



Mika Lempiäinen

Viikossa vedenpitävä vesikatto kerrostalorakentamisessa

Työvaiheen prosessin tehostaminen hyödyntäen toimittajien ratkaisuja

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Tradenomi

Liiketalouden tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

Marraskuu 2022

Tiivistelmä

Tekijä(t):	Mika Lempiäinen
Otsikko:	Viikossa vedenpitävä vesikatto kerrostalorakentamisessa. Työvaiheen prosessin tehostaminen hyödyntäen toimittajien ratkaisuja
Sivumäärä:	29 sivua
Aika:	Marraskuu 2022
Tutkinto:	Tradenomi
Tutkinto-ohjelma:	Liiketalouden tutkinto-ohjelma
Suuntautumisvaihtoehto:	-
Ohjaaja(t):	Lehtori Marko Korkeakoski

Opinnäytetyössä tavoitteena oli tunnistaa markkinoilla jo olemassa olevia elementtiratkaisuja, joilla voidaan saavuttaa rakennushankkeelle ja sen vesikattovaiheelle nopeampi läpimenoaika ja lean-filosofian mukainen prosessi. Nopeamman läpimenoajan lisäksi tavoitteena oli luoda pohjaa toimintamallille, jota voidaan hyödyntää tulevaisissa rakennushankkeissa. Elementtiratkaisuja kilpailutettiin tunnistetuilta toimittajilta hyödyntäen mahdollisen pilottikohteen viitesuunnitelmia.

Työssä tunnistettiin usein toistuvat vesikattoratkaisut, hyödyntäen yrityksen vanhaa ja uutta hankekantaa. Tunnistetuista ratkaisuksista tutkittavaksi valittiin kattomuoto, jolla nähtiin olevan suoraviivaisin kehitysmahdollisuus.

Elementtitoimittajien tarjouksia vertailtiin taloudellisesti ja laadullisesti. Vertailun perusteella valikoituneen toimittajan ratkaisuehdotusta vertailtiin taloudellisesti rakennushankkeen laskentavaiheen budjettiin ja vaihtoehtoisilla toteutustavoilla tekemiseen.

Työn selvityksen ja vertailun perusteella valittiin toimittaja, jolla nähtiin olevan parhaat edellytykset jatkokehittää tuotetta ja toimintaa laajemmin käytettäväksi toimintamalliksi.

Avainsanat: vesikatto, elementti, läpimenoaika, lean

Abstract

Author(s):	Mika Lempiäinen
Title:	Waterproof roof within a week in apartment building construction. Streamlining the process by utilizing suppliers' solutions
Number of Pages:	29 pages
Date:	November 2022
Degree:	Bachelor of Business Administration
Degree Programme:	Economics and Business Administration
Specialisation option:	-
Instructor(s):	Marko Korkeakoski, Senior Lecturer

The goal of the thesis was to identify possible element solutions that already exist on the market, which can be used for a construction project and its roof building phase to achieve a faster lead time and a leaner process. In addition to faster lead time, the goal was to create a basis for an operating model that can be used in future construction projects. Offers for possible element solutions were requested from identified suppliers using the reference plans of a possible pilot site.

The thesis includes identifying frequently recurring roof solutions utilizing a company's old and new project base. From the identified solutions, a roof type was chosen for closer examination. The choice was made by evaluating its development potential.

The offers of the element suppliers were compared in regard to the price and quality of the products. Based on the comparison, the cost of the selected supplier's proposed solution was compared with the budget reserved for the construction project as well as with alternative building solutions.

Based on the analysis and comparison of the work, a supplier who was seen to be most capable to further develop the product and the process into a more widely usable operating model was selected.

Keywords: roof, lean, element

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Opinnäytetyön aihe	2
1.2	Fira Rakennus Oy	3
2	Lean	3
2.1	Lean rakentamisessa	6
2.2	Toimeksiantajayrityksen strategia	8
3	Kattotyyppien ja toimittajien kartoitus	9
3.1	Lähtötilanteen kartoitus	9
3.1.1	Sisäkaaton katto	10
3.1.2	Puurakenteinen harja- tai pulpettikatto	11
3.2	Tarkasteltavan vesikattotyyppien rajaaminen	12
3.2.1	Paikalla rakennettu vesikatto	13
3.2.2	Työmaaolosuhteissa esivalmistaminen	14
3.2.3	Vesikattoelementtijärjestelmä	16
3.2.4	Toteutustavan rajaaminen	17
3.3	Toimittajien tunnistaminen ja pilottikohteen tarjouspyyntö	18
4	Ratkaisuehdotukset	19
4.1	Vertailu	19
4.1.1	Esivalmistusaste	20
4.1.2	Asennusnopeus	20
4.1.3	Urakkarajat	21
4.1.4	Palvelu	21
4.1.5	Kustannus	22
4.1.6	Toimittajien pisteytyksen yhteenveto	23
4.2	Kustannusvertailu	23
4.2.1	Kustannusvertailu toteutustavoittain	24
4.2.2	Kustannusvertailun analysointi	25
5	Yhteenveto	26
5.1	Opinnäytetyö prosessi ja oman oppimisen arviointi	27
5.2	Jatkotutkimusehdotukset	27

1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia ja tunnistaa jo olemassa olevia keinoja lyhentää ja tehostaa rakennushankkeen vesikattovaihetta hankintatoimen työnkuvasta käsin hyödyntämällä esivalmisteratkaisuja. Kehittämishankkeena toimiva opinnäytetyö tehdään Fira Rakennus Oy:lle

Opinnäytetyö koostuu johdannosta, opinnäytetyötä ohjaavasta teoreettisesta viitekehystä, selvitystyöstä, ratkaisuehdotuksien kilpailutuksesta sekä johtopäätöksistä. Lisäksi opinnäytetyössä tehdään taloudellista vertailua tunnistettujen ratkaisuiden ja laskentavaiheen budjetin välillä.

Johdannossa määritetään opinnäytetyön tarpeet ja tavoitteet. Tarpeet ja tavoitteet ovat yhteydessä toimeksiantajayrityksen muuhun kehitystyöhön ja strategiaan tavoitteisiin.

Viitekehyksessä käydään läpi opinnäytetyötä ja sen tavoiteasetantaa ohjannutta Lean-filosofiaa. Lean-filosofiaa käsitellään yleisellä tasolla sekä kohdennetusti rakennusosalalle sovellettuna.

Opinnäytetyötä varten tehtävässä selvityksessä tunnistetaan yrityksen rakennushankkeissa yleisimmin käytetyt kattotyypit, hyödyntäen tietoja uudesta ja vanhasta hankekannasta. Selvityksen perusteella tunnistetuista kattotyypeistä rajataan tutkittava kattotyyppi. Tutkittavan kattotyypin osalta tunnistetaan vaihtoehtoiset toteutustavat, jotka luovat vertailupohjaa esivalmisteratkaisulle. Selvitysosuudessa viimeisenä tunnistetaan potentiaaliset toimittajat, jotka ovat kykeneviä tarjoamaan esivalmisteratkaisuja.

Ratkaisuehdotuksien kilpailutus alkaa tarjouspyyntöjen lähettämiselle valikoiduille toimittajille. Tarjouspyyntöihin saatujen tarjouksien sisältö varmistetaan toimittajilta, jonka jälkeen tarjoukset vertaillaan keskenään ja pisteytetään kehityshankkeen tavoitteiden mukaisin perustein. Pisteytyksen perusteella valikoitua

toimittajaa ja ratkaisuehdotusta hyödynnetään tehtäessä taloudellista vertailua laskentavaiheen budjettiin ja vaihtoehtoihin toteutustapoihin.

Johtopäätöksissä valittua toimittajaa ja ratkaisuehdotusta arvioidaan suhteessa kehityshankkeelle asetettuihin tavoitteisiin.

1.1 Opinnäytetyön aihe

Osana laajempaa rakennushankkeen läpimenoajan lyhentämisen kehityshanketta on tunnistettu tarve löytää mahdolliset keinot vesikattotyövaiheen nopeampaan läpimenoaikaan. Vesikattotyövaiheen osalta työvaiheen haluttua ratkaisua lähdettiin tutkimaan ajatuksella: kuinka saavutetaan vedenpitävä vesikatto viikossa. Kehityshanke on osa toimeksiantajayrityksen strategisia tavoitteita.

Opinnäytetyössä käsiteltävällä kehityshankkeella pyritään vastaamaan kolmeen tunnistettuun tarpeeseen: koko hankkeen läpimenoajan lyhentämiseen, työvaiheiden osien ja rajapintojen vähentäminen esivalmisteitä hyödyntämällä sekä vähentämään arvoa tuottamattoman toiminnan ja ajan osuutta opinnäytetyössä käsiteltävän työvaiheen jälkeisistä työvaiheista. Tarpeiden lisäksi selvitystyön tuloksien kelpoisuutta arvioidaan myös taloudellisesta näkökulmasta.

Opinnäytetyötä ohjaavat tutkimuskysymykset määrittyvät edellä mainittujen tarpeiden kautta:

- Miten saadaan lyhennettyä määritetyn työvaiheen läpimenoaikaa?
- Miten saadaan hyödynnettyä esivalmisteita poistaessa hukkaa prosessista?

Opinnäytetyössä tutkitaan ja tunnistetaan erilaisia toteutustapoja ja ratkaisuvaihtoehtoja, jotka olisivat monistettavissa yleisesti käyttöön otettavaksi toimintamalliksi. Opinnäytetyön pidemmän aikavälin tavoitteena on luoda edellytyksiä uuden toimintamallin luomiselle ja kyseisen mallin käyttöönotolle tulevaisuudessa ly-

hyen läpimenoajan hankkeissa. Lyhyen aikavälin tavoitteena on saavuttaa tehokkuutta pilottikohteen ja sitä seuraavien kohteiden vesikattojen valmistusai-
kaa lyhentämällä.

1.2 Fira Rakennus Oy

Fira Rakennus Oy on pääkaupunkiseudulla toimiva rakennusalan yritys. Yritys on perustettu vuonna 2002 ja työllistää tällä hetkellä noin 250 työntekijää. Yrityksen liikevaihto vuonna 2021 oli 225 miljoona euroa (Fira Oy 2022, 3).

Yrityksen liiketoiminta on jakautunut neljään palvelualueeseen: asuntorakentamiseen, toimitilarakentamiseen, putkiremontteihin ja modernisointiin (Fira Oy 2022, 3).

Yritystä perustettaessa päätoimialana oli betonirakentaminen ja alkuvuosien menestys perustui vahvasti vankkaan ammattitaitoon betonirakentamisessa. Vuosien aikana yritys on tehnyt strategista siirtymää erilaiseen toimintamalliin ja nykyään yritys kuvaa itseään rakentamisen palveluyhtiöksi, joka tarjoaa laadukkaita hankeratkaisuja asiakkailleen (Herrala 2022.)

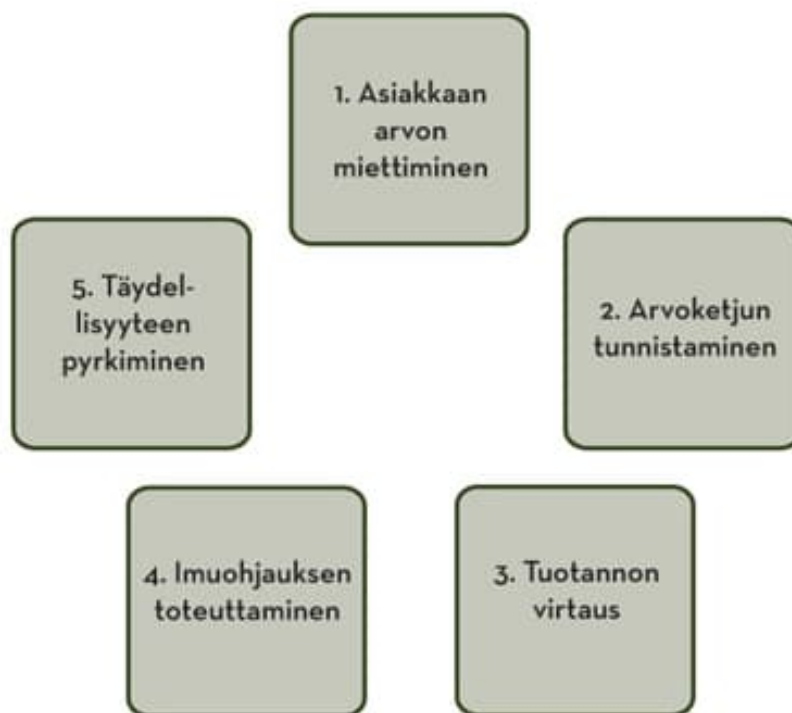
Yrityksen strategiassa asiakas ja asiakkaan palvelukokemus on nostettu keskiöön ja yrityksen toiminta keskittyy asiakkaalle arvon luomiseen. Kaikki rakennushankkeet pyritään rakentamaan ja kehittämään asiakkaan tarpeet huomioiden ja maksimoiden asiakkaan saama arvo (Fira Oy 2022, 7).

2 Lean

Lean on menetelmä, johon on kerätty yhteen prosessien kehittämiseen ja laatuun liittyviä ajatuksia. Se perustuu prosessien hukan ja turhien toimintojen vähentämisellä saavutettavaan asiakasarvon kasvattamiseen. (Vuorinen 2013, 72.) Lean ei itsesään ole selkeä ja yksiselitteinen käsite, vaan konsepti, joka kehittyy jatkuvasti ja pyrkii tunnistamaan hukan omassa toiminnassaan. Mainittu hukka voi olla joko ajallista, rahallista tai resurssillista hukkaa, prosessin luon-

teesta tai vaiheesta riippuen. Tapa, jolla Lean-filosofiaa pitää lähestyä, on tunnistettava organisaatio- ja toimialakohtaisesti. Yhtä kaikkeen toimivaa toimintamallia ei ole, mutta työkalut, joita Lean-ajattelun ympärille on rakennettu, ovat useimmiten jollain tapaa sovellettavissa (Vuorinen 2013, 75).

Lean on ennen kaikkea tapa ajatella asioita asiakkaan arvon kautta ja pyrkiä yhdistämään tämä arvo omaan tuotantoon ja prosesseihin. Leanin pääperiaatteet ovatkin pitkälti rakentuneet asiakkaan tarpeiden varaan (Vuorinen 2013, 72.)



Kuvio 1. Leanin pääperiaatteet (Vuorinen 2013, 72).

Yleisesti sovellettavat Leanin pääperiaatteet voidaan jakaa Kuvio 1 mukaan viiteen eri vaiheeseen: asiakkaan arvon miettimiseen, arvoketjun tunnistamiseen, tuotannon virtaukseen, imuohjauksen toteutumiseen ja täydellisyyteen pyrkimiseen (Vuorinen 2013, 72). Lean-filosofiaa tarkastellessa, on hyvä tiedostaa, että Lean ei ole prosessi, joka valmistuu, kun esitetyt kohdat on käyty kertaalleen läpi. Mikään prosessi ei ole täydellinen, ja täydellisyyteen pyrkiminen tekeekin prosessista jatkuvan kehän.

Palvelun arvon pohtiminen ja tunnistaminen asiakkaan näkökulmasta (Vuorinen 2013, 73). Viimekädessä asiakkaan tarpeet ja halut luovat tuotteelle arvon. Organisaation on tunnistettava, mitä asiakas haluaa ja mistä ollaan valmiita maksamaan. Asiakkaan mielipiteen tulisi olla palvelun tai tuotteen kehitystyötä ohjaava tekijä.

Yrityksen arvoketjun tunnistaminen ja kuvaaminen on olennaista, jotta voidaan määritellä asiakkaalle arvoa luovat toiminnot. Asiat mitkä eivät tuota arvoa asiakkaalle, eivät tuota myöskään arvoa yritykselle ja niistä on pyrittävä hankkiutumaan eroon. (Vuorinen 2013, 73.) Asiakas määrittää tuotteen tai palvelun arvon, joten on luonnollista, että jos tuotteen tai palvelun muodostamiseen liittyy asioita, jotka eivät kasvata arvoa asiakkaan silmissä, ne pitää pystyä tunnistamaan ja poistamaan. Lisäarvoa tuottamaton toiminta esiintyy kuitenkin tavalla tai toisella kuluna prosessissa ja sen säilyttämiselle ei ole perusteita. Lean-ajattelussa onkin tärkeää pyrkiä muutokseen, eikä tyytyä tapaan, jolla on aina ennenkin toimittu.

Tuotannon toteutuksessa materiaalivirran on oltava jatkuva, selkeä ja lyhyt. Ylimääräiset arvoa tuottamattomat toiminnot tulee karsia pois sekä prosessin toteuttamiseen vaadittavien osien kunnossapidosta ja toimitusvarmuudesta on pidettävä huolta. (Vuorinen 2013, 73.) Materiaalien ja resurssien hallinnan pitää olla selkeää ja toimivaa. Tavarankierron siirtely välivarastosta välivarastoon ei lähtökohtaisesti ole tehokasta, vaan pyrkimyksenä pitäisi olla lyhyemmän virtauksen muodostaminen. Optimistilanteessa tämä tarkoittaisi suoraa ja täsmällisiä toimituksia prosessin materiaalien osalta, mutta epävarmuuksien ja riskien hallinnan näkökulmasta etupainotteinen varastointi on tarpeellista ennen kuin toimitusketjun toimivuus saadaan varmistettua ja hiottua. Kunnossapidosta ja toimitusvarmuudesta huolehtiminen on prosessin luonteesta riippuen joko koneiden huoltoa tai ihmisten hyvinvoinnin ylläpitoa. Mikäli prosessin avaintekijä on henkilötyö ja tätä kautta työntekijä, on tämän toimintakyvyn ylläpitäminen yhtä tärkeää kokonaisuuden toimivuuden kannalta (Vuorinen 2013, 77).

Asiakasarvoa parhaiten tuottavan arvoketjun tunnistamisen ja siitä hukan poistamisen jälkeen, voi organisaatio toteuttaa tuotannon imuohjausta. Imuohjauksella tarkoitetaan tuotteiden, palveluiden ja komponenttien toteuttamista vasta tilauksien perusteella. Asiakkaasta lähtevä ostosignaalin pitäisi ulottua koko ketjun vaiheiden läpi ja aina toimittajayrityksille saakka. (Vuorinen 2013, 73.)

Leanissa organisaatiossa ei valmisteta tavaraa varastoitavaksi vain varastoinnin vuoksi, vaan asiakkaan tarve määrittää prosessin toiminnan. Tavoitteena on muodostaa prosessi, joka käynnistyy asiakkaan tilauksesta sekä välittää tarvittavan tiedon omille toimittajilleen, varmistaen prosessissa tarvittavien materiaalien ja resurssien saatavuuden tehokkaasti. Asiakkaan tilauksesta lähtevä ”imu” ohjaa prosessin toimintaa.

Prosessien ja toimintatapojen kehittämisen tulisi olla jatkuvaa. Henkilökunta pitää saada osallistettua ja sitoutettua kehitystyöhön (Vuorinen 2013, 73.) Kehittämisen jatkuvuus on olennaista Lean-filosofiassa. Vain jatkuvalla kehittämisellä ja tähän sitoutuneella henkilöstöllä voi yritys saavuttaa kilpailuetua kilpailijoihinsa nähden. Prosessi toistaa itseään ja on myös tärkeää mitata ja vertailla jo tehtyjä muutoksia, onko niillä saatu toivotunlaisia muutoksia aikaan. Mikäli muutos ei vastaa sitä mitä haettiin, on selvitettävä sen juurisyyt.

2.1 Lean rakentamisessa

Lauri Koskelan pohdinnan mukaan lean-rakentamista voi kuvata ”tavaksi suunnitella tuotantosysteemi sellaiseksi, että materiaalin, ajan ja työn hukka minimoidaan sekä luodaan sitä kautta maksimimäärä arvoa asiakkaalle”. Koskela myös tarkensi lean-toimintaa seuraavasti (Salminen 2021, 31.)

- arvoa tuottamattomien toimintojen vähentäminen
- arvon tuottoa lisätään määrittämällä systemaattisesti asiakkaan vaatimukset
- lyhennä läpimenoaikaa
- prosessin yksinkertaistus vaiheita, osia ja rajapintojen määrää vähentämällä
- joustavuuden lisäys

- läpinäkyvyyden lisäys
- koko prosessin ohjaamiseen keskittyminen
- jatkuvan parantamisen mallin lisääminen prosessin sisään
- virtauksen ja muunnoksien tasapainotus
- vertaus ja mittaus (Salminen 2021, 31.)

Tiiviin ydinajatuksen lean-periaatteista rakentamisessa voi tiivistää esimerkiksi neljään kohtaan: keskittyminen arvon luontiin, arvovirran muodostaminen kohti asiakasta, ihmisten kehittäminen ja jatkuva parantaminen (Salminen 2021, 20.)

Kaikki prosessin osat, jotka eivät tuota lisäarvoa ovat hukkaa (Salminen 2021, 20). Rakennushankkeen tuotantovaiheessa suurin hukka syntyy siitä ajasta, kun yksittäisen asunnon valmistumisen eteen ei tapahdu hankkeessa hetkellisesti mitään. Tätä hukka-aikaa onkin rakennusorganisaation näkökulmasta tarkasteltava huolella, ja pohdittava mahdollisia keinoja vaikuttaa siihen. Tähän yhdeksi ratkaisuksi onkin kehitetty tahtiaikatuotantoa, jolloin rakennettava hanke jaetaan aikataulullista tarkastelua varten jopa yhden asunnon kokoisiin tahtialueisiin. Pieniksi osakokonaisuuksiksi jakamisella pyritään tarkempaan aikataulutukseen sekä minimoimaan arvoa tuottamaton aika. Onnistuneella tahtiaikataulutuksella rakennushankkeen osakokonaisuuksiksi jaetut työvaiheet etenevät järjestelmällisesti rakennushankkeen läpi synnyttäen valmista asuinpinta-alaa, joka täyttää vaatimukset niin aikataulullisesti kuin laadullisesti (Salminen 2021, 152).

Arvovirran muodostaminen asiakasta kohti imuohjatulla, tasaisella ja korkealaatuisella virtautetulla prosessilla (Salminen 2021, 20). Hukka-aikaa vähentämällä ja omaa arvontuottoa tarkastelemalla myös arvovirta asiakasta kohden paranee. Varmistamalla työvaiheisiin riittävät ajat, ja valvomalla työn etenemistä, pystytään varmistamaan tasainen, korkealaatuinen ja työturvallinen prosessi, jonka tarkoitus on tuottaa asiakkaalle lisäarvoa. Pitkässä juoksussa tämä muuttuu kilpailueduksi jo valmiiksi kilpaillussa markkinassa.

Panostukset ihmisten kehittämiseen motivoimalla ja ulottamalla ihmisjohtaminen omien työntekijöiden lisäksi toimittajakumppaneihin asti (Salminen 2021,

20). Ihmisjohtaminen projektikohtaisessa työympäristössä, kuten rakennustyömaalla, on haastavaa. Työnjohtajat ja aliurakoitsijat vaihtelevat projektikohtaisesti, jonka seurauksena halu panostaa johtamiseen ja kehittää yhteistoimintaa saattaa olla vähäinen. Rakennusalailla toimivat yritykset ovat usein pieniä tai keskisuuria yrityksiä, jotka ovat erikoistuneet tiettyyn työvaiheeseen tai kokonaisuuteen. Em. panostuksien ulosmittaamista tulevaisuudessa helpottaa, jos rakennusorganisaatio pyrkii synnyttämään kumppanuussuhteita ja jatkumoa aliurakoitsijoiden kanssa. Tämä madaltaa kynnystä panostaa ulkoisten resurssien johtamiseen, koska panostuksen voidaan olettaa tuottavan rakennusorganisaatiolle lisäarvoa tulevilla rakennushankkeilla (Salminen 2021, 124).

Oman toiminnan arvioinnilla, kehittämisellä ja tunnistettujen ongelmien systemaattisella ratkaisulla luodaan jatkuvan parantamisen kulttuuri (Salminen 2021, 20). Rakennusala mielletään toistuvaksi projektikohtaiseksi toiminnaksi, jossa projektikohtaiset ongelmat ratkaistaan projektiorganisaation sisällä. Jotta vältetään turhalta samojen ongelmien kohtaamiselta ja ratkaisemiselta, pitää projekteilta pystyä keräämään jatkuvasti dataa. Kerätty data pitää jalostaa käyttökelpoiseksi ja sitä pitää pystyä hyödyntämään tulevilla projekteilla jo suunnitteluvaiheesta alkaen. Kynnys antaa palautetta ja jakaa tietoa pienenee, kun annettu palaute huomataan vastaanotetuksi, ja että sen perusteella on pyritty tekemään korjaavia toimenpiteitä.

2.2 Toimeksiantajayrityksen strategia

Fira Oy:llä on vuosikatsauksessa esitetty 5 kulmakiveä strategialle: ylivoimainen palvelukokemus, soljuva läpivirtaus, hiilineutraali huominen, ihmiset ensin ja tuottava ja pääomakevyt kasvu (Fira Oy, 7). Kehityshankkeen näkökulmasta palvelukokemus ja läpivirtaus ovat kohtia, joiden tarpeeseen kehitystyöllä koetaan vastata. Henkilöstön hyvinvointi ja turvallisuus on osana kehityshanketta, koska kehitystyötä tehdään ja arvioidaan osittain työmaahenkilöstön työn helpottamisen ja arjen keventämisen kannalta. Tavoitteena saada aikaan kehitystä, joka helpottaa arkea työmaalla.

Strategian mukaista toimintaa edistetään yrityksessä mm. asuntokirjaston pohjalta. Asuntokirjasto sisältää valmiita suunnittelukokonaisuuksia ja vakioituja ratkaisuja, asunnon huoneistopohjan sijoittelusta aina valmiisiin rakennedetaljeihin. Asuntokirjaston tarkoituksena on systemaattisesti parantaa organisaation toimintaa kerätyn palautteen pohjalta. Asuntokirjaston kehityksessä pyritään tunnistamaan mahdolliset ongelmat nopeasti ja tekemään toimenpiteet niiden välttämiseksi tulevaisuudessa. Asuntokirjaston kehittämisessä tärkeää on työmailta saatava palaute (Fira Oy, 8.)

3 Kattotyyppien ja toimittajien kartoitus

Kehityshankkeen selvitystyö aloitettiin keräämällä tietoa lähtötilanteen kartoittamiseksi. Tietoa kerättiin toimeksiantajayrityksen jo toteutetuista tai käynnissä olevista hankkeista tutkimalla näiden hankkeiden vesikattotyyppejä, toteutustapoja ja taloudellista onnistumista.

Tietojen keräämisellä pyrittiin varmistamaan, että selvityksessä pystytään erottamaan projektikohtaisesti toistuvia ratkaisuja. Toistuviin prosesseihin huomion kiinnittäminen mahdollistaa kehitystyön kannalta paremmin seurattavan prosessin kehityksen.

3.1 Lähtötilanteen kartoitus

Opinnäytetyön lähtötilanteen kartoituksessa havaittiin, että kattotyypeissä on paljon erilaisia ratkaisuja ja variaatioita. Eroja löytyi mm. sadeveden hallinnasta, pinnoitemateriaalista ja katon muodosta.

Opinnäytetyön lähtötilanteen kartoituksessa oli todettavissa, että käsitteenä koko vesikatto oli liian laaja tutkittavaksi. Tutkittavaa vesikattotyyppiä lähdettiin rajaamaan tutustumalla toimeksiantajayrityksen jo toteutettuihin projekteihin, sekä projekteihin, jotka olivat hankekehitys- ja laskentaosastolla työstössä.

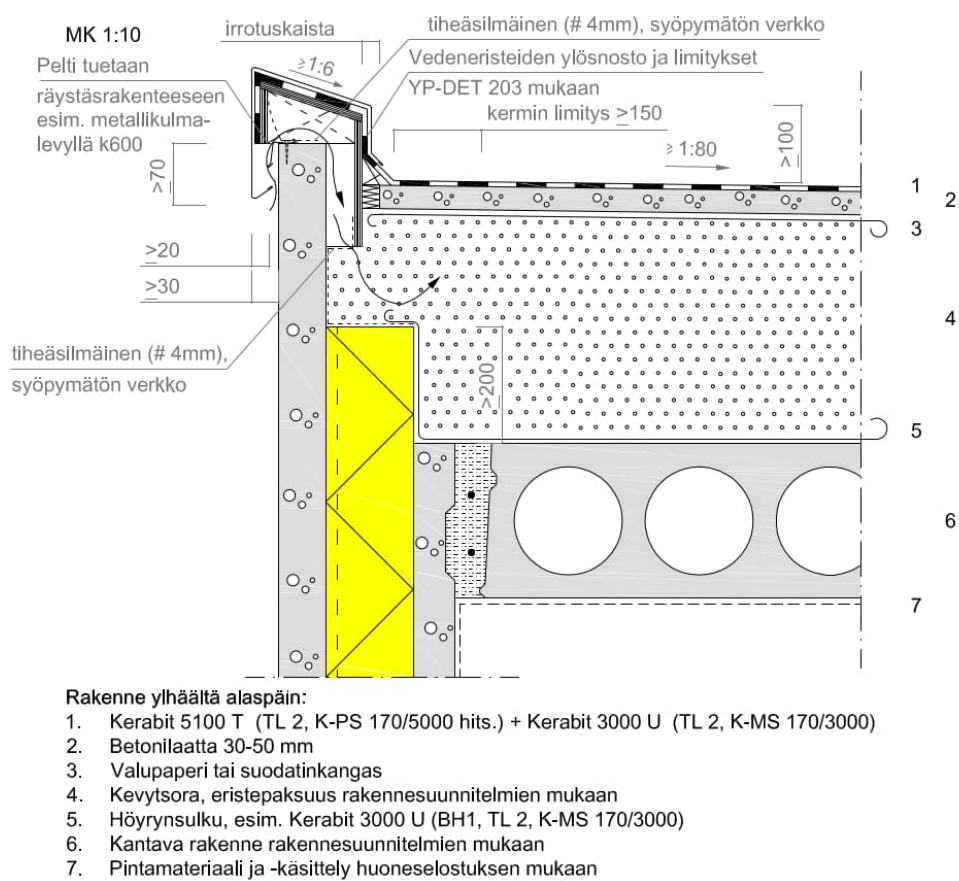
Projektikohtaisesti yleisimmät kattotyypit strategianmukaisessa rakentamisessa olivat puurakenteiset harja- tai pulpettikatot kumibitumikermi- tai peltipinnoitteella sekä kevytsoraeristeiset sisäkaatoiset kumibitumikermikatot.

3.1.1 Sisäkaatoisen katto

Selvityksen perusteella sisäkaatoisen katon käyttöön suurin vaikuttavin tekijä on rakennettavien alueiden kaavamääräykset. Joidenkin rakennettavien alueiden räystääskorkeudella on määritetty yläraja, jolloin harja- tai pulpettikattoisen katto-tyypin käyttö ei ole mahdollista.

Sisäkaatoisessa kevytsoraeristeisessä kermikatossa rakenteen paksuus on huomattavasti tiiviimpi kuin harja- tai pulpettikattoisessa katossa. Tätä katto-tyyppiä käytettäessä pitää kaikkien vesikaton kevytsoratilaan jäävien viemäri- ja ilmastointiputkien olla asennettuna, kannakoituna ja eristettynä ennen kevytsoran levitystä. Tämä asettaa eri urakoitsijoiden töiden yhteensovittamiselle lisää haasteita, erityisesti läpimenoajan lyhentämisen kannalta.

Kuvassa 1 näkyy tyypillinen kevytsoraeristeinen vesikattorakenne. Kuvassa on myös esitetty rakenteen osat ylhäältä alaspäin numeroituna.



Kuva 1. Kevytsoraeristeinen vesikattorakenne, YP950 (Kerabit, 2022).

3.1.2 Puurakenteinen harja- tai pulpettikatto

Puurakenteista pulpetti tai harjakattoa pyritään hyödyntämään toimeksiantajayrityksen hankkeissa, mikäli kaavoitusmääräykset eivät luo sille estettä. Strategianmukaisessa rakentamisessa rakennuksen IV-konehuone sijoitetaan harjakaton sisään.

Tyypillisesti kattoihin hankitaan kattopukit tai -tuolit näitä valmistavalta toimittajalta. Kattopukit tai -tuolit ovat naulalevytekniikalla vesikaton mittoihin ja muotoihin esivalmistettuja pystyrakenteita. Esivalmisteet asennetaan työmaaolosuhteissa nosturin avulla paikalleen.

Puurakenteisessa vesikatossa työvaiheistus on selkeä. Vesikaton puutöitä tekevä urakoitsija pystyy suorittamaan oman työvaiheensa valmiiksi, ilman keskeytyksiä tai hankalia yhteensovituksia.

Yläpohjassa kulkevat talotekniikkaosat nostetaan vesikaton puutyövaiheessa yläpohjaan ja talotekniikkaurakoitsija voi suorittaa oman urakkasisällön mukaiset työnsä vesikaton valmistuttua.

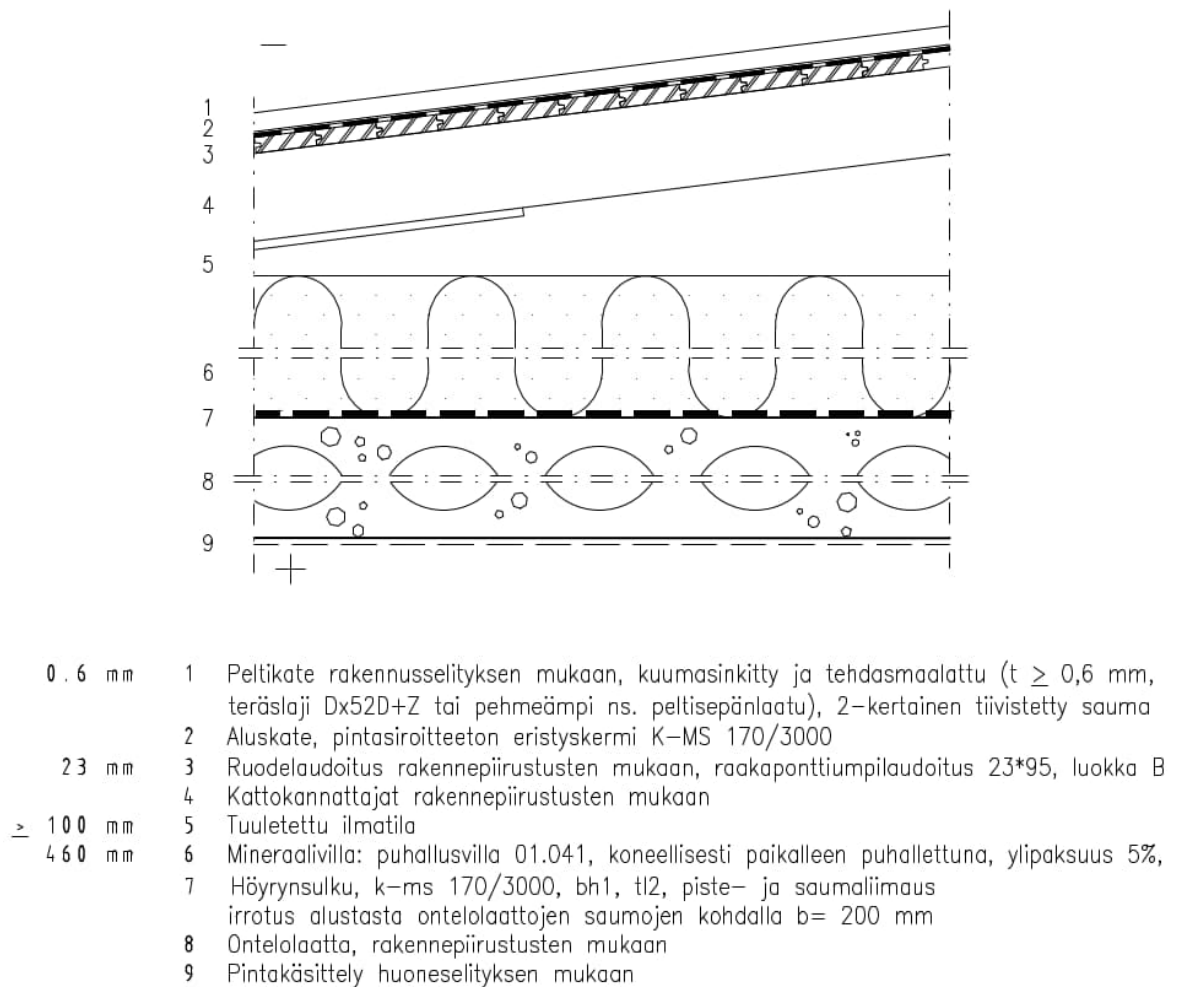
3.2 Tarkasteltavan vesikattotyypin rajaus

Tunnistetuista toteutustavoista kehityshankkeessa päätettiin keskittyä puuvalmistaiseen harjakattoiseen yläpohjarakenteeseen. Valintaan päädyttiin, koska kyseiselle kattotyypille oli lähtötilanteen selvityksen yhteydessä tunnistettu kaksi vaihtoehtoista toteutustapaa: lohkoittain esivalmistaminen työmaaolosuhteissa tai valmiina vesikattoelementteinä hankkiminen.

Lohkoittain esivalmistaminen työmaaolosuhteissa vaatii työmaalta suuren alueen työskentelyä varten, ja on näin ollen vain osalla projekteista mahdollista tonttien koon vaihtelun myötä.

Tarkastelua varten vesikattotyövaiheen lähtötilanne rajattiin saumavalettuun yläpohjaonteloholviin ja päättymistilanne vedenpitävään aluskaterakenteeseen. Päättymistilanteen osalta rajaus päätettiin määrittää vedenpitävään aluskaterakenteeseen, koska siinä vaiheessa vesikaton voidaan katsoa kosteudenhallintamielessä olevan vedenpitävä ja sisätyövaiheet on mahdollista aloittaa ilman pelkoa rakenteiden kastumisesta.

Rakennetyyppikuvan avulla esitettynä aloitustilanteessa ontelolaatta (Kuva 2 kohta 8.) on asennettu ja juotosvalettu suunnitelmien mukaisesti. Lopetustilanteessa aluskate (Kuva 2 kohta 2) on asennettuna ja kiinnitettynä suunnitelmien mukaisesti. Kuvasta 2 poiketen tarkastelussa ei huomioitu puhallusvillaa (Kuva 2 kohta 6.)



Kuva 2. Puurakenteinen yläpohjarakenne, YP1567 (Helsingin kaupunki, 2019).

3.2.1 Paikalla rakennettu vesikatto

Paikalla rakennettaessa vesikaton puutöihin kilpailutetaan puutöihin erikoistunut aliurakoitsija normaalin hankintaprosessin mukaisesti. Tyypillisen urakkasisällön ja -rajojen mukaan höyrynsulkukermin ja aluskatteen asennus joudutaan hankkimaan erillishankintana näihin erikoistuneilta yrityksiltä. Kaaviossa 2 on esitetty punaisella pohjalla tuotantoprosessin ne osat, jotka joudutaan hankkimaan erikseen.

Alla olevassa kaaviossa on kuvattu paikalla rakennettavan vesikaton tuotantoprosessia työvaiheineen karkealla tasolla. Prosessissa arvioitu kesto on 14–15

työvuoroa. Prosessia ja sen kestoa tarkastellaan noin 500m² vesikaton pohjalta. Prosessikaavion muodostamiseen on käytetty apuna Ratu-kortteja 0423 ja 0436.



Kuvio 2. Paikalla rakennetun vesikaton prosessikuvaus

Selvitystyössä ilmeni myös olevan vakiintunut tapa, että puutöihin palkattu urakoitsija suorittaa vesikaton osalta vain työosuuden ja tilaaja hankkii vesikattoa varten tarvittavat materiaalit ja nostokaluston. Kaaviossa 2 hankintavastuu oman työn suorittamiseen tarvittaville materiaaleille on vain oranssilla esitettyjen työvaiheiden tekijöillä.

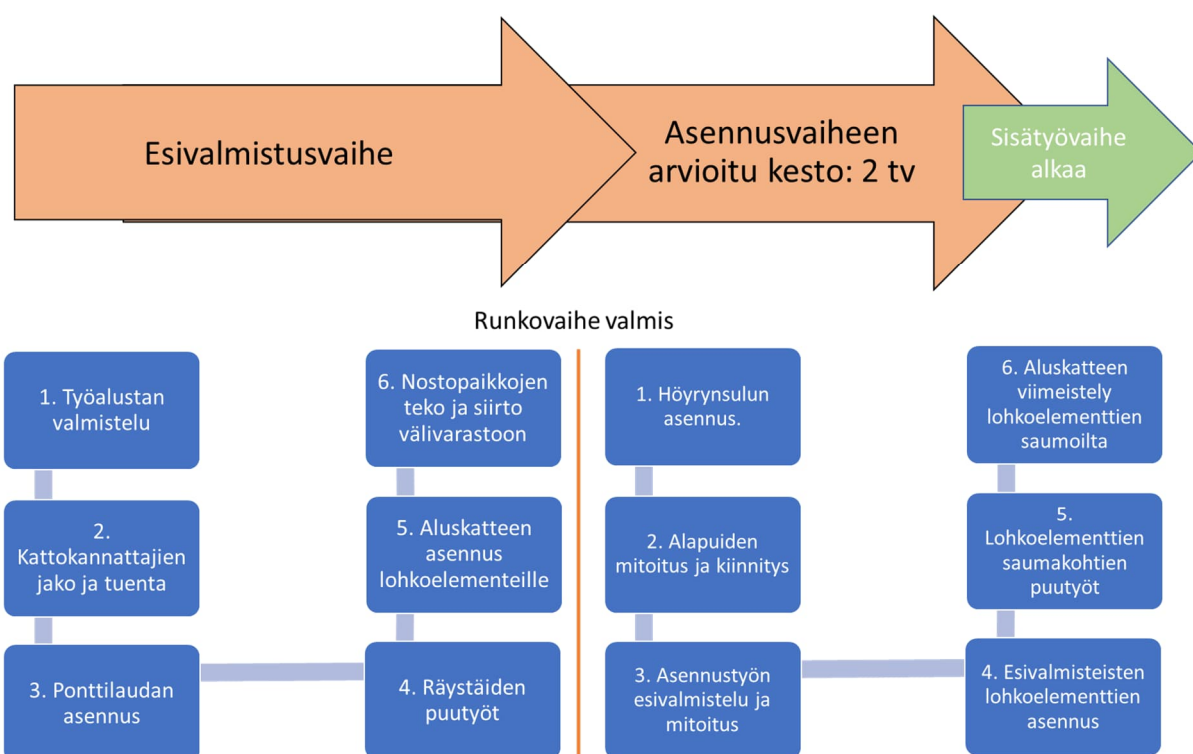
3.2.2 Työmaaolosuhteissa esivalmistaminen

Työmaaolosuhteissa esivalmistettavien lohkoelementtien tuotantovaiheen prosessin kulku on esitetty kaaviossa 3. Prosessia ja sen kestoa tarkastellaan noin 500m² vesikaton pohjalta. Esivalmistusvaiheelle ei ole määritettyä tarkempaa

ajallista kestoja. Asennusvaiheen kestoksi arvioitu 2 työvuorokautta. Prosessikaavion muodostamiseen on käytetty apuna Ratu-kortteja 0423 ja 0436.

Työmaaolosuhteissa esivalmistettavan puurakenteisen katon prosessi vastaa paljolti paikalla tehtyä, koska työn sisältö on täysin vastaava. Työmaaolosuhteissa esivalmistettavien lohkoelementtien osalta työvaiheen työt toteutetaan tätä varten varatulla tasaisella työalustalla rakennuksen vesikaton sijaan. Työvaiheiden aikataulutus vaihtelee sen perusteella, onko työvaihe mahdollista toteuttaa esivalmistuksen yhteydessä, vai vasta asennusvaiheessa.

Paikalla rakennettaessa rakennuksen rungon pitää olla valmis vesikattotöiden aloittamista varten ja näin ollen runkovaiheen aikataulu määrittää mahdollisen aloitusajan. Työmaaolosuhteissa esivalmistamalla vesikattotyövaihe on mahdollista aloittaa heti kun rakennettavan hankkeen tontilla on tasainen työalusta ja säilytystilaa lohkojen säilyttämistä varten.

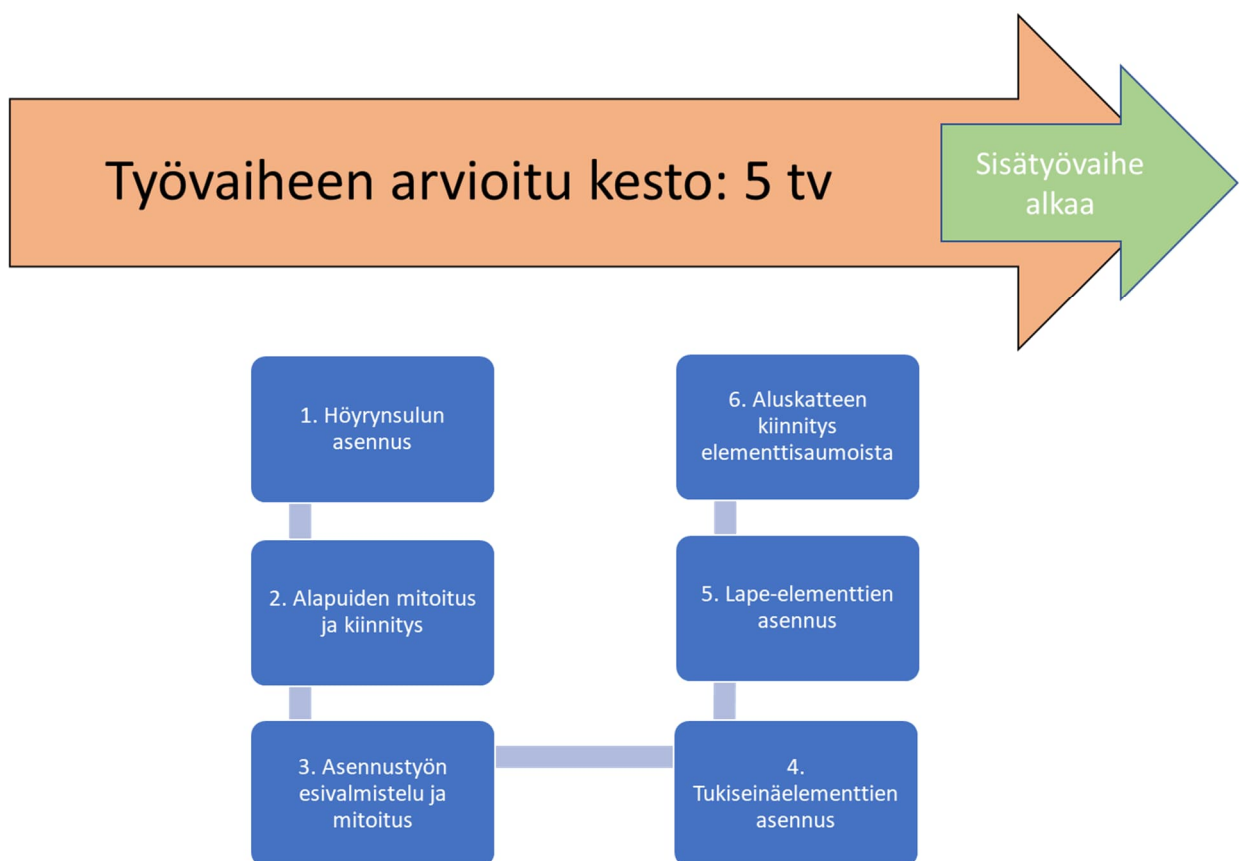


Kuvio 3. Esivalmistetun vesikaton prosessikuvaus

3.2.3 Vesikattoelementtijärjestelmä

Vesikattoelementtijärjestelmän työmaaolosuhteissa tapahtuvan tuotantovaiheen prosessin kulku on esitetty kaaviossa 4. Prosessia ja sen kestoa tarkastellaan noin 500m² vesikaton pohjalta. Koko prosessin kestoksi on arvioitu 5 työvuoraa. Prosessikaavion muodostamiseen on käytetty apuna Ratu-kortteja 0423, 0436 ja toimittajien kanssa käytyjä keskusteluja.

Vesikattoelementtijärjestelmän toimittaja toimittaa työmaalle järjestelmän mukaiset seinä- ja lape-elementit ja vastaa näiden turvallisesta ja oikeaoppisesta asentamisesta.



Kuvio 4. Vesikattoelementtijärjestelmän prosessikuvaus

Kaaviosta 4 voidaan todeta, että tilaajalle jäävät hankinta ja materiaalivastuut ovat vähäisemmät kuin paikalla rakennettavassa vesikatossa. Optimitilanteessa vesikattoelementtijärjestelmän toimittaja toteuttaa myös höyrynsulun asennuksen ja aluskatteen viimeistelyn omaan työsuoritukseensa kuuluvana.

Kokonaisuutena vesikattoelementtijärjestelmä vähentää työvaiheita itse tuotantoprosessista, keventää tilaajan vastuita materiaalihankinnoissa ja vähentää urakkarajapintojen määrää, samalla lyhentäen työvaiheen läpimenoaika tarkasteltaessa vedenpitävyyttä. Työvaiheen läpimenoajan lyhentäminen taas mahdollistaa nopeamman ja kosteudenhallinnan näkökulmasta turvallisemman sisätyövaiheen aloituksen.

3.2.4 Toteutustavan rajaaminen

Opinnäytetyössä käsiteltävällä kehityshankkeella oli tavoitteena luoda toistettava toimintamalli, jota voidaan hyödyntää tulevilla projekteilla. Vaikka katto-tyyppi on opinnäytetyössä rajattu harjakattoiseen vesikattoon, on tavoitteena muodostaa toimintamalli, jolle ei projektikohtaisesti olisi muita esteitä käyttöön-otolle.

Toteutustavoista työmaaolosuhteissa esivalmistaminen oli selkeästi asennusajaltaan nopein vaihtoehto saada vesikatto vedenpitäväksi runkovaiheen valmistumisen jälkeen. Toteutustapa ei kuitenkaan ole toisinnettavissa toimintamalliksi, koska esivalmistaminen työmaaolosuhteissa edellyttää rakennettavalta tontilta siihen vaadittavaa työskentely- ja varastointitilaa.

Paikalla tehtäessä selkeitä kehityskohtia olisi urakkarajauksissa ja -sisällöissä, mutta näilläkään muutoksilla paikalla tekeminen tuskin ylittäisi kehityshankkeelle asetettuun aikatavoitteeseen.

Opinnäytetyössä edistettäväksi toteutustavaksi valittiin vesikattoelementtijärjestelmä. Kehityshankkeen tavoitteiden näkökulmasta vesikattoelementtijärjestelmässä oli toteutustavoista parhaat edellytykset. Arvioitu ajallinen työvaiheen

kesto täytti asetetun tavoitteen, sekä rajapintojen ja prosessin työvaiheiden määrää olisi valitulla toteutustavalla vähentää.

3.3 Toimittajien tunnistaminen ja pilottikohteen tarjouspyyntö

Potentiaaliset vesikattoelementtitoimittajat, jotka kehityshankkeeseen haluttiin mukaan, rajattiin sisäisesti hyödyntämällä yrityksen suunnittelu- ja hankinta-osastoa.

Vesikattoelementtitoimittajia, joille tarjouspyynnöt pilottikohteen vesikatoista lähetettiin, tunnistettiin kolme. Yrityksiin viitataan opinnäytetyössä seuraavasti: yritys A, yritys B ja yritys C.

Pilottikohteenä toimii hankekehityksen kautta asiakkaalle kehitystyön alla oleva rakennushanke, jota suunnitellaan toteutettavaksi Vantaalle. Hankkeeseen suunnitteilla 5-kerroksinen kaksi porrashuoneinen harjakattoinen kerrostalo. Rakennuksen IV-konehuone on suunniteltu sijoitettavaksi harjakaton sisään

Tarjouspyyntö hankkeen vesikattojen osalta lähetettiin 7.3.2022. Hanke oli tarjouspyyntöjen lähetyshetkellä vielä hankekehitysvaiheessa, joten tarjouspyynnön mukana toimitettiin vähäisesti laskentamateriaalia. Materiaali koostui hankkeen julkisivukuvista ja ARK-pohjakuvista, joista nähtävissä oli rakennuksen mitoitukset, katon jyrkkyys ja korkeus, sekä katon sisään sijoitettavan esivalmisteisen IV-konehuoneen mitat.

Tarjouspyynnön lähettämisen jälkeen toimittajien kanssa käytiin lyhyet keskustelut rakennettavasta kohteesta ja tarkennettiin, millaisella sisällöllä ja minkälaisia ratkaisuja kaivataan. Toimittajille myös informoitiin hankkeen olevan vasta kehitysvaiheessa, joten muutokset ratkaisujen optimoimiseksi on vielä mahdollisia ja tehtävissä.

4 Ratkaisuehdotukset

Kaikki tarjouspyynnön vastaanottaneet toimittajat lähettivät tarjouksensa pilotti-kohteen vesikaton toteuttamisesta vesikattojärjestelmällään toteutettuna. Tarjouksissa oli sisällöllisesti pieniä eroavaisuuksia.

Toimittajien kanssa käytiin selonottoneuvottelut tarjouksien saamisen jälkeen. Selonottoneuvotteluilla pyrittiin varmistamaan, että tarjouksien sisältö ja laajuus ymmärretään oikein ja saadaan tarjouksista vertailukelpoiset keskenään.

4.1 Vertailu

Tarjouksien vertailussa huomiota kiinnitettiin hinnan lisäksi toteutusehdotuksen asennusnopeuteen, esivalmistusasteeseen, urakkarajojen sisältöön ja palvelun helppouteen työmaaorganisaation näkökulmasta.

Tarjoukset pisteytettiin eri osa-alueista asteikolla 1–3, jossa arvosana 1 ei vastannut kehityshankkeen tarpeeseen, arvosana 2 vastasi osittain kehityshankkeen tarpeeseen ja arvosana 3 vastasi hyvin kehityshankkeen tarpeeseen.

Taulukko 1. Toimittajien pisteytys arvosteluperustein

	yritys A	yritys B	yritys C
Esivalmistusaste	3	2	3
Asennusnopeus	3	1	3
Urakkarajat	3	1	2
Palvelu	3	2	3
Kustannukset	3	1	2
	15	6	13

4.1.1 Esivalmistusaste

Kehityshankkeen tavoitteena oli vähentää työvaiheita ja rajapintoja esivalmistusta hyödyntämällä. Esivalmistusastetta vertaillaessa huomiota kiinnitettiin työmaalle jäävien työvaiheiden määrään.

Esivalmistusasteen osalta yritys A ja yritys C täyttivät kehityshankkeelle asetetut tavoitteet. Molempien toimijoiden osalta esivalmistusastetta oli myös mahdollista nostaa korkeammaksi, joskin esivalmistusasteen nosto nostaa myös hankittavan elementtijärjestelmän hintaa.

Yritys B:n esivalmistusaste oli vertailluissa tarjouksissa verrokkejaan heikommalla tasolla. Muun muassa elementeissä valmiiksi kiinni oleva aluskatteena toimiva kumibitumikermi on kiinnitetty vain mekaanisesti pistehitsauksen sijaan. Mekaanisen kiinnityksen syynä oli yrityksen tuotantotilojen sopimattomuus tuloihin.

4.1.2 Asennusnopeus

Kehityshanketta ohjaavana ajatuksena oli saavuttaa rakennukseen viikossa vedenpitävä vesikatto. Keskiarvoltaan hankkeiden vesikatot olivat porraslohkoittain tai taloittain pinta-alaltaan 500m², joten tavoiteltavaksi keskimääräiseksi asennusnopeudeksi asetettiin 100m² / työvuoro. Pilottihankkeen porraslohkon vesikaton koko on n. 500 m², joten vertailtava asennusnopeus mahdollistaa myös pilottikohteelle aikataulullisen onnistumisen edellytykset.

Tarjousten ja selonottotapaamisten perusteella yritys A ja yritys C täyttivät asetetun tavoitteen ja olivat valmiita sitoutumaan asetettuun aikatavoitteeseen.

Yritys B arvioi, että heidän tarjoamallaan vesikattojärjestelmällä ei saavuteta haluttua aikataulutavoitetta, vaan keskimääräinen asennusnopeus olisi arviolta 60 m² / työvuoro.

4.1.3 Urakkarajat

Kehityshankkeessa tarkasteltavana osana oli urakkarajapintojen vähentäminen ja mahdollisuus hankkia suurempia osakokonaisuuksia. Tavoitteena urakkarajojen osalta on muodostaa selkeä lähtö- ja lopputilanne, jonka välillä toimittajalla on vastuu materiaalista ja työn suorittamisesta. Näin ollen pienet urakkarajojen sisällä olevat hankintavastuut eivät rasita työmaaorganisaatiota ja vapauttavat aikaa muuhun.

Yritys A oli urakkarajojen osalta vertailtavista tarjouksista paras. Urakkarajat täyttivät kaikki hankkeelle asetetut tavoitteet ja kyseiseltä toimijalta oli mahdollista hankkia kokonaisuus valetun yläpohjaontelon päältä – vedenpitävään aluskermiin saakka. Lisäksi tarjouksessa oli optiona tarjottu mm. vesikattovarusteita kuten kulkusiltoja ja lumiesteitä.

Yritys C rajasi urakkasisällössään höyrynsulun asentamisen yläpohjaonteloiden päälle tilaajan vastuuksi. Tarjottu urakkakokonaisuus oli siis valmiin höyrynsulkukermin päältä – vedenpitävään aluskatteeseen. Yritys C:n tarjoama sisältö ei täysin vastannut hankkeelle asetettuja tavoitteita, mutta tarjouksen mukaista sisällön rajausta ei kuitenkaan koettu hankalaksi.

Yritys B rajasi urakkasisällössään höyrynsulun asentamisen ja aluspuiden asentamisen tilaajan vastuiksi. Urakkarajat tarjouksessa kiinnitettyjen aluspuiden päälle asentamisesta vedenpitävään aluskatteeseen saakka. Tarjouksen sisältö koettiin osittain epämääräisenä, koska aluspuiden kiinnityksessä otettaisiin normaalisti asennusryhmälle kuuluvaa mitoitus- ja asennustöitä omalle vastuulle.

4.1.4 Palvelu

Palvelua tarjoajien välillä tarkasteltiin isompana kokonaisuutena. Palvelun kattavuus ja vastuiden jako oli merkittävässä roolissa, tärkeimpänä näistä koettiin erilaisten suunnittelu- ja suunnitelmahyväksytysvastuiden kuulumisen toimitta-

jalla. Mahdolliset lisäyötarjoukset, joilla kokonaisuutta voidaan kasvattaa, vaikuttivat myös arviointiin. Lisäksi toimittajan halukkuus lisätä tarjoukseen pyydettyjä asioita oli arvioinnissa vaikuttava tekijä.

Yritys B pärjäs palvelua vertailuissa huonoiten. Yritys lähtökohtaisesti tarjosi kokonaisuutta vain tilaajien toiveesta, eikä ollut panostanut tähän toimintoon sisäisesti. Asennuspalvelu toteutettaisiin alihankintana. Muutoin kyvykkyyksiä kehittämiseen ja palvelun laajentamiseen oli heikosti.

Yritys C oli valmis keskustelemaan sisällön laajentamisesta ja muutoinkin palveluasteen nostosta. Suunnitteluvastuiden kantaminen oli selkeää, koska yläpohjan rakennesuunnittelun muutokset siirtyvät yrityksen vastuulle. Mahdollisiin sisältölisäyksiin suhtauduttiin positiivisesti, mutta puuttuvat toiminnot asettavat tiettyjä haasteita kokonaisuuksia laajentamiselle.

Yritys A pärjäs vertailun osa-alueella parhaiten. Yrityksen muut toiminnot mahdollistavat kokonaisuuden laajentamisen suuremmaksi kokonaisuudeksi. Palvelualttius ja valmius kehittää ja tarjota pyydettyjä osia oli kiitettävällä tasolla.

4.1.5 Kustannus

Kustannusten osalta pisteytys arvioitiin samankaltaistetulla sisällöllä, jotta mahdolliset puutteet tai lisät tarjouksessa eivät vaikuttaneet kokonaisuuden arviointiin.

Yritys A oli tarjouksista edullisin. Koska tarjottu sisältö oli vertailukohtaa suurempi, jouduttiin samankaltaistamisen vuoksi kokonaissummasta vähentämään tiettyjä yksikköhinnoiteltuja osia. Näin saatiin summa vertailukelpoiseksi muiden tarjoajien kanssa.

Yritys B tarjouksen sisältörajauksen ollessa suppein, käytettiin tarjouksen sisältöä ohjeellisena sisältönä muutettaessa muita tarjouksia vertailukelpoisiksi. Yritys B:n tarjous oli vertailtavien tarjouksien osalta kallein.

Yritys C:n tarjous oli hieman yritys A:n tarjousta korkeampi. Ero ei ollut merkittävä. Sisältöä ja urakkasummaa muutettiin samalla tapaa vertailukelpoiseksi kuin yritys B:n kanssa.

4.1.6 Toimittajien pisteytyksen yhteenveto

Toimittajien pisteytyksessä yritys A sijoittui arviointikriteerien puolesta parhaiten. Yritys B:n menestys arvioinnissa oli heikoin ja yritys C osoitti potentiaalia mahdolliselle tulevalle yhteistyölle tai kehitystoiminnalle.

Yritys A vastasi parhaiten kehityshankkeelle asetettuihin tavoitteisiin ollessaan myös kustannuksiltaan edullisin vaihtoehto. Toimittajan palveluhalukkuus ja kehittämishalu on omiaan helpottamaan mahdollista pilottikohteen jälkeen tehtävää kehitystyötä toimintamallien ja toimintatapojen vakioinnin suhteen.

Esivalmistusasteen ja ilmoitetun asennusnopeuden osalta yritys A:n tuote ja palvelu täyttivät kehityshankkeelle asetetun asennusajallisen tavoitteen sekä esivalmistusasteen noston. Esivalmistusasteen nostolla ja hankintavastuiden siirtämisellä toimittajalle on rakennusvaiheessa tilaajan työnjohdollista työtä keventävä vaikutus.

4.2 Kustannusvertailu

Kustannusten määräytyminen ja toteutuminen tapahtuu rakennushankkeessa eriaikaisesti. Hankesuunnittelun päättyessä kustannuksista voi olla määräytynyt jopa 70% (Koskenvesa 2018, 8). Rakennushankkeiden osalta hankkeen lopullinen hinta määritetään suunnitteluratkaisuilla. Jos asioita suunnitellaan lähtökohteisesti hankalammin kuin tarve, niin niiden toteuttamisen hinta nousee.

Aikataulu, laatu ja kustannukset muodostavat rakennushankkeessa tasapainoteltavan kokonaisuuden (Koskenvesa 2018, 6). Rakennusvaiheessa tekniseen hintaan ei juurikaan voida vaikuttaa, vaan taloudellisen menestyksen avaimet ovat onnistuneessa ja sujuvassa työmaan johtamisessa. Kustannukset näyttele-

vät merkittävää roolia rakennushankkeissa, joten tutkittujen vesikattovaiheen toteutustapojen vertailulla on kokonaisuuden kannalta merkittävä osuus, vaikka laadullisesti ja aikataulullisesti valittu toteutustapa olisikin kannattava valinta.

4.2.1 Kustannusvertailu toteutustavoittain

Toteutustapojen kustannusvertailussa pyrittiin saamaan mahdollisimman kattava ja selkeä vertailu toteutustavoilla toimimisesta. Vertailussa keskenään vertailtiin hankkeen vesikattoon laskentavaiheessa varattua budjettia, paikalla tehtävää vesikattoa, työmaaolosuhteissa esivalmistettavaa vesikattoa sekä yritys A:n tarjouksen mukaista vesikattoelementtijärjestelmätoteutusta.

Toimeksiantajayrityksen laskennassa käytettävät tunnusluvut ovat liikesalaisuuksia eivätkä siksi ole julkista tietoa, joten opinnäytetyössä esitettävä vertailu toteutettiin indeksivertailuna. Vertailussa indeksi 1000 vastaa laskentavaiheessa työvaiheelle budjetoitua kokonaissummaa, ja muita lukuja verrataan siihen.

Kustannusvertailuun huomioitiin myös sääsuojauksille varatut laskentarivit. Tämä kulu voidaan vertailussa katsoa säästöksi, koska nopeiden asennusten, kuten työmaaolosuhteissa esivalmistettujen kattolohkojen tai kattoelementtijärjestelmän, kanssa runko on säälle alttiina vain lyhyen ajan ja näin ollen erillistä sääsuojausta tai huputusta ei rakennukselle tarvita.

Taulukko 2. Kustannusten indeksivertailu

	laskenta	paikalla tehty	työmaaolosuhteissa esivalmistaminen	elementtijärjestelmä
kattokannattajat	158,6	182,1	182,1	
materiaali	171,4	171,6	167,22	
urakkasisällön mukainen työ	292,8	441,5	441,5	
urakkasisällön ulkopuolinen hankinta	377,2	384,5	124,2	
yhteensä	1000,0	1179,7	915,0	959,5

4.2.2 Kustannusvertailun analysointi

Kustannusvertailun perusteella maassa esivalmistamalla tai yritys A:n ratkaisua hyödyntämällä saadaan vesikatto rajauksen mukaan toteutettua laskennan budjetin raameissa. Näistä kahdesta tavasta työmaaolosuhteissa esivalmistaminen näyttäytyi vertailun mukaan edullisempänä tapana toteuttaa vesikatto.

Paikalla tehden vesikaton laskennalliset kustannukset ylittivät budjetin. Paikalla tehdyn vesikaton budjettiylitys johtui pääasiassa sääsuojauksen huomioimisesta kokonaisuuteen. Vaikka nimenomaisen hankkeen osalta ei ole tietoa, vaaditaanko rakennusaikana Kuivaketju10-toimintamallin mukaista kosteudenhallintaa, on vaatimus kuitenkin yleistymässä rakennusalalla ja sen kustannusvaikutukset huomioitava pitkän tähtäimen suunnitelmissa.

Vesikattoelementtitarjous oli tehty kokonaishintaisena, joten tarkempaa erottelua ja kustannusrakennetta ei vertailussa ollut hyödynnettävissä. Mikäli toimittajan kanssa syntyy pidempiaikaista yhteistyötä, on kustannusrakenteen avaaminen hyvä peruste mahdollisille hinnantarkistuksille.

Osa kustannuksista on arvioitu hyödyntämällä vanhojen hankkeiden sopimus- ja tarjoushinnoittelua ja osa hyödyntämällä muita voimassa olevia hinnastoja tai kausisopimuksia. Hankkeen toteutusta ei kilpailutettu kuin elementtijärjestelmän osalta. Osa vertailussa käytetyistä luvuista voi olla opinnäytetyön tekoaikana vallitsevan maailmantilanteen ja siitä seuranneen epävakaan markkinatilanteen takia alimitoitettuja.

Kokonaisuudessaan vertailu osoittaa, että vesikattoelementtijärjestelmä on kustannusmielessä kilpailukykyinen vaihtoehto vesikatossa hyödynnettäväksi. Maassa esivalmistaminen sisältää enemmän muuttujia, mutta kustannusmielessä on kuitenkin vertailumielessä edullisempi vaihtoehto.

5 Yhteenveto

Yhtenä selvitystyön tavoitteena oli tunnistaa tapa toimia, joka on muutettavissa yleisesti projekteille käytettäväksi toimintamalliksi. Työmaaolosuhteissa kattolohkojen esivalmistaminen oli kustannusvertailussa kattoelementtijärjestelmää edullisempi ja saavutti yhtä nopeasti vedenpitävän vesikaton. Kuitenkaan jokaisella projektilla ei voida taata olevan tarpeeksi vapaata tilaa kattolohkojen esivalmistamista varten. Tästä syystä toisinnettavan toimintamallin kehittämisessä on syytä jatkaa kehitystyötä kattoelementtitoimittajan kanssa.

Kattoelementtijärjestelmä vastasi työlle asetettuun aikataululliseen tarpeeseen ja mahdollistaa viikossa vedenpitävän vesikaton projekteille. Lean-ajattelun näkökulmasta ratkaisulla pystytään vähentämään osien ja rajapintojen määrää sekä lyhentämään läpimenoaikaa. Nopeampi rakennusaika luo rakennushankkeen tilaajalle ja pääurakoitsijalle lisäarvoa. Lisäksi pitkässä juoksussa kattoelementtijärjestelmien hyödyntämisellä voidaan olettaa olevan vaikutuksia kokonaislaatuun, koska tehdasolosuhteissa esivalmistamisen laadunvarmistaminen on yksinkertaisempi prosessi kuin työmaaolosuhteissa.

Pilottikohteen osalta toteutusaikataulu muuttui, joten kehitystyötä ei saatu vietyä vielä hankkeen osalta pidemmälle. Toteutusaikataulun muutos johtui osittain rakennuslupaan liittyvistä asioista ja osittain Ukrainan sodan aiheuttamasta muutoksesta ja epävarmuudesta markkinassa. Tehtyä selvitystyötä tullaan kuitenkin hyödyntämään kohteessa, jähka aloitusajankohta saadaan lukittua.

Vaikka pilottihanke ei alkanutkaan suunnitellusti, saatiin tehdyn selvitystyön perusteella hyödynnettyä valikoidun toimittajan erikoisosaamista toisen rakennushankkeen toteutuksessa. Tämän hankkeen osalta ensimmäiset vesikattoelementtijärjestelmien asennukset alkavat tämänhetkisen aikataulun mukaan huhtikuussa 2023.

Mikäli hankkeen osalta toiminta on onnistunutta, on mahdollista ruveta pohtimaan yhteistyön syventämistä. Hankkeen osalta on tarkoitus mitata luvattua asennusnopeutta sekä varmistaa luvatus palvelun ja toiminnan laadukkuus.

Mikäli asiat edistyvät kuten suunniteltu ja yhteistyötä päästään syventämään valitun toimittajan kanssa, on ajallisen säästön tapahtumisen mittaaminen tärkeää. Tämän lisäksi yhteistyön tarkastelu ja prosessin jatkuva parantaminen on tärkeää, jotta saavutetaan tehokkain ja eniten arvoa tuottava lopputulos asiakkaan näkökulmasta.

5.1 Opinnäytetyö prosessi ja oman oppimisen arviointi

Opinnäytetyön aiheen valinta tehtiin oman työtehtävän pohjalta. Opinnäytetyön ohessa tekemät lisäselvitykset ja Lean-ajatteluun perehtyminen helpotti myös oman työtehtävän suoritusta. Aihe itsessään tuntui itselle mielenkiintoiselta ja tieto siitä, että tehdyn selvitystyön perusteella olisi todennäköistä edetä pilottihankkeeseen ja käytännön tasolle, teki aiheesta vieläkin mieluismman.

Opinnäytetyön lopputuloksena tehty toimittajavalinta vastasi mielestäni kehityshankkeen tavoitteisiin, ja valintaa pohjustavat asiat olivat opinnäytetyössä linjassa tutkimuskysymyksien kanssa.

Aiheen ollessa kohtalaisen tarkasti rajattu jo alkuvaiheessa, oli kohdennettua kirjallisuutta hankala löytää. Lean-kirjallisuutta on paljon, mutta suoraan rakennuslalle soveltaessa mahdollisuudet pienenevät. Suurin osa kirjallisuudesta keskittyy enemmän valmistavaan teollisuuteen. Teoreettinen viitekehys työlle olisi työn luotettavuuden arvioinnin kannalta voinut olla laajempi.

Tehty kehityshanke selkeytti itselle Lean-ajattelua ja toimintamallien kehittämistä. Tehty työ antaa hyvän ja selkeän pohjan jatkossa tehtävälle Lean-kehittämislle.

5.2 Jatkotutkimusehdotukset

Lean-ajattelun mukaiset jatkuvan parantamisen mallin mukaan, jo tehtyä kehitys- ja muutostyötä pitää arvioida ja sitä on mahdollista kehittää paremmaksi. Pilottikohteen osalta tarkastelu kuitenkin mahdollista tehdä vasta, kun työt kohteessa aloitettu.

Vastuullisuuden näkökulmasta toimittajien kyvykkyydet ympäristöasioissa ja toimitusketjun vastuullisuus olisivat asioita, jotka nykytrendin mukaisessa vastuullisessa toiminnassa olisi hyvä tarkastella ja arvioida.

Lähteet

Fira Oy. Vuosikatsaus 2021. <https://hub.fira.fi/hubfs/vuosikertomus/Firan-vuosikatsaus-ja-vastuullisuusraportti-2021.pdf>. Viitattu 13.10.2022.

Helsingin kaupunki. Rakennetyypit PDF 2019. <https://www.hel.fi/kaupunkiymparisto/fi/julkaisut-ja-aineistot/ohjeita-suunnittelijoille/att-ohjeet-ja-mallit>. Viitattu 15.9.2022.

Herrala, Olli 2022. Rakentamisen matkasaarnaaja selittää konsernin tappiota: ”Kaikilla mittareilla hyvää liiketoimintaa”. <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/rakentamisen-matkasaarnaaja-selittaa-konsernin-tappiota-kaikilla-mittareilla-hyvaa-liiketoimintaa/b27ca66d-5334-491c-ad3d-63c846e781df>. Luettu 12.8.2022.

Kerabit Oy. <https://www.kerabit.fi/ohjeet/rakennekuvat/loivat-katot-kevytsorakatto>. Viitattu 15.9.2022.

Koskenvesa, Anssi 2018. Rakennushankkeen kustannushallinta. Rakennustieto Oy, Helsinki.

Ratu 0423. Puurunkorakentaminen, vesikatto. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortistot/ratu-kortisto>. Viitattu 17.9.2022.

Ratu 0436. Puuelementtirakentaminen, väli- ja yläpohjaelementit. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortistot/ratu-kortisto>. Viitattu 17.9.2022.

Salminen, Juha 2021. Lean rakentamisessa. Arvoa luovan rakentamisen periaatteet, menetelmät ja työkalut. RIL ry, Helsinki.

Vuorinen, Tero 2013. Strategiakirja – 20 työkalua. Talentum, Helsinki.