. (NCC Group AB 2018.)



Kuvio 1. NCC AB -konsernin organisaatiorakenne (NCC Group AB 2018)

2.1.1 NCC Suomessa – NCC Suomi Oy

Suomessa NCC on jaettu Buildingiin, Industryyn, Infrarakentamiseen ja Property Development -kehittämistoimintoihin. NCC Building rakentaa asuntojen ja toimistojen lisäksi myös julkisia tiloja kuten kouluja, sairaaloita ja urheiluhalleja sekä myymälä- ja varastotiloja kaupalliselle sektorille. NCC Building on NCC:n suurin liiketoiminta-alue, jonka osuus koko konsernin liikevaihdosta on noin 45 prosenttia. Rakennustoimintaa konsernilla on kaikissa Pohjoismaissa, mutta tärkeimmät markkinat ovat Ruotsissa, missä NCC Buildingin asema on erittäin vahva. Suomen Building -organisaatio on jaettu seuraaviin osastoihin; asuntorakentamiseen, korjausrakentamiseen, talonrakentamiseen, aluetoimintoihin sekä Optiplaniin, jonka pääpaino on suunnittelussa. Asuntorakentaminen (AR), korjausrakentaminen (KR) ja talonrakentaminen (TR) toimivat pääkaupunkiseudulla päätoimipaikkanaan Helsinki. Aluetoiminnot jakautuvat viidelle eri paikkakunnalle; Turkuun, Tampereelle, Ouluun, Kuopioon ja Jyväskylään. (NCC Group AB 2018.)

2.1.2 Hankinta NCC:llä

Hankintojen osuus NCC:llä on enemmän kuin kolme neljäsosaa koko yrityksen kustannuksista. Hankintojen hyvä suunnittelu, organisointi ja toteutus takaavat avaimet menestykseen. Yhtenäinen, tehokas ja vastuullinen hankintatoimi omistaa yhteiset toimintatavat, jolla koko yrityksessä toimitaan. (NCC Group AB 2018.)

NCC Buildingiin kuuluu keskitetty hankintaosasto, joka toimii sekä päätoimipaikalla Helsingissä sekä aluetoimistoissa. Hankintaosastoa johdetaan keskitetysti eri alueilta. Osaston alaisuudessa toimii seitsemällä paikkakunnalla aluekohtaiset hankintojen vastuuhenkilöt. Uudella toimintamallilla tähdätään keskitetympiin hankintoihin, kun työmaahenkilöstön ei mm. tarvitse käyttää aikaa aliurakoitsijoiden kilpailuttamiseen. Keskitetyn hankintamallin myötä pyritään myös parempaan toimittajaketjujen hallintaan sekä kotimaisesti että kansainvälisesti, paikallisten yritysten toimintaa unohtamatta.

NCC:n hankintatoimi jakaantuu eri tehtäviin, kuten projektihankintaan, kategoriahankintaan, materiaaliostoon ja kansainväliseen hankintaan. Projektihankinta auttaa aluetoimistoja ympäri Suomen toimintojen keskittyessä Helsinkiin, Turkuun, Tampereelle, Jyväskylään, Kuopioon ja Ouluun.

2.1.3 Hankintatoimen tehtävät

NCC:llä hankkija vastaa pääosin käynnissä olevien hankkeiden hankintojen toteuttamisista, mutta toimii myös laskentatoimen apuna urakkalaskentakohteissa. Laskentaa avustava vastuuhankkija vastaa laskentakohteen ennakkotarjouspyynnöistä, sekä koordinoi muuta hankintatoimea hankkeen tiimoilta. Vastuuhankkija tekee ennakkotarjouspyyntöjen perusteella laskentakohteen tarjousvertailut, neuvottelee etukäteen sovitut nimikkeet sekä tekee myös tarvittaessa ennakkokaupat urakoista.

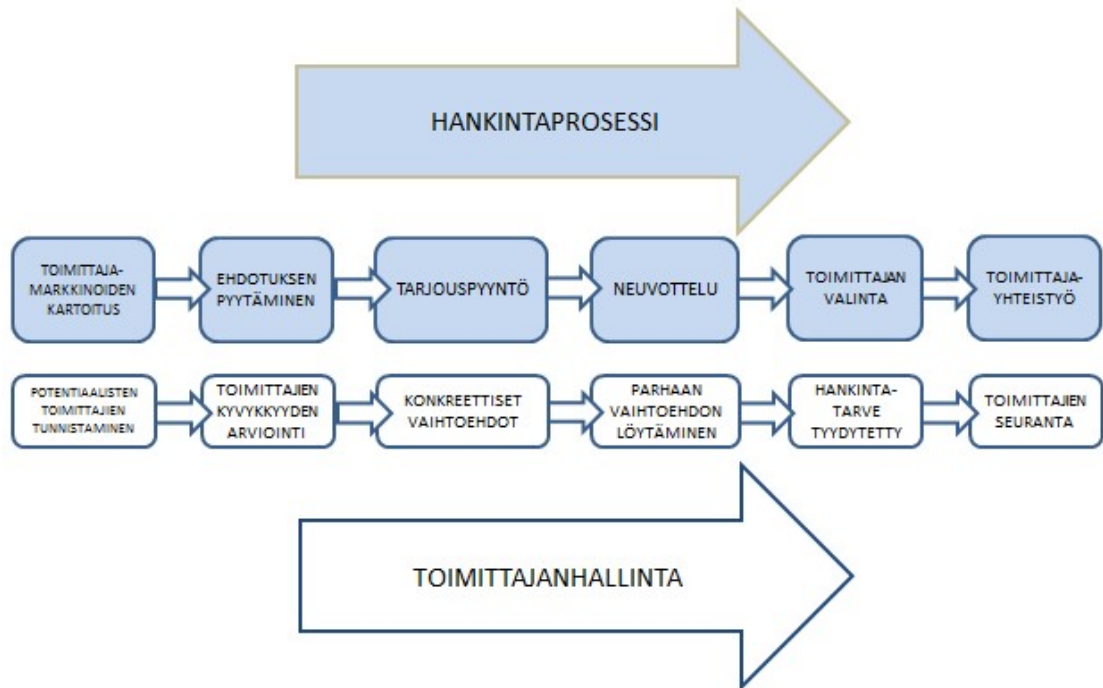
Kun kohde on tuotannossa, nimetään hankintapäällikön toimesta hankkeeseen vastuuhankkija. Projektin vastuuhankkija toimii hankintojen vastuuhenkilönä, joka tekee projektiin hankintasuunnitelmat yhdessä työmaahenkilöstön kanssa. Hankintasuunnitelman avulla projektihankkija vastaa kilpailutuksien aikataulutuksesta sekä niiden toteutuksesta. Luotua hankintasuunnitelmaa seurataan aktiivisesti ja päivitetään vastaamaan nykytilaa hankintojen seurantalavereissa. Projektihankkijan vastuulle jää projektin hankintojen kustannustavoitteet ja niihin pääseminen oikeaoppisen ja -aikaisen kilpailutuksen avulla. Projektihankkija koordinoi myös muut hankinnat (mm. kategoriat) projekteissa, missä niitä voidaan hyödyntää. Kansainväliset hankinnat suunnitellaan yhteistyönä kansainvälisen hankinnan kanssa.

Onnistunut hankinta vaatii hyvät suunnitelmat. Hankintasuunnitelmien avulla pyritään varmistamaan, että toimittajat voivat muodostaa mahdollisimman tarkasti kustannusarvionsa urakoiden suorittamiseksi. Hankintakokonaisuudet muodostetaan työmaahenkilöstön kanssa tiiviissä yhteistyössä. Työmaahenkilöstö kerää kaiken tarvittavan tiedon projektin suunnitelma-asiakirjoista hankintakokonaisuuksiin, jonka jälkeen vastuuhankkija huolehtii kokonaisuuksien

kilpailuttamisesta. Hankintakokonaisuuden tärkeimmät lähtötiedot ovat urakkasisältö, urakka-aikataulu sekä tarvittavat suunnitelma-asiakirjat.

Tarjouspyyntö muodostetaan hankinta-aloitteen avulla. Projektin vastuuhankkija kerää tarvittavat suunnitelmat sekä tiedustelee että valikoi kilpailutukseen osallistuvat yhteistyöyritykset ja aliurakoitsijat. Projektihankkija voi kontaktoida toimittajiin ennen tarjouspyynnön lähettämistä, millä varmistetaan tarjouskilpailuun kiinnostuneet toimittajat. Tarjouspyyntö lähetetään valikoiduille toimittajille, jonka jälkeen urakoitsijoille annetaan sopiva tarjousaika tarjouksen laatimiseksi. Tarjousajan jälkeen vastuuhankkija tekee tarvittavat tarjousvertailut ja käy nämä läpi työmaahenkilöstön kanssa. Potentiaalisimmat toimittajat voidaan kutsua urakkaneuvotteluun, missä käydään läpi hankittavan urakan työturvallisuusasiat, urakkasisältö, urakkarajat sekä kaupalliset asiat. Hankinta tekee lopullisen aliurakoitsijavalinnan työmaahenkilöstön sekä työpäällikön kanssa painottaen valinnassaan mm. urakoitsijan työturvallisuutta, urakkahintaa, ammattitaitoa ja mahdollisia aiempia referenssejä.

Kun urakoitsijapäätös on tehty, hankkija tekee tilauksen työstä sekä laatii urakkasopimuksen aliurakasta. Hyvään toimintatapaan kuuluu ilmoittaa kaikille muille urakkakilpailutukseen osallistuneille urakoitsijayrityksille urakkakilpailun lopullinen tulos eli mihin päätökseen valitsijayritys on päätenyt.



Kuvio 2. Hankintaprosessi

Urakkasuorituksen aikana työmaahenkilöstö ja hankinta arvioivat sekä seuraavat aliurakoitsijoiden toimintaa. Kun aliurakkasuoritus on päättynyt, hankkija osallistuu tarpeen mukaan tarpeen mukaan tärkeimpiin urakoiden loppuselvityksiin työmaahenkilöstön kanssa. Loppuselvityspalavereiden avulla pyritään muodostamaan mahdollisimman tarkka kuva urakkavuodoista, jotta urakkarajat osataan ottaa yhä tarkemmin huomioon tulevissa urakkaneuvotteluissa sekä sopimuksissa. Tällä tavoin vastuuhankkija voi myös kehittää omaa ammattitaitoaan sekä säästää niin yksittäisen rakennusprojektin kuin yrityksenkin euroja yhä paremmin seuraavissa projekteissa.

3 Perustietoa metallilasirakenteista

3.1 Metallilasirakenteiden komponentit

Metallilasirakenne koostuu pääsääntöisesti kehysprofiilijärjestelmästä, lasituksesta sekä tiivisteistä. Kun tähän lisätään kantava runkorakenne, saadaan aikaiseksi koko valonläpäisevä rakenne. Perusrakenteen rinnalle on kehitetty erilaisia rakennusjärjestelmiä, joissa valonläpäisevä osa eli tässä tapauksessa lasitus kiinnitetään pistemäisillä kiinnityksillä tai liimaamalla kantaviin rakenteisiin. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y. 2001, 7.)

Metallilasirakenteen profiilijärjestelmä koostuu jatkuvasta yhtenäisestä rakenteesta, joka on tyypillisesti joko alumiinia tai terästä. Profiilijärjestelmään kiinnitetään ns. kate-elementit, eli tässä tapauksessa lasi-elementit. Profiilijärjestelmään kuuluvat myös liitososat sekä tiivisteet, joiden avulla lasi kiinnitetään profiilijärjestelmään hyväksytysti. Metallioivissa ja –ikkunoissa valoa läpäisevän rakenteen runkojärjestelmänä toimii useimmiten juuri profiilijärjestelmä (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y. 2001, 7). Suomessa suurimpia profiilitoimittajia ovat Purso ja Schüco, joiden alumiiprofiilijärjestelmiä käyttävät monet metallilasitoimittajat ympäri maan. Profiilijärjestelmien avulla voidaan tuottaa hyvin monia erilaisia tuotteita eri kokoluokissa., kuten ovia, ikkunoita, lasijulkisivuja, katteita ja liukulasituksia.

Metallilasirakenteen runkojärjestelmän primäärinen tehtävä on siirtää rakenteeseen kohdistuvat kuormat aina rakennuksen runkorakenteeseen asti. Tähän järjestelmään kuuluvat myös kuormien siirtämisen kannalta tarpeelliset liitososat. Runko- tai profiilijärjestelmään liitettävät kate-elementit muodostuvat usein eristyslaselementeistä. Erityislaselementti tarkoittaa kahdesta tai useammasta lasilevystä koottua elementtiä, jossa lasilevyjen välissä on kaasutiivis ilman tai jalokaasujen (esimerkiksi argonin tai kryptonin) täyttämä tila. Ilman tai jalokaasujen täyttämä tila lasilevyjen välissä parantaa lasirakenteen eristävyttä, mistä saadaan nimi eristyslasi. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y. 2001, 12.)

Lasielementtien yksittäisillä lasilla voi olla monia eri ominaisuuksia. Lasien moninaiset ominaisuudet saadaan pinnoittamalla, silkkipainamalla, syövyttämällä, hiekkapuhaltamalla, karkaisemalla tai laminoimalla. Nämä lasin käsittelytavat tuovat lasihin lukuisia ominaisuuksia esimerkiksi energiahallintaan, palonsuojaukseen, luodinsuojaukseen, henkilöturvallisuuteen, sisustukseen sekä jopa itsepuhdistuvuuteen. (Nippon Sheet Glass Co., Ltd. 2018, 6-7.)

Eri ominaisuudet työstetään tavallisimmin rakennuslasiin eli float-lasiin, joka valmistetaan hiekasta, soodasta ja kalkkikivestä. Lasilla on homogeenisesti järjestäytymätön molekyylirakenne, jonka ansiosta valo ja aurinkoenergia läpäisevät sen sekä lasin läpi on mahdollista nähdä. Valmistus tapahtuu jatkuvana prosessina, jossa saadaan aikaan lasinauha. Lasinauhan pinnat tasoitetaan sulan tinnan päällä tasaiseksi. Lasinauhan jäähtyttyä lasi leikataan levyiksi eri varastokokoihin ja on valmis varastoitavaksi. (Lasisanasto 2017.)

Käytetyimpiä lasiin työstettäviä ominaisuuksia ovat karkaisu, laminointi, auringsuojapinnoitus. Lasiin tehtävä karkaisu suoritetaan joko lämpökäsittelyllä tai kemiallisella karkaisulla. Lämpökäsittelyssä lasin pintaan saadaan puristusjännitys. Puristusjännitys lisää lasin mekaanista lujuutta ja lämmönkestävyyttä, ja rikkoutuessaan lasi mureneekin raemaiseksi palasiksi hajoamisen sijaan. Kemiallisessa karkaisussa lasin pinnalla olevia ioneja korvataan suuremmilla ioneilla, jolloin lasin pintaan saadaan myös puristusjännitystä, jolloin lasin taivutusvastus kasvaa. Rikkoutuessaan kemiallisesti karkaistu lasi muodostaa kuitenkin teräviä sirpaleita kuten normaali lasi, joten lasi tulee laminoida. Karkaistuja lasia käytetään joko yksittäin tai osana laminoitua lasia sekä eristyslasiä. Laminoidulla lasilla tarkoitetaan kun kaksi tai useampi lasilevy on liitetty yhteen esimerkiksi PVB-muovikalvoin. Rikkoutuessaan laminoidun lasin palat pysyvät kiinni muovikalvossa, joten sirpaleet eivät pääse hajoamaan täysin. Tämän ansiosta laminoitua lasia käytetään turva- ja suojalasinä monissa eri rakennuskohteissa (Lasisanasto, 2017). Turva- ja suojalasi suojaa erityisesti henkilöiden vahingoittumista lasirikossa, ja turvallisilla lasituksilla pyritään estämään viiltovammojen syntyminen sekä putoaminen lasin läpi törmätessä. (Rakennustieto 2007, 12-15.)

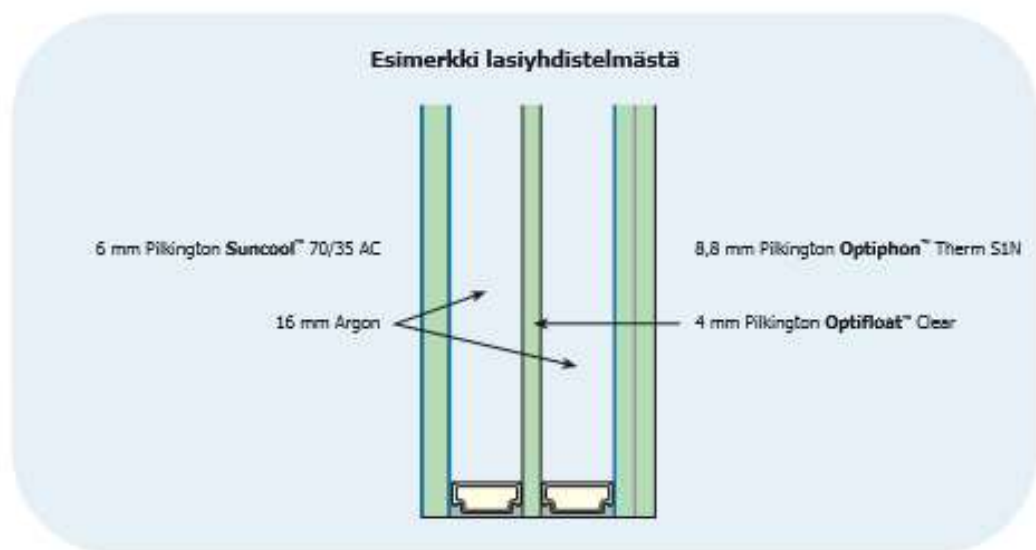
Auringonsuojalasilla pyritään vähentämään auringon valon aiheuttamaa lämpösäteilyä rakennuksen sisätiloihin. Auringonsuojaustarvetta on tarkasteltava erityisesti, jos käytetään suuria ikkunapintoja, ikkunat avautuvat aurinkoisiin ilmansuuntiin, tilan käyttö edellyttää auringonvalon rajoittamista tai auringonsäteilyn voidaan olettaa aiheuttavan rakennukseen liikalämpöä (Rakennustieto, 2008 3-4). Auringonsuojalasit jaetaan valmistustavan mukaisesti massavärjättyihin lasihin sekä on-line ja off-line pinnoitettuihin lasihin. Massavärjättyihin, float-menetelmällä valmistettuihin lasihin lisätään metallioksideja. Auringon säteilyn absorptio sekä lasin tummuus lisääntyvät, mitä paksumpi lasi on. Massavärjättyjä auringonsuojalaseja voidaan käyttää joko yksittäisinä lasina tai osana eristyslaselementtejä. Tunnettuja massavärjättyjä lasia on mm. Optifloat, Parsol ja Planibel värisävyinä vihreä, harmaa, sininen ja pronssi. On-line pinnoitetut lasit ovat float-laseja, joissa kirkkaan ja massavärjätyn lasin toinen pinta on pinnoitettu metallioksideilla. Pinnoitettua lasia voidaan käyttää yksittäisenä tai eristyslaselementeissä. Eristyslaselementeissä pinnoitus asetetaan uloimman lasin sisäpintaan. On-line pinnoitetuissa auringonsuojalaseissa lasi heijastaa voimakkaasti auringon säteilyä ja valoa, joten lasin vaikutelma on peilimäinen. On-line pinnoitettujen lasien värisävyt ovat kirkas, harmaa, pronssi, hopea, sininen ja vihreä ja niiden kauppanimikkeitä ovat Eclipse, Antelio ja Stopsol. Off-line pinnoitetut lasit eroavat on-line pinnoitetuista lasista sillä, että lasia ei ole massavärjätty, vaan toinen pinta on ainoastaan pinnoitettu ohuella metalli-, nitridi- tai oksidikerroksella. Lasit ovat auringon lämpösäteilyä heijastavia, mutta on-line pinnoitetusta lasista poiketen lasin vaikutelma on neutraali. Off-line pinnoitettuja lasia saa myös auringon säteilyä absorvoivana. Off-line pinnoitettu lasi tulee aina sijoittaa eristyslaselementtiin aran pinnoitteensa vuoksi. Tunnettuja off-line pinnoitettuja lasia ovat Suncool, Cool-lite, Silvestar, Ipasol ja Stopray. (Lasisanasto 2017.)

On- ja off-line pinnoitettuja lasia käytetään myös selektiivilaseissa. Selektiivilasi tarkoittaa energiansäätölasiä, joka on pinnoitettu matalaemissiivisellä pinnoitteella. Selektiivilasin tärkein ominaisuus perustuu auringon säteilyn läpäisevyyteen. Auringon lyhytaaltainen säteily läpäisee lasin hyvin, mutta pitkäaaltonen säteily, infrapuna, heijastuu pois pinnoitteesta (Rakennustieto 2007, 6). Näin

lasirakenteen lämmöneristyskyky nousee ja varsinkin lasien sisäpintojen huurtuminen vähenee kylminä aikoina. Selektiivilasi heijastaa lämpöenergian takaisin huonetilaan ja tällä tavoin lämpö pysyy paremmin rakennuksen sisällä. Selektiivilasin pintalämpötila on myös korkeampi kuin tavallisella lasilla, jolloin vedon tunne on vähäinen sisälasin lähettyvillä. (Lasiluoto 2017.)

3.2 Metallilasirakenteiden suunnittelu ja mitoitus

Lasirakenteisiin löytyy vaihtoehtoja lähes loputtomasti, sillä laseja voidaan yhdistellä monilla eri tavoilla. Laselementteihin voidaan valita yhdestä neljään lasia. Rakenteena voidaan käyttää eristyslasiä, kytkettyä rakennetta tai näiden yhdistelmää. Lasien paksuutta sekä niiden keskinäistä etäisyyttä voidaan vaihdella ja lasivälit voidaan täyttää eri kaasuilla. Kaikkia ratkaisuja ei voida kuitenkaan toteuttaa, sillä rakenteen ominaisuuksien vaatimukset tulee täyttyä määräyksien ja standardien vähimmäistason mukaisesti. Rakenne tulee aina arvioida tapauskohtaisesti, jotta vähintään vähimmäistaso rakenteen vaatimuksille saavutetaan. (Nippon Sheet Glass Co., Ltd. 2018, 7.)



Kuvio 3. Esimerkki eristyslaselementistä (Nippon Sheet Glass Co., Ltd. 2018)

Suomen lainsäädäntö ja poliittinen päätöksenteko ohjaavat jatkuvasti rakentamista energiatehokkaampiin rakennusratkaisuihin. Metallilasirakenteiden osalta nykyisen rakennuslasivalikoiman laajan ominaisuuskirjon avulla yleiset määräykset ovat helposti täytettävissä. Perusvaatimukseen kuuluvat riittävä lämmöneristävyys (U-arvovaatimus), UV-säteilyn ja valon läpäisevyys, auringon lämpökuorman vähentävyys, palonsuojaus, ääneneristävyys sekä turva- ja suojausluokat. Muita vaatimuksia, joita lasirakenteelle asetetaan, on muun muassa luodinsuojaus, puhdistuvuus, läpinäkymättömyys ja läpikuultavuus (Nippon Sheet Glass Co., Ltd. 2018, 11). Yksi tulevaisuuden ympäristömääräyksistä metallilasirakenteisiin liittyen voi koskea kierrätettävyyttä. Varsinkin alumiiniprofiilien on todistettu täyttävän tämän kriteerin hyvin, jolloin energia- ja ympäristömääräyksiin voidaan vastata (Asif, Davidson & Muneer 2001, 3-4).

Lasi mitoitetaan metallilasirakenteisiin lähestymällä kahdella eri tavalla. Ensimmäinen tapa on lähteä lasimäärittelystä mittoineen sekä tarkastella miten lasia voidaan riskittömästi kuormittaa. Toinen tapa on lähteä tarkastelemaan lasin mittoja vaatimuksista tai kuormitustilanteesta ja etsiä vaatimukset täyttävä lasi. Julkisivulasin mitoituksessa otetaan huomioon yleensä tuulikuorma ja mikäli lasi toimii myös kaiteena tai tilanjakajana, otetaan huomioon myös kaidekuorma. (Nippon Sheet Glass Co., Ltd. 2018, 70-71.)

Lasinvalintaan vaikuttavia parametrejä

- Lasin paksuus
- Lasin koko ja muoto (leveys × korkeus)
- Lasityyppi (floatlasi, karkaistu lasi, laminoitu lasi, valettu lasi jne.)
- Ruudun rakenne (yksi-, kaksi-, kolmilasinen jne.)
- Lasin kaltevuuskulma
- Sallittu taipuma
- Kuormat (Eurokoodit)

Kuorman määrittely

Lasin valinta on helpompaa ja varmempaa, jos sille asetetut perusvaatimukset ovat tunnettuja ja määriteltyjä.

Viranomaisten asettamat vaatimukset

Jos esim. viranomaismääräykset ovat laskelmien tuloksia tiukemmat, määräykset luonnollisesti pätevät.

Kuvio 4. Lasinvalintaan vaikuttavia parametreja (Nippon Sheet Glass Co., Ltd. 2018)

Metallilasirakenteen ulkonäköön vaikuttavat mitat, materiaalit ja värit esitetään arkkitehdin laatimissa rakenteen suunnitteluasiakirjoissa. Tilaaja ja arkkitehti toimivat yhteistyössä suunnittelutyössä, ja erityisesti rakenteiden suunnittelussa pyritään tuomaan esiin tilaajan mielipiteet sekä ulkonäöllisesti vaikuttavat tärkeät ja olennaiset tiedot. Näiden tietojen pohjalta pyritään muodostamaan kokonaisuus, joka täyttää rakenteen mittavaatimukset niin kantavuuteen kuin

sijaintiin liittyen. Rakenteiden ulkonäköön liittyvät valinnat kuten muoto väri ja varjostus voivat merkittävästi vaikuttaa kohteen rakenteen lämpötilakuormiin ja näin ollen myös muiden rakenteiden valintaan. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y. 2001, 27.)

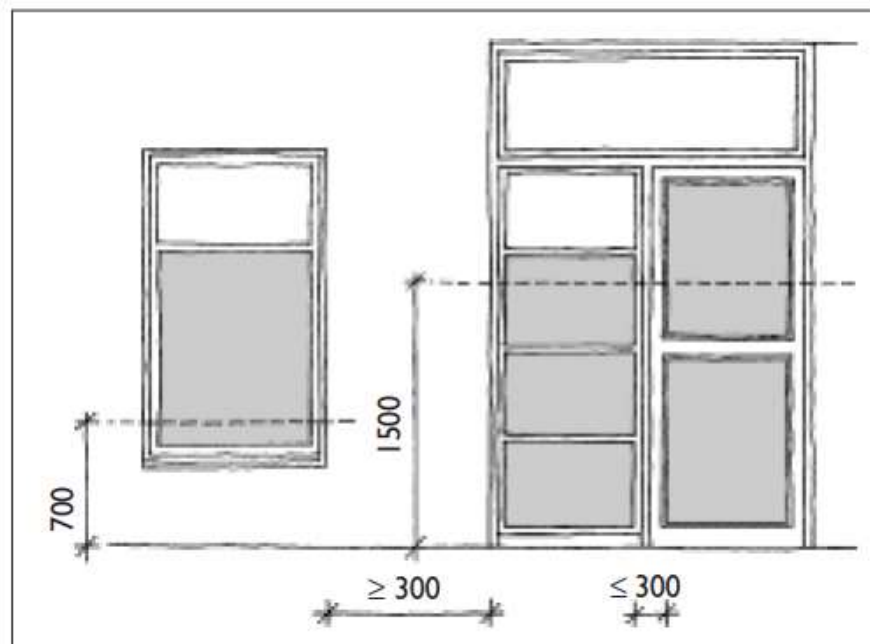
3.3 Metallilasirakenteiden lainsäädäntö ja määräykset

Metallilasirakenteiden suunnittelussa ja toteuttamisessa tulee noudattaa monia eri määräyksiä. Lasirakenteiden suunnittelussa tärkein ohjenuora on Suomen lainsäädäntö. Joulukuussa vuonna 2001 voimaan tullut ympäristöministeriön asetus rakennuksen käyttöturvallisuudesta (F2 Suomen rakentamismääräyskokoelma) antaa selkeitä viitetietoja lasirakenteiden mitoittamiseen uusissa rakenteissa. Asetuksen kohdassa 3.2 Lasirakenteet ohjeistetaan mitoittamaan lasirakenne ja lasin tyyppi siten, ettei lasin rikkoutuminen aiheuta henkilön putoamisvaaraa eikä sirpaleiden putoaminen alle jäävän haavoittumisvaaraa.

Ohjeena mitoitukselle annetaan seuraavaa: ”Törmäyskuorman kestävänsä ns. turvalasina käytetään joko karkaistua tai laminoitua lasia taikka lankalasia. Mikäli karkaistun lasin rikkoutuminen ja murentuminen johtaa henkilön suoranaiseen putoamisvaaraan – esimerkiksi kaiteen läpi – käytetään lankalasia, laminoitua lasia tai laminoitua ja karkaistun lasin yhdistelmää. Putoaminen voidaan myös estää sopivalla suojarakenteella”. Karkaistun turvalasin käyttö on asetuksen mukaan perusteltua kaikissa muissa kuin putoamisvaara-alttiissa rakenteissa. Koska karkaistussa turvalasissa taivutuslujuus on suurempi kuin normaalilla lasilla, se voidaan valita erityisesti rakenteisiin, joilla on erityinen lujuusvaatimus tai ovat alttiina dynaamiselle tai termiselle kuormitukselle. Kuormituksen alaisia rakenteita ovat mm. liikuteltavat väliseinät, ikkunat ja ulkoseinät sekä valokatelasitukset. (F2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2001, 10.)

Turvalasia tulee käyttää yleisten tilojen kulkuväylien ovissa, kun lasipinnan korkeus lattiasta on vähemmän kuin 1500 mm. Turvalasia tulee myös käyttää ovien viereisissä ikkunoissa ja lasiseinissä, jos umpinainen karmi-, puite-, tai seinärakenne oviaukon ympärillä on pienempi kuin 300mm. Yleisten tilojen ikkunoissa

ja lasiseinissä tulee käyttää turvalasia, jos lasipinnan korkeus lattiasta on vähemmän kuin 700 mm. (F2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2001, 10.)



Kuvio 5. Turvalasin mitoitus (F2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2001)

Asunnoissa lasirakenteiden määräyksissä on tiettyjä poikkeuksia. Esimerkiksi asuntojen ikkunoissa, ovissa ja lasiseinissä, joiden lasipinta ulottuu 700 mm lähemmäksi lattiaa, katsotaan 6 mm:n paksuisen tavallisen tasolasin riittävän turvalasin sijaan (F2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2001, 10). Suurin osa asuntojen ikkunoista ja ovista tehdään puukarmein, mutta lasiseinissä metallilasirakenteet tulevat mukaan kysymykseen.

Parvekkeiden lasikaiteet mitoitetaan kaidesäännösten mukaisesti kestävänsä sijaintipaikan käyttötarkoituksen mukaiset henkilökuormat. Kaiteen yläpuoliset parvekelasitukset tehdään karkaistuna ja tarvittaessa laminoituna, jollei sitä

asenneta riittävän tukeviin puitteisiin. (F2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2001, 10..)

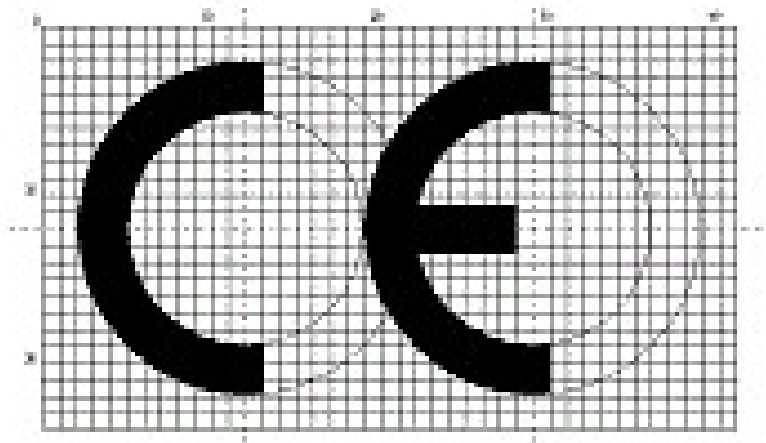
Ympäristöministeriö määrää Suomessa myös rakennuksen energiatehokkuusvaatimukset, mitkä pätevät lasirakentamiseen. Uusimman, 2017 joulukuussa päivitetyn ympäristöministeriön asetuksen mukaan uuden lämpimän rakennuksen vaipan lämpöhäviö on laskettava rakennusosien pinta-alojen ja lämmönläpäisykertoimien perusteella asetetulla kaavalla. Lämpimällä rakennuksella ja tilalla tarkoitetaan tässä tapauksessa sellaista rakennuksen tilaa, jonka huonelämpötila on +17 celsiusastetta tai korkeampi. Ikkunoille, kattoikkunoille, oville, kattovalokuvuille, savunpoistoluukulle sekä uloskäyntiluukulle käytetään U-arvoa 1,0 W/(m²K), mikä on kyseisten rakenteiden suurin sallittu U-arvo. (A 1010/2017, 1-3.)

3.4 Metallilasirakenteiden laatu ja laadunvarmistus

Laatu ja laadun varmistaminen on merkittävä osa rakennetuotetta. Metallilasirakenteiden valmistamisen laatu varmistetaan CE-merkinnöillä ja eri tuotehyväksynnöillä. CE-merkintä on pakollinen kaikille rakennustuotteille, joille on määritetty harmonisoitu tuotestandardi. Metallilasirakenteet luetellaan rakennustuotteeksi siltä osin, kun ne tulevat rakennuksen kiinteiksi osiksi. (CE-Merkintä 2017.)

Harmonisoitu tuotestandardi (hEN) johtaa CE-merkintään. Tuotestandardi määrittää tuoteryhmäkohtaisesti tuotteelta selvitettävät ominaisuudet, valmistuksen laadunvalvonnan vaatimukset sekä CE-merkinnässä ilmoitettavat tiedot. Tuotestandardin mukaiset tiedot vahvistetaan Suomessa Suomen standardisoimisliiton mukaisesti SFS-EN-standardeiksi. Jokaisen valmistajayrityksen on selvitettävä, kuuluvatko niiden valmistavat rakennustuotteet harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan. Mikäli tuotteelle ei ole harmonisoitua tuotestandardia, CE-merkintä ei ole pakollinen. Tällöin tuotteelle voi hankkia eurooppalaisen teknisen arvioinnin ETAn avulla CE-merkinnän. Tekninen hyväksyntä on tarkoitettu erityisesti uusille ja innovatiivisille tuotteille. (CE-Merkintä 2017.)

Jotta CE-merkintä voidaan kiinnittää rakennustuotteisiin, on valmistajan laadittava harmonisoidun tuotestandardin tai eurooppalaisen teknisen arvioinnin mukainen suoritustasoilmoitus tuotteelle. Suoritustasoilmoituksessa on ilmoitettava kaikki ne tuotteen ominaisuuksien arvot, joita tarvitaan kansallisten viranomais-säädösten täyttämiseen. CE-merkinnän edellyttämiä testauksia ja valmistuksen laadunvalvontaa saavat tehdä ainoastaan Suomen ympäristöministeriön nimeämät ja valvomat laitokset. Ympäristön hyväksymiä arviointilaitoksia Suomessa ovat mm. Inspecta Sertifiointi Oy sekä VTT Expert Services Oy. Valmistajayrityksen ei ole kuitenkaan pakko käyttää suomalaista ilmoitettua laitosta, vaan minkä tahansa maan Euroopan komission päteväksi todettu ilmoitettu laitos käy arviointiin. (CE-Merkintä 2017.)



Kuvio 6. Rakennustuotteeseen kiinnitettävä CE-merkintä (CE-Merkintä 2017)

Metallilasirakenteiden laadunvarmistuksessa viitataan useisiin Rakennustietokortiston ohjeisiin. Yksi työnaikaisen laadunvarmistuksen keinoista on noudattaa RunkoRYL:in (2010) mukaista ohjetta metallilasirakenteissa. RunkoRYL antaa metallilasirakenteille seuraavia vaatimuksia kohdassa 631.1 Metallikkunat ja -ovet: "Ikkunat, ovet ja niiden osat täyttävät kaikilta osin niille asiakirjoissa

määrätyt laatuvaatimukset. Asiakirjoissa määrätyt ikkunoiden, ovien ja niiden osien ominaisuudet osoitetaan vaadittaessa rakennuttajalle virallisilla testaustuloksilla, laskelmilla tai muilla selvityksillä. Selvitys tuotteiden testaustuloksista vaaditaan ennen hankintasopimuksen vahvistamista. Tyyppihyväksytyt ikkunat ja ovet ovat tyyppihyväksyntäpäätösten mukaiset. Ikkunat ja ovet ovat sellaisia, että niiden ja niissä olevien eri tarvikkeiden kosteus- ja lämpöliikkeet pääsevät haitatta tapahtumaan. Ikkunat, ovet ja niiden osat, joita esimerkiksi kosteus voi syövyttää, suojataan tai suoja- tai pintakäsittelään ennen työmaalle toimittamista. Valmistaja ilmoittaa rakennuttajalle käyttämänsä suoja- tai pintakäsittelyaineen tyyppin. Suojakäsittelyaine on sellainen, että asiakirjoissa määrätyt, myöhemmin tehtävät pintakäsittelyt soveltuvat sen kanssa käytettäväksi. Ikkunoiden ja ulko-ovien tiiviys sekä lämmön- ja ääneneristävyys ja palonkestävyys ovat Suomen rakentamismääräyskokoelman määräysten ja ohjeiden sekä voimassa olevien standardien mukaiset. Ikkunaan tai oveen asennettavat lisätarvikkeet eivät saa heikentää ikkunan tai oven toimintaa. Samaan rakennukseen tulevien ovien ja ikkunoiden ulkonäkö ja pintakäsittely ovat yhdenmukaiset. Niissä ei saa olla kokonaisvaikutelmaa haittaavia väri vaihteluja”. (Rakennustieto Oy 2010, 200-202.)

Teräsrakenteisiin ikkunoihin ja oviin viitataan RunkoRYL:in kohdassa 631.1.2 Teräsrakenteiset ikkunat ja ovet. Vaatimuksena edellä mainituille tuotteille, että sekä tuotteet että niiden pintakäsittely tulee olla suunnitelmien mukainen. Teräspintojen korroosiokäsittelylle on annettu selvät arvot eikä teräsosien liitoksissa saa olla ulkonäköä haittaavaa hammastusta. Hitsausaumamat tulee hioa siten, että hitsauskohdan pinta vastaa ominaisuuksiltaan oven muita pintoja. Rasitusluokat, esikäsittelyt ja maaliyhdistelmät esitetään terästuotteiden standardeissa SFS-EN ISO 8501-1 ja SFS-EN ISO 12944. (Rakennustieto Oy 2010, 200-201.)

RunkoRYL:in kohdassa 631.1.3 Alumiinirakenteiset ikkunat ja ovet viitataan alumiinirakenteisten tuotteiden vaatimuksiin. Anodisoitavien alumiinirakenteiden valmistukseen vaaditaan käytettäväksi alumiiniseosta, joka soveltuu anodisoitavaksi. Alumiinipintojen anodisointikerroksen paksuus ja muiden ominaisuuksien tulee vastata tuotteen käyttöolosuhteita, eikä anodisoinnin väri vaihtelu saa

haitata ovien tai ikkunoiden ulkonäköä. Kohdassa annetaan myös vähimmäisarvot alumiinipintojen anodisoinnille. (Rakennustieto Oy 2010, 201.)

RunkoRYL:in viimeinen merkittävä laatuvaatimuskohta ikkuna- ja ovirakenteille on kohta 731.1 Ikkunat sekä ulko- ja parvekeovet. Kohdan ohjeessa viitataan, että ikkunoiden, ulko-ovien ja parvekeovien tulisi olla ensisijaisesti CE-merkityjä, joilla osoitetaan tuotteet toiminnalliset ominaisuudet vaatimusten mukaisesti.

Metalli-ikkunoiden kohdekohtaiset vaatimukset esitetään rakennuskohteen suunnitelma-asiakirjoissa. RunkoRYL mukaan suunnitelma-asioissa tulee esiintyä seuraavat metallilasirakenteiden ominaisuudet (Rakennustieto Oy 2010, 204):

- tyyppi ja mitat
- laatuluokka
- laatuluokka
- pintakäsittely
- pintahelat
- kiinnitys rajoittaviin rakennusosiin
- tilkitsemis- ja tiivistämistapa
- listojen tyyppi, laatu, mitat ja pintakäsittely
- pellityksessä tai verhouksessa käytettävän ohutlevyn laatu, paksuus, pintakäsittely ja kiinnitys
- muut erityisvaatimukset
- metallipinnan puhdistusmenetelmä ja suojakäsittelyn laatu
- anodisoitujen alumiiniprofilien sallitut väri vaihtelut
- poikkeaminen metallipinnan sallitusta valmistukselle tyypillisestä pintakuvioista (valssaus, pursotus tms.)
- lasin laatu, paksuus ja lasitustapa
- valmiin tuotteen toiminnalliset vaatimukset
- murtosuojaus
- tiivisteiden materiaali, määrä ja tyyppi
- palon- ja ääneneristysluokka.

Metallilasirakenteiden tulee myös täyttää teräs- ja alumiinirakenteiden nimellismittojen toleranssit. Rakenteiden mittatiedoissa otetaan huomioon metallilasirakenteen ja sen osien olennaiset nimellismitoista poikkeavat mittavaihtelut sekä

sallitut alkukäyrydet, -kaarevuudet ja -taipumat. Teräs- ja teräsohutlevyrakenteiden osalta tietoja sallituista mittapoikkeamista löytyy muun muassa RakMk:n osista B6 ja B7. Alumiinirakenteiden osalta tietoja sallituista mittapoikkeamista löytyy RIL 87-1998 Alumiinirakenteiden suunnitteluohjeesta. Lasin paksuuksille käytetään SFS-EN 572-1 standardin mukaisia nimellismittoja ja sallittuja mittapoikkeamia ja eristyslaselementeille prEN 1279-1 mukaisia sallittuja mittapoikkeamia. Laadunvarmistuksen parantamiseksi rakennemitat tulisi tarkistaa työvaiheittain, sillä monet rakennejärjestelmät vaativat suhteellisen pieniä toleransseja. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y. 2001, 20-21.)

3.4.1 Rakennusaikainen laadunvarmistus

Onnistunut rakennusaikainen laadunvarmistus voidaan kiteyttää kolmeen pääperiaatteeseen; tilaajan, toimittajan ja valvojan toimiessa tiiviissä yhteistyössä päästään eri osapuolia tyydyttävään lopputulokseen, systemaattisilla tarkastuksilla säästetään aikaa ja paperia sekä etukäteen suunnitteleamalla pystytään keskittämään oleelliseen (Siikanen 2004, 577-580). Laatuvaatimukset koskevat pääosin työn lopputuloksen mittoja, toleransseja, ominaisuuksia sekä ulkonäköä. Laatuvaatimukset voivat koskea myös työsuoritusta tai yleistä toimintaa työmaalla, kuten varastointia tai suojauksia. Toimintaa koskevat laatuvaatimukset tulee löytyä työselostuksista, kuten aikaisemmassa kappaleessa todettiin. (Junnonen 2011, 445.)

Yksi oleellinen metallilasirakenteiden rakennusaikainen laadunvarmistuskeino on rakennustyömaalla tapahtuvat malliasennukset. Malliasennuksen avulla pyritään varmistamaan riittävä laatu niin rakennusurakoitsijalle kuin tilaajalle. Kun riittävä laatutaso saavutetaan kaikkien tahojen yksipuolisella päätöksellä, lopullinen tuotetoimitus ja -asennus voidaan suorittaa. Malliasennuksessa tarkastellaan mm. rakennustuotteiden värimaailmaa, materiaaliominaisuuksia sekä soveltuvuutta rakennuskohteeseen.

Kun metallilasirakenteet on toimitettu työmaalle, ne tarkistetaan huolellisesti rakennusurakoitsijan puolesta. Jos tuotteille on aiheutunut merkittäviä

kuljetusvaurioita, niin rakennusurakoitsijan tulee ilmoittaa näistä välittömästi metallilasirakenteiden toimittajalle. Viallisia tai kolhiintuneita tuotteita ei tule asentaa rakennuskohteeseen riittävän laadun varmistamiseksi sekä ylimääräisten korjaustoimenpiteiden välttämiseksi.

Kun metallilasirakenteet on asennettu rakennekohteeseen, asennusurakoitsija suorittaa ensin aliurakan itselleluovutuksen. Itselleluovutuksen yhteydessä urakoitsija käy oman laadunvarmistusjärjestelmänsä avulla läpi asennetut tuotteet ja pitää huolen että laatuvaatimuksiin vastataan. Tämän jälkeen urakoitsija käy työmaahenkilöstön ja tilaajan kanssa läpi rakenteiden tarkemittauksen. Ellei rakenteet yllä vaadittuihin mittatarkkuuksiin, metallilasirakenteiden toimittaja vastaa asennusurakoitsijan kanssa virheiden korjaamisesta. Vasta kun kaikki rakenteet on hyväksytty tilaajan puolesta, aliurakka voidaan luovuttaa tilaajalle. (Junnonen 2011, 448.)

4 Toimittajahaastattelut

Jotta opinnäytetyön toimeksiantama yritys, NCC, saisi mahdollisimman validia tietoa metallilasirakentamisen nykytasosta alan ammattilaisilta, opinnäytetyöhön tutkimusmenetelmäksi valikoitui kvalitatiivinen tutkimus. Kvalitatiivinen tutkimus suoritettiin syvähaastattelemalla kolmea ennalta valittua metallilasirakenteiden yhteistyöyritystä.

Toimittajahaastatteluiden tavoitteena oli selvittää toimittajien kokemuksen ja ammattitaidon tuomat näkökannat nykyaikaiseen metallilasirakentamiseen. Toimittajilta pyrittiin löytämään se tietous, mikä rakennusliikkeiden edustajilta puuttuu – optimaalisiin rakennetietous metallilasirakenteiden osalta.

4.1 Haastateltavien yritysten esittelyt

Metallilasirakentamisen ammattiyrityksistä Riikku Rakenteet, HTR-Steel sekä Alutec valittiin haastateltaviksi opinnäytetyöhön. Valitut yritykset ovat Suomen sisällä merkittäviä metallilasirakenteiden osajia, jotka kukin toimittavat tuotteitaan asennettuna ympäri Suomen. Haastateltavat yritykset ovat NCC:n merkittäviä yhteistyökumppaneita.

Riikku Rakenteet Oy on Alavudella vuonna 2005 perustettu metallilasirakentamisen yritys. Riikun päätoimipiste sekä tehdasrakennus sijaitsevat Alavudella. Yrityksen muut toimipisteet sijaitsevat Helsingissä, Tampereella, Raisiossa ja Jyväskylässä. Yritykseen kuuluu yhteensä 120 työntekijää, ja vuoden 2017 toteutunut liikevaihto oli noin 20 miljoonaa euroa. Yrityksen avaintuotteet ovat parvekkeiteet ja -lasitukset sekä julkisivun alumiinilasirakenteet, ovet ja ikkunat. Tuotannon osuus jakautuu n. 80% parvekkeisiin ja 20% julkisivun alumiinirakenteisiin. Haastateltavana toiminut Markus Vanha-Aho on yrityksen liiketoimintajohtaja, hallituksen puheenjohtaja sekä osaomistaja ja omaa 25 vuoden kokemuksen rakennusosalta.

HTR-Steel Oy on 20-vuotias metallirakenteiden perheyritys, joka on myös perustettu Eteläpohjanmaalla, Alavudella. Yrityksen toimitilat sekä tehdas sijaitsevat Alavudella. Yrityksen toimialueisiin kuuluu alumiinista sekä teräksestä valmistettävien ovien, ikkunoiden, lasiseinien ja lasikattojen suunnittelu sekä valmistus. Tuotteet toimitetaan valmiiksi asennettuna asiakkaalle. Yrityksessä työskentelee 38 työntekijää, ja 2017 toteutunut liikevaihto oli noin 5 miljoonaa euroa. Haastateltavana tutkimuksessa oli Matti Pakkala, joka toimii yrityksessä myyntipäällikkönä. Matti omaa rakennus- ja ovialalta lähes 30 vuoden kokemuksen, joista viimeiset viisi vuotta on mennyt alumiinirakentamisen parissa.

Alutec Oy on vuonna 1979 perustettu lasi- ja alumiinirakentamisen ammattilainen. Alutec toimii viidellä eri paikkakunnalla, päätoimipaikkanaan Ylivieska. Yrityksen päätuotteet ovet, ikkunat ja parvekkeet valmistetaan Ylivieskassa. Yritys työllistää noin 85 henkilöä. Yrityksen liikevaihto on noussut vuosi vuodelta ja

kuluneen vuoden 2017 arvioitu liikevaihto on noin 14,8 miljoonaa euroa. Alutecin alumiinirakenteiset ovet, palo-ovet sekä ikkunat valmistetaan SAPA-järjestelmällä. Parveketuotteisiin yritys on kehittänyt oman kaide- ja lasitusjärjestelmän. Haastateltavina yrityksistä toimivat Henna Östberg sekä Jukka Vellonen. Henna omaa 11 vuoden kokemuksen yrityksessä lasirakentamisesta ja toimii nykyään Alutecin liiketoimintajohtajana. Jukka on työskennellyt Alutecillä yhdeksän vuotta ja toimii nykyään myynti-insinöörinä. Jukka omaa aiemman kokemuksen rakentamis- sekä huonekalualalta.

4.2 Haastattelujen rakenne

Kaikki metallilasirakenteiden toimittajahaastattelut suoritettiin kohdeyrityksien päätoimipaikoilla. Ennen haastattelua tutkija oli paneutunut NCC:n ja yhteistyöyritysten väliseen toimintaan, lähettänyt ennakkoinformaatiota tulevasta tutkimuksesta sekä lähestynyt yrityksiä sähköpostitse luonnosmallisella ennakkotarjouspyynnöllä että alustavilla haastattelukysymyksillä. Toimittajahaastattelujen ajankohta sovittiin yhteistyössä etukäteen yrityksille sopivaan ajankohtaan.

Haastattelutilaisuuteen mennessä yrityksiä pyydettiin valmistelevaan alustavia vastauksia kirjalliseen muotoon tutkijan lähettämään haastattelupohjaan sekä laskemaan ennakkohintoja luonnosmalliseen ennakkotarjouspyyntöön.

Ennakkotarjouspyyntö osoittautui heti haastatteluissa ennakoitua haasteellisemmaksi ja moniselitteisemmäksi, joten hintojen muodostaminen oli kohdeyrityksille erittäin haastavaa. Tämän johdosta tutkija ei kiinnittänyt ennakkotarjouspyyntöön liikaa huomiota, vaan lähti muodostamaan uutta vartenotettavampaa vaihtoehtoa metallilasirakenteiden optimointiin ja hintojen vertailuun.

4.2.1 Haastattelujen aihealueet

Haastattelu toteutettiin seuraavien kysymysten mukaisesti:

1. Yleisesittely kohdeyrityksestä ja haastateltavan roolista yrityksessä.

2. Yrityksen tuotannon painotuksen kartoitus (mitkä ovat yrityksen ns. "avaintuotteet" ja missä kokoluokassa; keskittyykö yritys isoihin vai pienempiin kokonaisuuksiin).
3. Yrityksen näkökulman kartoittaminen nykyaikaiseen lasirakentamiseen. Kartoitus havainnollistettiin apukysymyksiin liittyen viime vuosien ja vuosikymmenten myllerrykseen lasirakenteiden alalla sekä alan viimeaikaiseen kehitykseen (parempaan tai huonompaan suuntaan). Kohdassa keskusteltiin myös tuotteiden muutoksesta sekä nykyajan tuomista haasteista kohdistuen metallilasirakentamisen määräyksiin ja vaatimuksiin sekä lisääntyneisiin pinta-aloihin.
4. Ennakkotarjouspyynnön karkea läpikäynti ja vapaat kommentit liittyen tarjouspyyntöön.
5. Yrityksen ajansaatossa saatu tietous optimaalisesta lasirakentamisesta. Apukysymyksiä haastattelukohdassa käytiin muun muassa mitä yritys on oppinut vuosien aikana, miten rakenteita tulisi yrityksen mielestä suunnitella, parhaat ratkaisut nykyajan vaatimuksiin sekä yrityksen esille tuomat asiat arkkitehdeille vietäväksi.
6. Case-kohteiden läpikäynti. Haastattelija oli muodostanut ennakkoon esimerkkirakenteita haastateltavien ratkaistavaksi. Ratkaisuksi haastateltavien piti miettiä mahdollisimman optimaalisia ruutukokoja ja profiilijärjestelmiä, millä voitiin täyttää esimerkissä kuvailtu aukkokoko. Kysymyksessä keskusteltiin myös, miten lasitukset tulisi määrittää ja mitkä ehdot ja määräykset sanelevat metallilasirakenteiden lopullisen kokoonpanon.
7. Viimeisenä kysymyksenä haastattelussa käytiin läpi metallilasirakenteiden takuu-asiat. Takuu-asioista käsiteltiin metallilasirakenteiden tuoteominaisuuksia ja niiden mahdollisia heikkouksia; mitä havaittuja ongelmia oli tullut valmistajayrityksien tietoon ja miten ongelmia ehkäistään niin rakennustyömaalla kuin valmistajan tuotevalmistuksessa. Kohdassa mietittiin myös erityistakuiden tuomia haasteita.

4.3 Haastattelujen tulokset

Tässä kappaleessa käydään läpi kootusti syvähaastattelujen tulokset. Vastaukset on jaettu kuuteen eri aihealueeseen kysymysten pohjalta.

Yritysten antamat vastaukset eivät anna suoria vastauksia, miten metallilasirakenteita tulisi suunnitella, mutta kysymyksiin saadut vastaukset antavat selvästi viiteohjeita metallilasirakenteiden oikeaoppiseen suunnitteluun ja täten myös suunnittelunohjaukseen. Vastauksista ei pysty analysoimaan suoria kustannusvaikutuksia, mutta hintoihin vaikuttavia tekijöitä haastattelussa tuli ilmi.

4.3.1 Yrityksien tuotannon painotus

Kaikki haastatellut yritykset keskittyivät liiketoiminnassaan suurempiin kokonaisuuksiin sekä pääkaupunkiseudun markkinoille. Toimittajayritykset eivät kuitenkaan suoranaisesti kieltäydy raha- ja tuotemääräisesti pienemmistä urakoista, mutta ovat kiinnostuneita suuremmista kokonaisuuksista, missä koko rakennuskohteen metallilasirakenteet tilataan kootusti toimittajayritykseltä.

Alutec ja Riikku valmistavat ainoastaan alumiinirakenteita tuotantotiloissaan, ja keskittyvät julkisivu- ja parvekekaiderakenteisiin. Julkisivurakenteilla tarkoitetaan alumiinirakenteisista lasiprofiileista ja lasituksista muodostuu kokonaisuutta eli seiniä, ovia ja ikkunoita.

HTR-Steel tekee alumiinirakenteiden lisäksi tuotteita myös teräksestä. Näin ollen yritys pyrkii tarjoamaan laajemman tuotevalikoiman, sillä mm. palomääräykset asettavat metallilasirakenteille teräsprofiilivaatimuksia. Teräsumpiovet kuuluvat myös yrityksen tuotevalikoimaan.

4.3.2 Yrityksen näkökulma nykyaikaiseen lasirakentamiseen

Haastattelussa otettiin kantaa nykyaikaiseen lasirakentamiseen. Lasirakentamisen trendi rakennuksien julkisivuissa on ollut kasvavaa viime vuosikymmenten

ajan ja näin myös mahdollisuudet sekä ongelmat niiden osalta ovat kasvaneet. Yritysten mielestä lasirakentamisen ja tuotteiden kehityksen suunta on ollut oikea, mutta yleinen pääsuunnittelun taso on heikentynyt menneiden vuosien aikana. Arkkitehti- ja rakennesuunnittelun tason laskuun voi vaikuttaa arkkitehtien kiinteät palkkiot, minkä johdosta suunnitteluun ja varsinkin suunnitelmien läpivientiin ei varata riittävästi aikaa. Keskeneräiset suunnitelmat johtavat yhä haasteellisempaan urakkakilpailutukseen metallilasirakenteiden osalta, sillä niiden takia toimittajayritykset pysty muodostamaan todenmukaisia urakkahintoja. Keskeneräiset suunnitelmat voivat aiheuttaa toimittajayritykselle tappion urakkakilpailussa jo heti tarjousvaiheessa, sillä rakennusyriyten vertailussa kaikkia materiaalivaatimuksia ei osata ottaa huomioon vaan keskitytään liikaa kustannusarvioon.

Kun tuotteet ovat kehittyneet, myös pääsuunnittelijat ovat lisänneet tuotevaatimuksia kasvamassa määrin lasirakenteille. Yksi tuote voi sisältää jo lähes kymmeniä vaatimuksia mm. lämmöneristyksen, auringonsuojan, huurtumattomuuden, itsepuhdistuvuuden, turvaominaisuuksien ja ääneneristyksen suhteen. Näistä jokainen yksittäinen tekijä lisää tuotteen kustannushintaa, mutta voivat olla myös mahdottomia toteuttaa yhdessä. Arkkitehdeillä ei välttämättä ole riittävästi tietoutta, miten kaikki ominaisuudet toimivat rakennusteknisesti yhdessä ja onko niitä edes mahdollista toteuttaa yhdessä tuotteessa.

Tuotekehityksessä on kuitenkin myös hyviä puolia. Esimerkiksi U-arvojen ja vesitiiviyyksien parantuessa kokonaisrakenteista saadaan yhä tiiviimpiä rakenteita, millä saavutetaan säästöjä mm. kokonaisenergiansäästöissä sekä voidaan taata yhä turvallisimpia tuotteita rakennusteknisestä katselukulmasta. Hyvä ilmanpitävyys pienentää kosteusvaurioiden riskiä, parantaa rakennuksen sisäilmastoa, käyttäjämukavuutta sekä lisää paloturvallisuutta rakennuksessa. (Vinha, ym., 2009, 13-14.)

Rakennustuotteiden CE-merkintä tuli Suomessa pakolliseksi Euroopan komission rakennustuoteasetuksen (305/2011) CE-merkintää koskevan asetuksen osan voimaantulon myötä 1.7.2013. CE-merkintä tarvitaan niille

rakennustuotteille, joille on olemassa CE-merkinnän mahdollistava yhdenmu-
kaistettu standardi. (CE-merkinnän pakollisuus 2014) 2013 voimaan tulleet ra-
kennustuotteiden CE-merkinnät ovat iso haaste koko lasirakentamisen alalle. Uu-
sia tuotteita kehitetään, mutta CE-merkintöjen takaaminen kaikille tuotteille on
haastavaa ja vie todella paljon aikaa.

Myös rakentamisen yleiset määräykset (RakMK) luovat haastetta metallilasira-
kentamisen alalle. Nykyiset määräykset niin palonkeston kuin inva-tilojen suh-
teen luovat haastetta perinteiselle arkkitehtisuunnittelulle, ja mm. osastointi on
yhä haastavampaa suunnitella rakennuskohteeseen metallilasirakenteita hyö-
dyntäen. Invamääräysten suhteen tiloja kasvatetaan, mutta palo-osastoinnin
osalta määräysten täyttäminen vaikeutuu.

4.3.3 Yrityksen ajansaatossa saatu tietous optimaalisesta lasirakenta- misesta

Haastattelun seuraavassa kohdassa läpikäytiin yrityksen toimintahistorian ja
haastateltavien henkilöiden kokemuksen tuomaa tietoutta optimaalisesta ja kus-
tannustehokkaasta lasirakentamisesta.

Toimittajayritysten mukaan optimaalisuus ja kustannustehokkuus syntyy raken-
teiden yksinkertaistuksesta. Rakenteiden suunnittelussa tulisi miettiä, mitkä lasi-
rakenteiden ominaisuudet ovat tärkeimpiä rakennuskohteen kokonaisuuden
kannalta. Kun avainominaisuudet on selvitetty, selvitetään miten lasirakenteille
asetetut ominaisuudet voidaan toteuttaa rakennusmääräykset täyttäväksi.

Tavanomainen rakennuslasi eli float-lasi valmistetaan jatkuvalla liukuvalumene-
telmällä lasitehtaan tuotantotiloissa. Yleisimmät varastokoot float-lasille on 3210
mm x 6000 mm (jumbo-lasi) ja 3210 mm x 5100 mm (Lasisanasto, 2017). Jotta
rakennuslasia voidaan hyödyntää mahdollisimman paljon ylimääräistä hukkaa
jättämättä, metallilasirakenteet tulisi aina suunnitella lasikoko tarkasti huomioon
ottaen. Tämä tarkoittaa, että toinen lasimitta on käytännössä maksimissaan 3200
mm. Kaksi kolmesta haastatellusta toimittajista suosi suurinta mahdollista

lasikokoa ruutukokojen optimoinnissa, jolloin saadaan mahdollisimman kustannustehokas lasirakenne suunniteltua. Mitä suurempi ruutukoko, sitä vähemmän metalliprofiilia (alumiini- tai teräs) tarvitaan, joka on myös kustannuksellisesti kalliimpaa kuin itse rakennuslasi. Asennustyö huomioiden ikkunarakenteen painorajoitus nostoissa on kuitenkin 500-600kg, joka asettaa rajoitteita lasirakenteen nostossa rakennuksen julkisivulle. Yksi kolmesta toimittajasta suosi pienempiä lasiruutuja juuri nostotyön haasteellisuuden takia. Kun kokonaiskustannukset lasirakenteelle asennettuna otetaan huomioon, toimittaja vakuutti heidän toimintatapansa pienempien ruutujen optimoinnilla olevan edullisempi, jos tarkastellaan kokonaiskustannuksia. Loppujen lopuksi määrittävä tekijä on metallilasirakenteiden profiilikantavuus, joka ohjaa toimittajien tuotevalintoja ja suosituksia.

4.3.4 Case-rakenteet

Toimittajilta löytyi potentiaalisia kehitysehdotuksia sekä mahdollisuuksia opinnäytetyön haastatteluun liitettyjen case-rakenteiden optimointiin. Haastattelussa kävi ilmi, että tutkimuksen alaiset rakenteet tarvitsivat erityistä ja yksityiskohtaisempaa tarkastelua. Yksityiskohtaisemman tarkastelun vuoksi aihetta käsitellään tarkemmin toimittajahaastatteluiden jälkeen kappaleessa 6 Case-rakenteet.

4.3.5 Metallilasirakenteiden havaitut ongelmat ja takuuasiat

Takuu-asioiden keskustelussa kävi ilmi, että metallilasirakenteet ovat äärimmäisen kestäviä ja jopa huoltovapaita rakennusosia, kun tuotteiden käyttö on oikeoppista ja ohjeistettua. Suurimmat virheet metallilasirakenteiden käytössä ilmenee työmaaolosuhteissa, jolloin ovia kingataan ulkoisin kappalein väkisin auki, kun oviaukosta pyritään saamaan materiaalin haalausaukko. Jos metallilasiovia kiilataan väkisin, metallirakenteen kehäprofiili tai saranapuoli voi vääristyä, jonka takia ovi ei enää sulkeudu täysin suunnitellusti.

Työmaan aikaisessa käytössä piilee myös muita riskejä. Metallilasiovet ja -ikkunat asennetaan täysin pintakäsiteltynä ja valmiina työmaan ollessa keskeneräinen, joten rakenteiden ja pintakäsittelyn vioittuminen on riskitekijä. Pintakäsittelyn vioittumista estetään metalliprofiilien teippauksella ja lasien päällystämällä esimerkiksi muovilla. Teippaus voi tosin aina pettää, jos rakenteeseen kohdistuu toistuvia mekaanisia iskuja. Tämän takia valmiiden metallilasirakenteiden asennusajankohta tulisi ajoittaa aina rakennustyömaan viimeistelyvaiheeseen, jotta rakenteisiin kohdistuva rasitus olisi mahdollisimman vähäistä.

Takuu-aikana yleisimmät korjauskohteet metallilasirakenteiden osalta on lasin rikkoutuminen. Lasin rikkoutuminen muusta syystä kuin mekaanisesta iskusta on aina suuri mysteeri, mihin vaikuttavat monet eri tekijät. Suuren lämpörasituksen vaikutuksen alla ikkunoissa ja erityisesti laseissa tapahtuu lämpölaajenemista. Lämpölaajeneminen tarkoittaa lämpimämmän keskialueen ja viileämpien reuna-alueiden lämpötilaeron aiheuttamaa vetojännitystä rakenteen keskiosalle. Jos lämpölaajeneminen ja vetojännitys on normaalista voimakkaampaa tai lasi ei pääse jostain syystä pääse profiilissa laajenemaan, karkaisematon lasi voi rikkoontua. Lämpölaajenemisen riskiä lisäävät sisä- ja ulkopuoliset kaihtimet, auringonsuojat ja erityyppiset ikkunateippaukset (Nippon Sheet Glass Co., Ltd. 2018, 75). Jos käyttäjä käyttää suuren lämpörasituksen alaisissa lasituksissa edellä mainittuja tuotteita, niin lasin rikkoutumisen syy ja vastuu on myös käyttäjän, eikä lasirakenteiden valmistajan. Metallilasirakenteiden toimittaja antaa luovutusasiakirjanaan tuotteille takuuasiakirjan, joissa takuuvastuut on selkeästi rajattu. Takuuasiakirjalla toimittaja pyrkii turvaamaan itsensä riitatilanteilta sekä ohjaamaan käyttäjää oikeaoppiseen lasitusten käyttöön ja huoltoon.

5 Case-rakenteet

Opinnäytetyön esimerkkikohteiksi ja -rakenteiksi valikoituvat NCC Building Jyväskylän aluetoimiston kolme toteutunutta kohdetta. Case-rakenteiden esiin nostamisella pyrittiin tuomaan konkreettinen esimerkki metallilasirakenteiden optimoinnista. Toteutuneissa kohteissa rakennushankkeen pääsuunnittelijoina

toimineet arkkitehdit olivat muodostaneet oman näkemyksensä julkisivun metallilasirakenteista, jonka mukaan kohteiden metallilasiratkaisut toteutettiin.

Case-rakenteiden avulla pyritään jälkikäteen osoittamaan mahdollisimman optimi ja kustannustehokas rakennustapa metallilasirakenteille. Seuraavissa luvuissa perehdytään siihen, mitä vaatimuksia metallilasirakenteille oli arkkitehdin puolesta annettu ja mitä rakenteita erityisesti olisi voitu toteuttaa kustannustehokkaammin arkkitehdin näkemykseen verrattuna.

Ensimmäisen kierroksen yrityshaastatteluista ja niiden läpikäynnistä voitiin selkeästi todeta, että optimointia voi tehdä lähes jokaiselle rakennuskohteen metallilasirakenteelle, mikäli rakennusurakoitsijalla on tähän valtuudet. Hyvin usein rakennussuunnittelu kuitenkin määrittää vaaditut arvot. Kun KVR- tai projektinjohtourakoinnissa päästään optimoimaan esimerkiksi ruutukokoja ja profiilien syvyyksiä, selviin säästöihin voidaan yltää. Tästä seuraavana esimerkkejä case-rakenteiden muodossa.

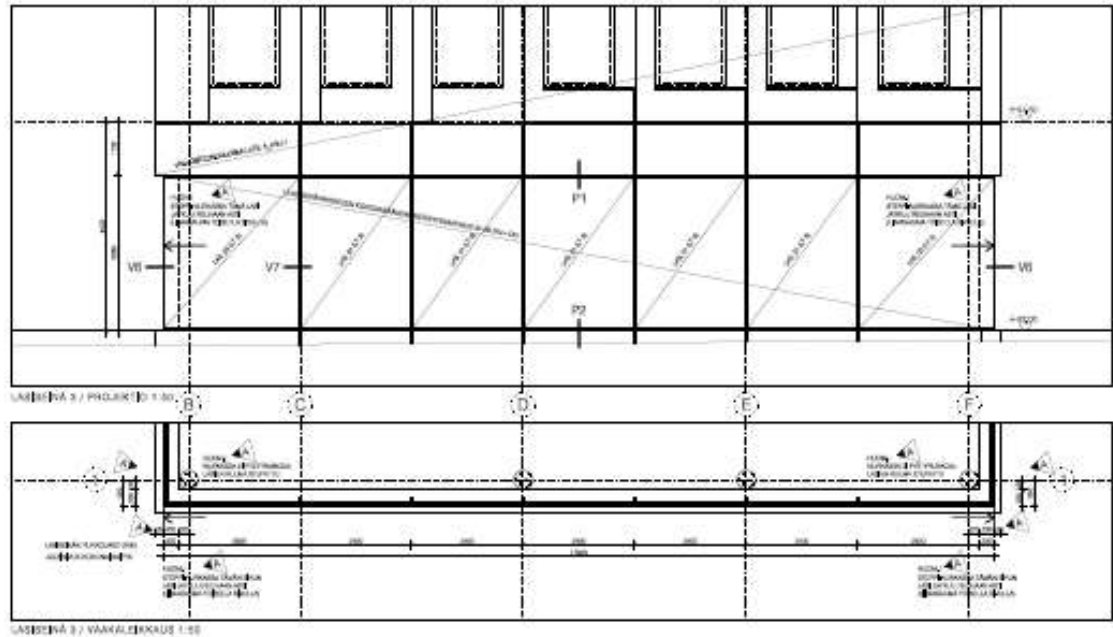
5.1 Case 1: JYU Ruusupuisto, Jyväskylä, 1.krs ulkolasiseinä

Ensimmäinen opinnäytetyöhön valikoitunut mallirakennuskohde on JYU:n Ruusupuisto. Ruusupuisto rakennettiin NCC:n pääurakointina vuosina 2013–2015, ja kohteen julkisivuissa oli pinta-alallisesti merkittävästi lasirakenteita. Kohteen arkkitehtitoimistona toimi SARC Arkkitehtitoimisto, jonka päätoimipaikka sijaitsee Helsingissä. Tarkasteltava case-rakenne on rakennuksen A-osan 1.krs kahvilan ulkolasiseinän rakenne.

5.1.1 Ulkolasiseinärakenteelle annetut vaatimukset

- lasiseinärakenteen kokonaismitat (leveys*korkeus) oltava 17 900mm*3 365 mm
- ulkoseinärakenteen U-arvon oltava lasiseinärakenteen kohdalla 1,0 W/m²K
- Lasiseinärakenne toteutetaan alumiiniprofiilirakenteisena, järjestelmä esim. PURSO P50 tai vastaava. Järjestelmän tulee olla CE-merkitty ja täyttää asetetut lämmöneristysvaatimukset
- pystyrakenteen jako on yleisesti 2400 mm
- lasiseinärakenteen vaakaprofiili on 250 mm syvä ja pystyprofiili 80 mm

- umpiosien kohdalla molemmat profiilit ovat 250 mm syviä
- lasiseinän kulmissa ei pystyrunkoa
- ikkunoiden kohdalla alumiiniseen profiilijärjestelmään kiinnitetty rauta-oksidi vapaa kirkas kolmilasinen eristyslaselementti (3K-eristyslasi)
- kaikki julkisivulasit karkaistuja ja hienoreunahiottuja (HRH)
- lasien lopulliset paksuudet urakoitsijan mukaan.



Kuvio 7. Case 1 Ruusu puisto

Rakennusselosteen ulkolasiseinälle asetetut erityisvaatimukset:

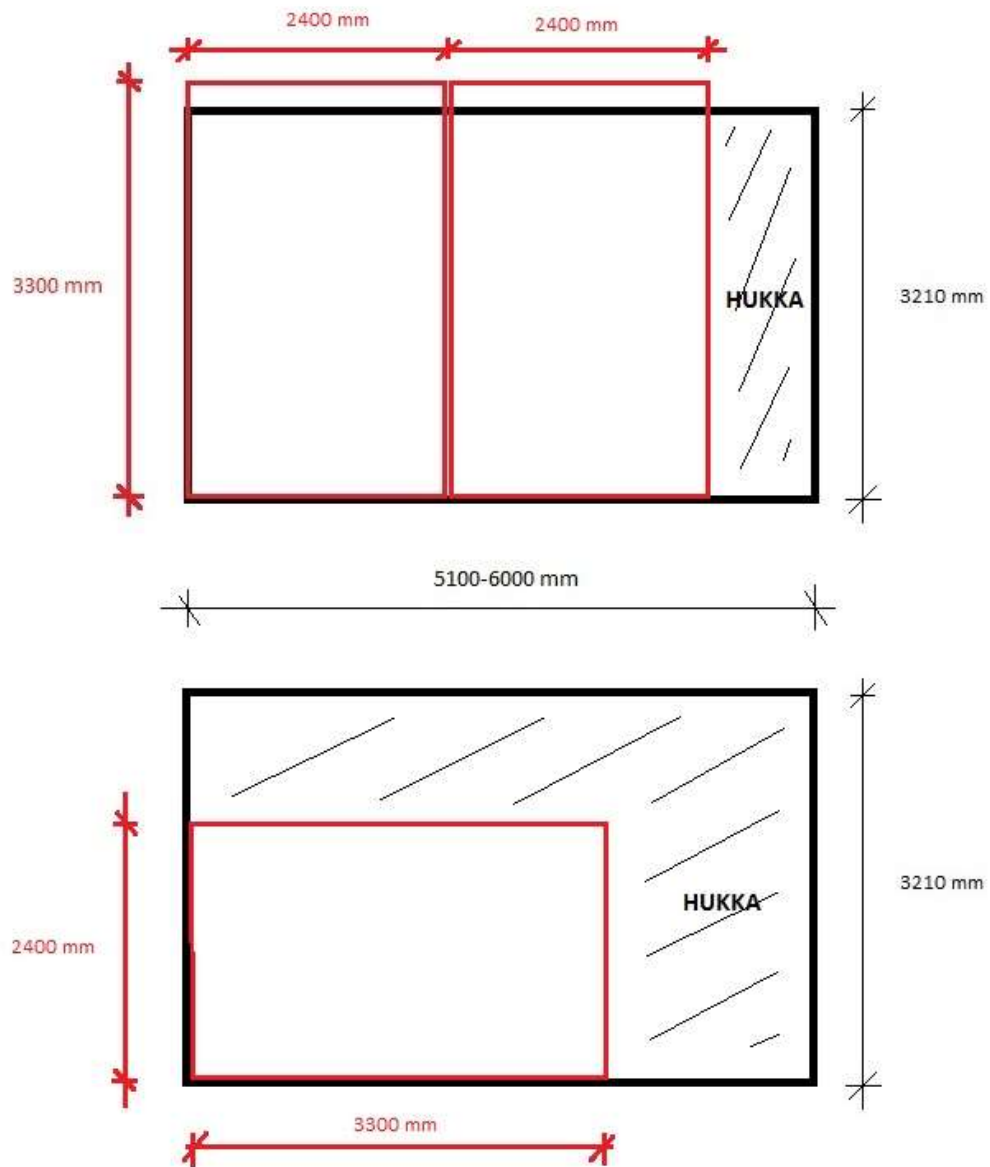
- Lasipaketti (lueteltu ulkoa sisälle)
 - 1. lasi 6 mm kirkas, väritön, pinnoitettu selektiivilasi
 - välitila 12 / 15 mm, Argon, välilista musta
 - 2. lasi 6 mm kirkas lasi
 - välitila 12 / 15 mm, Argon, välilista musta
 - 3. lasi 6 mm kirkas, karkaistu, väritön ja pinnoitettu selektiivilasi
- koko lasiseinärakenteen U-arvo 1.0 (W/m²K)*
- luonnonvalon läpäisymäärä (LT) 60%
- aurinkoenergian kokonaisläpäisy (G-arvo) 32% (38%*)
- lasiseinärakenteen ääneneristävyyksivaatimus $R_w + C_{tr} = 34$ dB
 - *energialaskennassa käytetty raja-arvo.

Lasirakenne lähtee lattiantasosta, joten suunnittelussa on huomioitava Rakentamismääräyskokoelman osassa F2 vaadittu turvalasin käyttö. Lasiseinä-/lasitoimittaja määrittelee vaadittavan lasipaketin ja paketissa käytettävät lasien

paksuudet tässä mainitut ehdot ja tavoitteet huomioiden. Lasit Pilkington Opti-white, Saint-Gobain SGG Diamant tai vastaava rautaoksidivapaa kirkaslasi.

5.1.2 Rakenteen optimointi

Case-rakenteen optimointi alkaa ruutukokojen hahmottamisella ja järkevöittämisellä. Laskennallisesti koko metallilasirakenteelle tulee U-arvoksi kolminkertaisilla eristyslaseilla n. $0,61 \text{ W/m}^2\text{K}$ (toimittajan ilmoittama U-arvoluku). Kohteen ensimmäisen kerroksen kahvilan lasiseinän lasiruutujen mitat tuli arkkitehtien vaatimuksien mukaan olla 2400-2620mm leveät ja järjestään 3300mm korkeat. Vaaditut lasiruudut työstetään täysistä lasilevyistä, tässä tapauksessa ns. jumbolasilevyistä. Mikäli lasitehtaan valmistavan lasilevyn koko on 3210 mm x 6000 mm tai 3210 mm x 5100 mm, muodostuu leikattavalle lasilevyille huomattavasti hukkaa. Rakenteeseen tarvittavan lasiruudun korkeus 3300mm ylittää lasilevyn toisen maksimitan, jolloin täydestä lasilevystä saadaan vain yksi rakenteen vaatima lasiruutu. Loput lasista jää käytännössä käyttökelvottomaksi, sillä näiden leikkuupalojen varastointi ei ole järkevää, eikä hukkapaloja pystytä hyödyntämään kohteen muissa lasitukissa.



Kuvio 8. Havainnekuva lasilevyn hukkamäärästä suhteutettuna case-rakenteen lasiruudun kokoon.

Kuten havainnekuvastä käy ilmi, hukan määrää pystytään vähentämään lasiruutujen mitoittamisella täysien lasilevyjen mukaan. Jos mahdollisuus lasiruutujen pienentämiseen tai suurentamiseen on, sillä voidaan tehdä merkittäviä materiaalikustannussäästöjä. Tämä on myös ns. kestävä valinta, sillä lasihukasta aiheutuva lasijätettä jää huomattavasti vähemmän, kun lasilevyt käytetään

mahdollisimman hyvin hukkaa jättämättä. Kustannustehokas ratkaisu kohteessa olisi pienentää metallilasirakenteen kokonaiskorkeutta 3300 millimetristä alle 3200 millimetriin, jolloin täydestä lasilevystä voitaisiin leikata yhden lasiruudun sijaan kaksi lasiruutua. Mikäli lasilevystä saataisiin kaksi lasiruutua yhden lasiruudun sijaan, lasihukan osuus pienenesi noin 52 prosentista kuuteen prosenttiin. (kts. Liite 1) Suoraa rahamääräistä säästöä hukkaprosenttien mukaan ei voida määrittää, mutta lasivalmistajien metallilasitoimittajille antamiin tarjouksiin hukan määrä vaikuttanee merkittävästi. Kaikki tämä vaikuttaa tuotteen kokonaishintaan nostavasti.

Seuraavana optimoinnin kohteena ovat metallilasirakenteen alumiiniprofiilit. Arkkitehti on määrittänyt kohteen lasiseinärakenteelle 250mm syvän vaakaprofiilin ja 80mm syvän pystyprofiilin. Laskennallisesti 80mm pystyprofiili kantaisi myös vaakaprofiilille kohdistuvat pysty- ja vaakakuormat, joten 250mm syvästä alumiiniprofiilista voitaisiin luopua. Tässä tapauksessa syvemmän alumiiniprofiilin käyttö on kuitenkin perusteltua puhtaasti ulkonäöllisin seikoin. Kun seinärakenteen paksuus nousee yli 250mm, hyvin kapea alumiiniprofiili ei välttämättä istu massiivisen seinärakenteen vierelle. Toisaalta hyvin syvä pystyprofiili voi näyttää liian massiiviselta lasiruutujen jakoväleissä. Tässä rakenteessa ulkonäköseikat on ratkaistu tekemällä vaakaprofiileista pystyprofiileja selvästi syvemmät. Kustannustehokkuuden nimissä 80mm profiilien käytöllä ympäri rakenteen säästettäisiin kuitenkin selvää rahaa, jopa 7 % koko rakenteen hinnasta.

Alumiiniprofiileista syntyy yhtäläillä hukkaa kuin lasiruuduistakin. Lasituksien valmiit profiilit työstetään alumiinikangista, jotka ovat maksimimitoiltaan 6600 mm pitkiä. Ruusupuiston kohteessa korkeuden pudottaminen 3200 millimetriin säästäisi rahaa myös profiilihukan pienentyessä merkittävästi; tässä tapauksessa lähes viidenkymmenen hukkaprosentin vähentyessä noin kolmeen prosenttiin.

Lasiseinärakenteen laselle vaaditaan alumiiniseen profiilijärjestelmään kiinnitettävät rautaoksidivapaat kirkkaat kolmilasiset eristyslaselementit. Vähärautainen lasi, esimerkiksi Pilkingtonin Optiwhite, valmistetaan käyttämällä tarkoin valittuja raaka-aineita, joilla on luonnostaan vähäinen rautapitoisuus.

Rautaoksidivapaalla lasilla on erinomainen valonläpäisy verrattuna tavalliseen vihertävään float-lasiin, sillä se on käytännössä väritön ja erittäin kirkas. Rautaoksiditon lasi on ihanteellinen käytettäväksi paikoissa, joissa lasin reunat ovat näkyvillä tai missä halutaan erityisen neutraalia värisävyä. Esimerkkikohde Ruusuopisto valkoisine julkisivuineen on oiva esimerkki tällaisesta rakennuskohdeesta, missä tavoitteena on neutraali ja vaalea värisävy. Rautaoksiditon lasi on kuitenkin merkittävästi kalliimpaa kuin tavallinen float-lasi, mikä vaikuttaa suoraan neliöhintaan. Ruusuopiston kohteessa lasituksissa käytettiin Pilkingtonin Optiwhite-lasia, ja pelkästään lasimateriaalille muodostui hintaa noin 160€/m². Rautaoksiditon lasi yhdistetty suureen hukkaan nostaa lasimateriaalin neliöhintaa, jonka tulisi painua alle 100 euron neliöltä yleisimmissä lasirakenteissa.

Viimeinen optimointiin vaikuttava seikka on värisävy. Perinteiset RAL-värisävyt (RAL-yhdistyksen laatu- ja tarkastusmääräykset täyttävät värisävyt) ovat paljon käytettyjä ja näin ollen myös edullisia vaihtoehtoja alumiiniprofiilien maalaukseen. Ruusuopiston kohteessa alumiiniprofiileille oli kuitenkin asetettu RAL-erikoisvärisävy. Erikoisvärisävyt voivat nostaa pulverimaalauksen hintaa jopa nelinkertaiseksi, joten värisävyyn tulee kiinnittää erityistä huomiota rakenteiden suunnitteluvaiheessa. Jos värisävyille haetaan kustannustehokasta vaihtoehtoa, niin värisuunnittelua tulisi ohjata RAL-värikartan mukaisesti ratkaisuihin.

Suuret lasiruudut voivat aiheuttaa kustannusten nousun lisäksi muita ongelmia. Ruusuopiston kohteessa yksi 2400 mm x 3300 mm lasiruutu painoi noin 62kg/m² eli ~490kg. Näin painava lasi on haasteellinen asennukselle, sillä lasien nostoon tarvitaan erillinen nostolaitteisto. HIAB-auton lasi-imukupeilla pystytään nostamaan laseja aina 600 kilogrammaan asti, mutta suuri nostolaitteisto on jo itsessään oma kustannuseränsä. Jos lasiruutu pääsee asennuksen aikana vahingoittumaan, niin uuden lasin teettäminen käy kalliiksi; varsinkin tapauksissa missä yhden lasiruudun hinta nousee yli tuhanteen euroon. Mikäli lasiruutu pääsee vahingoittumaan rakennushankkeen luovutuksen jälkeen, vaihtokustannus voi jäädä loppukäyttäjän harteille.

5.2 Case 2: Saimaa Stadiumi, Mikkeli, lasiseinärakenne

Toinen case-rakenne löytyy NCC:n Saimaa Stadiumi KVR-kohteesta. Rakennusurakka toteutettiin Mikkeliissä vuosina 2016-2018 NCC:n toimiessa kohteen pääurakoitsijana. Rakennuskohteen runkona toimii teräsbetonielementit ja peltivilla-peltielementit. Rakennuksen julkisivussa aulatilojen kohdalla on merkittävä lasiseinäkokonaisuus, mikä valikoitiin optimoinnin kohteeksi tässä case-kohteessa. Kohteen pääsuunnittelijana toimi Arkkitehtitoimisto Heikki Kirjalainen Oy, jonka päätoimipaikka sijaitsee Mikkeliissä.

5.2.1 Lasiseinärakenteelle annetut vaatimukset

- Lasiseinärakenteen kokonaismitat (leveys*korkeus) oltava 13 600mm*13 582 mm.
- Alumiinilasiseinät tehdään alumiinirakenteisesta korkeasti lämpöeristystä ja passiivisertifioidusta julkisivujärjestelmästä esim. Schuco Fasade AOC 50 ST/TI (sisärunko teräsprofiiliputkea) tai FW 50+.SI -järjestelmällä tai vastaavalla Nokia Profiilit N50si ja Purso julkisivujärjestelmällä.
- Lasiseinien sisärunko toteutetaan RHS 180x60x5mm teräsputkiprofiililla, joihin julkisivujärjestelmä kiinnitetään ikkunakaavion mukaan.
- ikkunaseinäkokonaisuus toteutetaan murtosuojaluokka 1:een
- lasin tyyppi:
 - lasit 3-K lasielementtejä
 - pihatasolla ulkopuolen lasi karkaistua 5+5 mm laminoitua lasia
 - välilistan materiaali: karmin värinen
 - lasielementin U-arvo: $< 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.
 - ikkunaelementin g -arvo (auringsuojaus taso) 0,4 tai parempi
- kokonaisrakenteen (lasi + karmirakenne) U- arvo: $< 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- väritys
 - runkoprofiilien väri polttomaalattu RAL 7024 Graf. harmaa
 - pintalistojen väri polttomaalattu RAL 7024 Graf. harmaa
- lasin paksuus ruutukoon mukaan RT 38-10316 noudattaen
- kun lasiaukko ulottuu 700 mm:ä lähemmäksi lattiapintaa, tehdään lasitukset 3+3 mm:n laminoidulla lasilla RakMK F2, kohdan 3.2 mukaan.

5.2.2 Rakenteen optimointi

Saimaa Stadiumin case-rakenteessa toimittaja antaa rakenteen U-arvoksi 0,66 $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ 3K-lasielementeillä ja alumiiniprofiileilla. Lasiseinärakenne on

suunniteltu toteutettavaksi RHS RHS 180x60x5mm teräsputkiprofiililla, mihin kiinnitetään julkisivujärjestelmä ikkunakaavion mukaisesti. Toimittajahaastattelussa tuli ilmi, että teräsputkiprofiili voidaan korvata alumiiniprofiililla kantaavuuden puolesta, jolloin saavutettaisiin myös merkittävää kustannussäästöä. Lasiseinärakenteen asentamisessa vähennettäisiin myös työvaiheita, sillä teräsputkiprofiilien hitsaaminen rakennuspaikalla jäisi kokonaan pois profiilien paikka- maalauksien lisäksi. Alumiiniprofiiliin voidaan asentaa lasielementit suoraan kiinni kiinnityslistojen avulla, teräsputkiprofiiliin tulisi vertailuna kiinnittää erillinen alumiinikiinnitysprofiili lasituksille (esimerkiksi Schuco Fasade AOC 50), joka on jo itsestään ylimääräinen kustannuserä. Rakenteelle on määrätty 180 mm profiili, vaikka laskennallisesti kohteeseen riittäisi kapeampikin profiili, sillä kehysprofiilit pystytään kiinnittämään välipohjien ontelolaattoihin kiinni. Profiilivaatimusta voidaankin pitää täysin ulkonäöllisenä seikkana, joten tässä case-rakenteessa profiilin kaventamiseen ei oteta kantaa. Kuten aikaisemmasta case-rakenteesta kävi ilmi, profiilin kaventaminen tiputtaisi rakenteen kokonaiskustannuksia.

Tarkasteltavan ulkolasiseinärakenteen ensimmäisen kerroksen lasituksille on määrätty vaatimus karkaistulle lasille. Nykyisten rakennusmääräyksien mukaan turvalasien tulee olla joko karkaistua ja/tai laminoitua lasia. (F2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2001) Jotta murronsuojavaatimus ja lattiapinnan turvalasivaatimus täyttyisi kohteen rakenteessa, tulee lasitus tehdä kohteen suunnittelijan mukaan sekä laminoituna että karkaistuna. Lasin laminointi tapahtuu sulattamalla riittävän vahva kalvo kahden lasilevyn väliin kovassa paineessa ja lämpötilassa (Nippon Sheet Glass Co., Ltd. 2018, 44). Mikäli laminoitu lasi halutaan tehtäväksi myös karkaistuna, karkaisu tulee suorittaa laminoitaville lasilevyille ennen laminointia. Karkaisu tässä tapauksessa tarkoittaa ylimääräistä työvaihetta ja myös korkeampaa lasilevyn hintaa. Koska rakennuskokoelman vaatimus ei vaadi rakennetta tehtävän molemmin ominaisuuksin (sekä karkaistuna että laminoituna), voidaan karkaisu jättää tekemättä. Tällä toimenpiteellä voidaan tiputtaa lasimateriaalin neliöhintaa jälleen merkittävästi.

5.3 Case 3: JYU Athenaeum, Jyväskylä, julkisivuikkunan lasitus

Opinnäytetyön kolmas ja viimeinen case-rakenne löytyy toisesta NCC Jyväskylän yliopistokohteesta, JYU Athenaeumista. NCC peruskorjaa rakennuskohdetta vuosina 2017-2018 urakkamuotonaan projektinjohtourakka. Vaikka kohde on peruskorjaus, case-rakenteessa julkisivuikkunaa käsitellään täysin uusittavana rakenteena. Athenaeumin pääsuunnittelijana toimii Arkkitehtitoimisto Sipinen päätoimipaikkanaan Espoo. Kohteen kantavana runkorakenteena toimii betoni- sisäkuorielementti ja julkisivurakenteena on muuraus. Julkisivuikkuna lähtee rakennuksen toisen kerroksen lattianrajasta ylettyen kolmannen kerroksen alakaton tasalle.

5.3.1 Rakenteelle annetut vaatimukset

- julkisivuikkunan kokonaismitat tulee olla 6 730mm*6 050mm
- lasiseinien sisärunko toteutetaan RHS 180x60x5mm teräsputkiprofililla, joihin julkisivujärjestelmä kiinnitetään ikkunakaavion mukaan
- alumiinilasiseinät tehdään alumiinirakenteisesta korkeasti lämpöeristeyttä ja passiivisertifioidusta julkisivujärjestelmästä esim. Schuco Fassade AOC 50 ST/TI (sisärunko teräsprofiiliputkea) tai FW 50+.SI -järjestelmillä tai vastaavalla Nokia Profiilit N50si ja Purso julkisivujärjestelmällä
- lasiseinän kokonaisrakenteen U-arvotavoite on vähintään 1,0 W/m²K
- Vaaka- ja pystylasituslistat ovat 12,5 mm syviä U-listoja, esim. Purso 5012161. Väri on anodisoitu vaalea alumiininharmaa.
- Auringonsuojalasi on kuten esim. AGC (ent. Glaverbel) Sunergy Clear, paksuus min. 6 mm, lämpölujitettu, väri kirkas ilman voimakasta tummenusta. Lasin auringonsuojapinnoite on elementin uloimman lasin sisäpinnassa. Auringonsuojalasisit noudattavat seuraavia ominaisuuksia aurinkoa vastaan suojautumisen, valo-ominaisuuksien ja lasin värin osalta:
 - LR n. 15 % (peiliheijastus)
 - LT n. 53 % (valon läpäisy)
 - SF (/TST) n. 37 % (aurinkoenergian kokonaisläpäisy).
- RakMK F2:n määräysten mukaisissa kohdissa käytetään lasielementin sisimpänä lasina seuraavia lasiseinäpiirustuksiin merkittyjä tyyppisiä: karkaistu lasi, alimmat ruudut vähintään 700 mm korkeuteen asti (törmäysvaara).
- Korkeiden lasiseinien runko tulee jatkua välipohjiin asti, mutta alimmat jako-osat on lasitettu läpinäkymättömällä 2K-lankalaselementeillä, joiden sisäpuolella on lämmöneriste ja maalattu rakennuslevy.

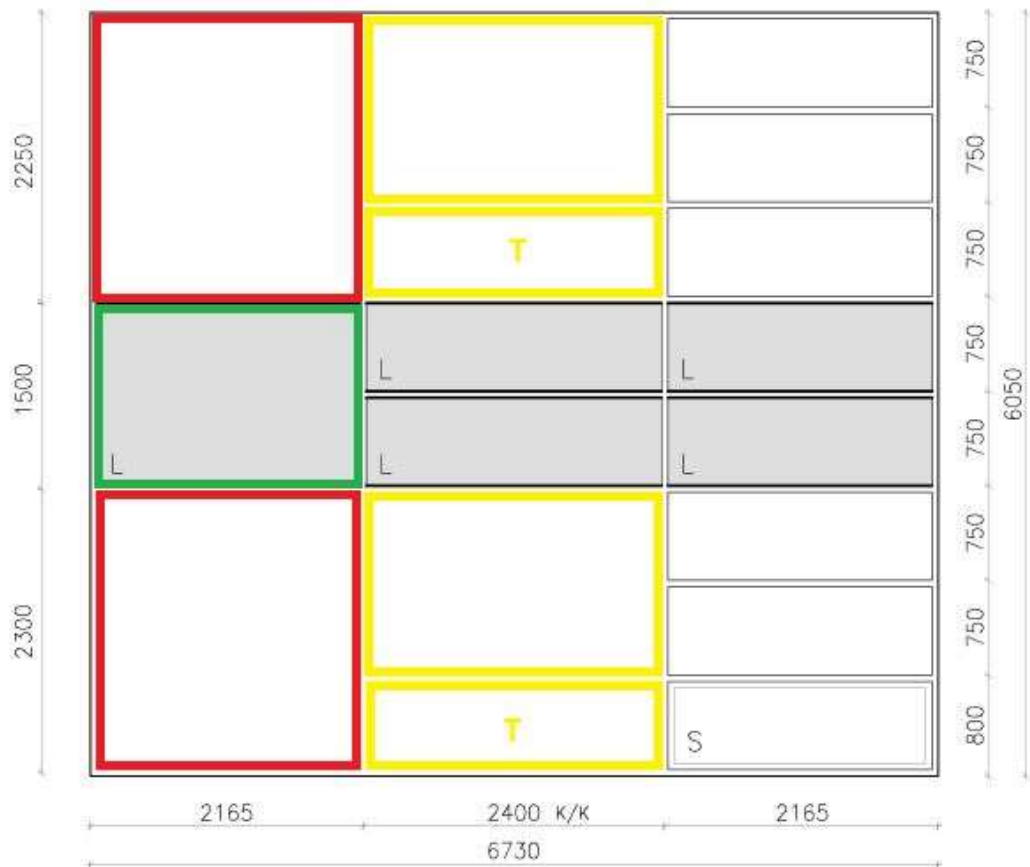
5.3.2 Rakenteen optimointi

Kohteen julkisivulasitus on suunniteltu teräsprofiilille, johon kiinnitetään amiinirakenteinen julkisivujärjestelmä, esim. Schuco Fasade AOC 50. Tässäkin tapauksessa kokonainen alumiiniprofiilijärjestelmä on järkevä vaihtoehto kahden eri runkorakenteen yhdistämiselle, sillä työvaiheita voidaan karsia ja itse työmaalla tehty työ vähenee, mikäli julkisivulasituksen runko tehdään tehtaalla valmiiksi kasattavaksi. Alumiiniprofiilijärjestelmälle mitoitettuna julkisivulasitukselle riittää laskennallisesti (0,65 kN/m² tuulenpaineelle mitoitettuna) 120mm alumiiniprofiili 180mm alumiini- tai teräsprofiilin sijasta. Rahassa 120mm alumiiniprofiili on jopa 30% edullisempaa kuin 180mm profiili. Pelkästään tällä yksittäisen materiaalin vaihdolla voidaan siis saavuttaa jopa 7 % säästö koko kohteen metallilasirakenteessa. Jotta ulkonäöllisiin vaatimuksiin voitaisiin vastata, ulkokehät voidaan tehdä 180mm profiililla ja sisäpuutteet 120mm profiililla. Pelkästään tällä toimenpiteellä rahaa säästyy.

Auringonsuojalasille on kohteessa annettu vaatimus lämpölujituksen käytölle. Toimittajahaastattelussa saatujen tietojen mukaan lämpölujitus ei ole kuitenkaan tarpeellinen Suomen olosuhteissa kirkkaille lasimateriaaleille. Lämpölujitusta käytetään ainoastaan massavärjättyissä laseissa, jolloin lämpölujite lisää lasin lujuutta. Lämpölujitetun lasin hylkääminen tarkoittaa kohteen tapauksessa säästöä lasimateriaalin hinnassa.

Kohteen julkisivulasitus on suunniteltu käyttäen pieniä lasiruutuja, jotka ovat 2165-2400mm leveitä ja ainoastaan 750-800 mm korkeita. Pienempien lasiruutujen valmistuksessa leikkuutyötä ja reunahiontoja tulee merkittävästi enemmän verrattuna suurempiin lasituksiin, mikä vaikuttaa lasin neliöhintaan. Mitä pienempi ruutu, sitä enemmän myös metalliprofiilia tarvitaan ruutuneliölle. Tämän johdosta toimittajayhteistyön avulla mietittynä järkevin kohteen lasitustapa olisi muodostaa alkuperäisen 2165-2400mm leveitä lasiruutuja, mutta koko kerroksen korkeita lasiruutuja. Tässä tapauksessa korkeus olisi 2250-2300 mm riippuen kerroksesta. Mikäli sisäpuolen lasitus lähtee lattianrajasta, niin silloin alimmainen lasiruutu voidaan tehdä määräyksien mukaan pienempänä turvalasina

(katso kohta 4.3 Metallilasirakenteiden lainsäädäntö ja määräykset). Tällä välte-
tään suuren, koko kerroskorkeuden mittaisen laminoidun ja/tai karkaistun lasin
käyttö kustannussäästön nimissä.



Kuvio 9. Havainnekuva erilaisista lasitusratkaisuista kohteen case-rakenteessa.

Havainnekuvan (kuvio 9) keskimmaisissä ikkunoissa ilmenee, miten ainoastaan alimman ruudun sisin lasi voidaan toteuttaa turvalasina, jolloin ylemmälle osalle riittää tavallinen float-lasi. Kun ruutukoko suurenee, metalliprofilin osuus vähe-
nee suhteutettuna koko rakenteeseen. Kohteen lasituksissa järkevien ruutukoko-
jen avulla voitaisiin vähentää metalliprofilia vähintäänkin kolmekymmentä jal-
kametriä. Profilimäärän vähentämisellä on suora alentava vaikutus

kokonaiskustannuksiin niin materiaalin kuin myös asennustyön osalta, sillä asennettavatkin kappaleet vähenevät profiilin vähentyessä, mikä nopeuttaa asennustyötä.

6 Pohdinta

Tutkimus keskittyi metallilasirakenteisiin, mutta merkittävimmäksi tutkimusosuudeksi muodostuivat lasin eri ominaisuudet ja hyödyntämistavat. Tutkimuksessa hyödynnettiin jo olemassa olevaa aineistoa, mitä oli melko rajallisesti tarjolla. Kun työ aloitettiin, tutkijalla ei ollut selkeää aineistoa missä olisi keskitytty selvästi rakenteiden optimoimiseen ja kustannuskriittisyyteen niin metallilasirakenteiden, ikkunoiden tai muiden lasitusten osalta. Aineiston puutteellisuus vaikeutti tutkimuksen tekemistä, mutta NCC:n hyvien toimittajasuhteiden avulla tutkijan tietoutta lasirakentamisen haasteisiin ja ongelmanratkaisuun saatiin selvästi parannettua kvalitatiivisten syvähaastattelujen tuloksena. Suoritettujen haastattelujen määrä oli laadullisesti riittävä kasaamaan tietoutta metallilasirakenteiden nykytilanteesta, haasteista ja optimoinnista, sillä haastatteluissa ilmenneet teemat vastasivat hyvin toisiaan eri toimittajien välillä. Yhteistyöyritykset osasivat myös perustella kantansa vakuuttavasti, joka perustui rakenneteoriaan sekä vuosikymmenten kokemukseen alalta.

Kun tutkimusaihetta ruvettiin kartoittamaan, sekä tutkija että toimeksiantaja pitivät hyödyllisenä muodostaa Excel-taulukko, minne voitaisiin kasata erityyppisten metallilasirakenteiden neliöhintoja. Taulukon avulla tarkoitus oli päästä vertailemaan metallilasitoimittajien hintoja tarjousvaiheessa, sekä ennustamaan mahdollisia kustannuksia materiaalitiedot syöttämällä. Taulukon kasaaminen muodostui tutkimuksen aikana kuitenkin varsin haasteelliseksi. Kaikki syvähaastatteluihin osallistuneet toimittajat olivat yksimielisiä siitä, että jokainen rakennushanke on uniikki, kuten myös niiden metallilasirakenteet. Kun asennustyö lasketaan metallilasirakenteiden tarjoukseen mukaan, on jokainen rakenne laskettava erikseen kohdekohtaisten määritysten mukaan. Tämä tarkoittaa

käytännössä sitä, ettei neliöhintoja pystytä etukäteen arvioimaan ennen kuin tiedetään tarkat kohde- ja materiaolimääritykset.

Tämän tutkimuksen merkittävämpänä tuloksena voidaan pitää case-rakenteiden avulla havaittuja kustannustekijöitä. Näiden kustannustekijöiden antaman tiedon avulla voidaan tulevaisuuden metallilasirakenteita tarkastella optimoinnin nimissä sekä kyseenalaistaa suunnittelijoiden ja toimittajien ehdottamia rakenteita mm. seuraavilla kysymyksillä; onko lasiruutu suhteutettu lasilevyn mittoihin, onko lasilevyn hukkaa mietitty, onko profiilirakenteen materiaalikustannus vertailtu ja voitaisiinko profiilien syvyyden kaventamisella saavuttaa kustannussäästöä.

Tutkimuksessa nousi esiin, että metallilasirakenteiden merkittävimpiä kustannustekijöinä ovat arkkitehtuuriset ominaisuudet ja vaatimukset lasirakenteelle. Erikoiskirkkaat lasit, syvät profiilit, erikoisvärit nostavat kaikki lasirakenteen neliöhintaa merkittävästi. Voidaan siis vetää johtopäätös: mitä yksinkertaisempi lasirakenne, sitä edullisempi on rakenteen neliöhinta. Suunnittelu- ja toteutusvaiheessa rakennusliikkeen kannattaa pyrkiä vaikuttamaan metallilasirakenteiden suunnitteluun mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja selvittää tärkeimmät kohteeseen haluttavat materiaaliominaisuudet. Tämän jälkeen rakennusliikkeen suunnittelunohjaus voi keskustella suunnittelijoiden kanssa, miten rakenteita pystytään optimoimaan vielä kustannustehokkaammaksi; kaikki tämä riittävän ajoissa rakentamisen näkökulmasta. Mikäli suunnitelmia ei saada vietyä loppuun riittävän ajoissa, kustannustehokkuus ja myös rakentamisen laatu voivat kärsiä. Rakennuttaja-suunnittelija-urakoitsija-aliurakoitsija-ketjun tulee toimia saumattomasti tämän välttämiseksi (Mölsä 2018, 4-5). Yksi suurimmista tulevaisuuden haasteista tulee olemaan, millä saadaan kehittyneet tuotteet kohtaamaan kustannustehokkuus sekä vaatimustenmukaisuus (United States of America Department of Energy 2015, 149-150).

Metallilasirakenteiden mahdollisissa jatkotutkimuksissa voidaan pureutua syvemmälle erilaisiin rakennetekniikoihin, kuten kaksoislasijulkisivuihin sekä profiilittomiin lasirakenteisiin. Jatkotutkimuksien avulla myös hintatietoutta

voidaan parantaa ja syventyä eri tekijöiden kustannusvaikutuksiin vielä laajemmalla tutkimusmenetelmällä. Tässä tutkimuksessa pyrittiin selvittämään vain profiilillisten lasirakenteiden optimointia ja suunnittelunohjausta, mutta lasista voidaan rakentaa myös profiilittomia julkisivurakenteita. Tulevaisuus näyttää, mitä kaikkea lasista voidaankaan rakentaa ja mihin kehitys lopulta johtaa.

Lähteet

A 1010/2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. 2017. 1-3. Suomen säädöskokoelma.

Asif, M., Davidson, A. & Muneer, T. 2001. Embodied energy analysis of aluminium-clad. 3-4. The Chartered Institution of Building Services Engineers.

F2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2001. Rakennuksen käyttöturvallisuus, määräykset ja ohjeet 2001, 10. Helsinki: Suomen rakentamismääräyskokoelma.

Hanhijärvi, H. & Kankainen, J. 2003. Kokemuksia suunnittelua sisältävistä urakoista. 20. Espoo: Helsingin teknillinen korkeakoulu.

Junnonen, J.-M. 2011. Rakennushankkeen laadunvarmistus. 445, 448. Rakennustieto

Lasisanasto. 2017. Selay Inc. sivusto. Viitattu 25.12.2017.
<http://www.selay.fi/lasisanasto>

Louw, H. J. 1987. The Rise of the Metal Window during the Early Industrial Period in Britain. 31-53. Construction History, Vol. 3.

Lämpö- eli eristyslasi ja selektiivilasi. 2017. Suomen lasitehtaan sivusto. Viitattu 25.12.2017. <https://www.lasitehdas.com/lampolasi>

Mölsä, S. 2018. Rakentajien laatuksely kertoo: "Kiireessä tehty työ ei ole priimaa". 4-5. Rakennuslehti nro 5/2018. Helsinki: Sanoma Tekniikkajulkaisut.

NCC Group AB. 2018. NCC Suomi Oy:n verkkosivut. Viitattu 5.5.2018.
<https://www.ncc.fi/>

Piironen, E. 2001. Kaksoislasijulkisivuarkkitehtuurista. Teräsrakennelehti 01/2001, 32. Helsinki: Teräsrakenneyhdistys.

Pilkington LASIFAKTA 2018. 2018. 6-7, 11, 44, 70-71, 75. Nippon Sheet Glass Co., Ltd.

RIL 198-2001 Valoaläpäisevät rakenteet. 2001. 7, 12, 20-21, 27. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y.

RT 38-10901 Rakennuslasit, tasolasit. 2007. 6, 12-15. Rakennustieto.

RT 07-10912 Päivänvalon hallinta sisätiloissa. 2008. 3-4. Rakennustieto.

RunkoRYL 2010 Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset, Talonrakennuksen runkotyöt. 2010. 200-202, 204. Rakennustieto Oy. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.

Lasiluoto. Viitattu 9. 2.2018. <http://www.lasiluoto.fi/Selektiivilasi>.

Siikanen, P. 2004. Asuntuotannon laadunvarmistus. 577-580. Rakennustieto.

Tenhunen, O. 2003. Metallilasirakenteisen kaksoisjulkisivun materiaalien soveltamiskriteerit. 14-15. Espoo: Helsinki University of Technology Laboratory of Steel Structures Publications 28.

CE-merkinnän pakollisuus. 2014. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes. Viitattu 9.2.2018.

<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Rakennustuotteet1/Rakennustuotteet/CE-merkinta/CE-merkinnan-pakollisuus/>

United States of America Department of Energy. 2015. Quadrennial technology review: An assesment of energy technologies and research opportunities. Chapter 5: Increasing Efficiency of Building, 149-150.

Vinha, J., Korpi, M., Kalamees, T., Jokisalo, J., Eskola, L., Palonen J. & Keto, M. 2009. Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous. 13-14. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos.

CE-merkintä. 2017. Ympäristöministeriön verkkosivut. Viitattu 9.2.2018.

<http://www.ymp.fi/fi->

[FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuotehyvaksynta/CEmerkinta#Rakennustuotteet](http://www.ymp.fi/fi-Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuotehyvaksynta/CEmerkinta#Rakennustuotteet), joille CE-merkintä vaaditaan