

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan insinööri (AMK)

Heli Saaranen

Tutkimus Luja-Superlaattojen tuotannosta

Opinnäytetyö 2019

Tiivistelmä

Heli Saaranen

Tutkimus Luja-Superlaattojen tuotannosta, 26 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan insinööri (AMK)

Opinnäytetyö 2019

Ohjaajat: lehtori Jouni Hyvärinen, Saimaan ammattikorkeakoulu, tehtaanjohtaja

Risto-Matti Valta, Lujabetoni Oy

Insinöörityöni tarkoitus oli tutkia Luja-Superlaatan tuotantoa. Kyseessä on Lujabetoni Oy:n kehittämä ja tuottama välipohjan uusi rakenne.

Tutkimuksessani käytettiin tutkimusmenetelminä leanista tuttua Gemba-kävelyä, sisältäen työn ohessa tehtyjä haastatteluja. Alkuperäisenä tarkoituksena oli käyttää työssä myös kellotusta, mutta tästä tutkimusmenetelmästä luovuttiin työn edetessä.

Työni tuloksena saatiin paljon lisää tietoa Superlaatan tuotannosta. Melkein jokaisesta työvaiheesta löytyi kehitettävää tuotannon sujuvoittamiseksi. Suurimmat kehityskohteet olivat laattojen kuljetus varastoon, työvaiheiden limitys sekä siisteys.

Asiasanat: Luja-Superlaatta, betonielementti, lean

Abstract

Heli Saaranen

Study of Luja-Superlaatta production, 26 Pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Degree Programme in Civil and Construction Engineering

Bachelor's Thesis 2019

Instructors: Mr Jouni Hyvärinen, lecturer, Saimaa University of Applied Sciences, Mr Risto-Matti Valta, factory manager, Lujabetoni Oy Järvenpää

The purpose on the study was to find out more about the production of Luja-Superlaatta. The production is done at Lujabetoni Oy's factory in Järvenpää.

Data for this study was collected mainly by lean method called Gemba-walk. The intention was to use production timing also, but that was impossible.

As a result of this thesis I got much needed information about the production of Luja-Superlaatta. There were possibilities of improvement at almost every phase of production, the biggest ones at transportation, phase multiplexion and cleaning.

Keywords: concrete, element, production

Sisällys

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Johdanto | 5 |
| 2 | Betonielementit | 5 |
| 2.1 | Ontelolaatta | 8 |
| 2.1.1 | Ontelolaatan palonkesto | 9 |
| 2.1.2 | Ontelolaatan valmistus | 10 |
| 2.2 | Kuorilaatta ja pintavalu | 11 |
| 2.3 | Superlaatta | 13 |
| | Superlaatan suunnittelu ja tuotanto | 15 |
| 3 | Lean-malli | 15 |
| 3.1 | 5S | 17 |
| 3.2 | Value Stream Mapping (VSM) | 18 |
| 3.3 | Kanban | 20 |
| 3.4 | Lean-malli Lujabetonilla | 22 |
| 3.5 | Tutkimusmenetelmä | 22 |
| 4 | Tutkimuksen tulokset | 23 |
| 5 | Yhteenveto | 25 |
| | Lähteet | 26 |
| | LIITE 1 Gemba-kävely Luja-Superlaatan tuotannossa | |

1 Johdanto

Lujabetoni Oy valmistaa ainoana yrityksenä Suomessa Superlaattaa. Superlaatta on kilpailija ontelolaatalle sekä paikallavalulle. Etuna kilpailijoihin verrattuna on laattaan jo tehtaalla asennettavat vesiputket ja sähköt. Tuote on Suomen markkinoilla melko uusi, se on julkistettu vuonna 2017. Tanskassa Abeo A/S:n kehittämää yksinkertaisempaa versiota superlaatasta on toimitettu jo yli 100 000 m². Tuotteen suunnittelu on siirtynyt Lujabetonin omille suunnittelijoille ja siten tuotanto ja suunnittelu voivat tehdä työtä tehokkaammassa yhteistyössä.

Tuotetta on valmistettu aiemmin vain Lujabetonin Siilinjärven tehtaalla ja nyt tuotantoa on ollut parin kuukauden ajan myös Järvenpään tehtaalla. Tutkimus keskittyy Järvenpään tehtaan Superlaatta-tuotantoon. Koska tuotetta ei ole valmistettu pitkään, uusia ja tehokkaita työtapoja löytyy välillä yrityksen ja erehdyksen kautta. Työn tavoitteena onkin selvittää tuotannon pullonkauloja ja sitä kautta löytää kehityskohteita.

Opinnäytetyö koostuu viidestä luvusta. Ensimmäisessä luvussa kuvataan työn tarkoitus ja tausta. Toisessa osassa keskitytään ontelolaatan ja Luja-Superlaatan ominaisuuksien vertailuun. Superlaatan osalta luvussa sivutaan tuotantoa, mutta tarkemmin se on käsitelty liitteessä yksi. Kyseessä on uusi tuote, joten Lujabetoni haluaa pitää tuotteen työvaiheet salaisina. Ne ovat esitelty tarkasti liitteessä 1. Kolmannessa luvussa kerrotaan leanista yleisesti, sen tärkeimmistä työkaluista ja menetelmistä. Lisäksi käsitellään leanin käyttöä Lujabetoni Oy:ssä. Neljännessä luvussa käsitellään tutkimustuloksia ja sen pohjalta syntyneitä kehitysideoita. Salaiset osiot tuloksista on käsitelty liitteessä 1. Viidennessä luvussa pohditaan tutkimuksen tuloksia ja sen seurauksena muuttuneita asioita.

2 Betonielementit

Rakentamisessa käytetään nykyisin hyödyksi sekä elementtirakenteita että paikallavalua. On kuitenkin mahdollista rakentaa koko rakennuksen runko käyttäen vain elementtejä. Perustusrakenteiksi voidaan käyttää paaluja, sokkelielement-

tejä ja väestönsuojaelementtejä. Palkkeja, pilareita, hormeja, portaita ja laattarakenteita on myös saatavilla elementtirakenteisina. Pilareita ja palkkeja on esitetty kuvassa 1 ja hormielementtejä kuvassa 2. (Betoniteollisuus ry 2019a.)



Kuva 1. Pilareita ja palkkeja (Lujabetoni Oy:n verkkosivut)



Kuva 2. Hormielementtejä työmaalla (Lujabetoni Oy:n verkkosivut)

Laattarakenteita käytetään ylä-, väli- ja alapohjissa. Elementtirakenteinen laatta on nopeampi asentaa ja vaatii vähemmän työnaikaisia tukirakenteita kuin paikallavalettu laatta. Yleisimpiä elementtirakenteisia laattoja ovat tähän asti olleet ontelo-, kuori-, TT- ja massiivilaatat. (Betoniteollisuus Ry 2019b.)

Laattatyyppejä valittaessa on huomioitava rakenteen kuormitukset sekä laatan toiminnalliset vaatimukset. Näitä vaatimuksia ovat esim. LVIS-asennusten liittymien laattoihin, ääneneristävyys ja laatan oma paino. (Betoniteollisuus Ry 2019b.)

Välipohjarakenteiden suunnittelussa merkittäviä asioita ovat palonkestävyys ja ääneneristävyys. Ääneneristävyyden osalta rakenne tulee suunnitella siten, että se täyttää rakennusosalta vaadittavat ääneneristävyysarvot. Lisäksi äänitekniset ominaisuudet on testattu tai todennettu luotettavasti sekä tarvikkeet on hyväksytty käyttötarkoitukseensa. (RT 83-10902 s.28:2015.)

Etenkin välipohjarakenteissa ääneneristävyydellä on suuri rooli, sillä esimerkiksi kerrostaloissa asunnosta toiseen kantautuvat äänet halutaan mahdollisimman vähäisiksi. Ääneneristävyyttä voidaan lisätä laattarakenteeseen eri tavoin, esi-

merkiksi kasvattamalla rakenteen massaa. Ääneneristävyys kasvaa laskennallisesti 6 dB massan kasvaessa kaksinkertaiseksi (Helimäki & Kylliäinen 2019.). Laatan massan kasvu vaikuttaa rakenteen kantavuuteen, vaatii lisää tukivoimia muualta rakenteesta ja siten lyhentää jännevälejä.

2.1 Ontelolaatta

Ontelolaatta on yleisin elementtilaattatyyppi. Laattatyyppiä käytetään ala-, väli ja yläpohjissa asuin-, liike ja teollisuusrakennuksissa (Betonituoteteollisuus Ry 2019c.). Ontelolaatta koostuu kiinteästä pohjasta, onteloista ja kannesta. Ontelolaatan rakenne on esitetty kuvassa 3.

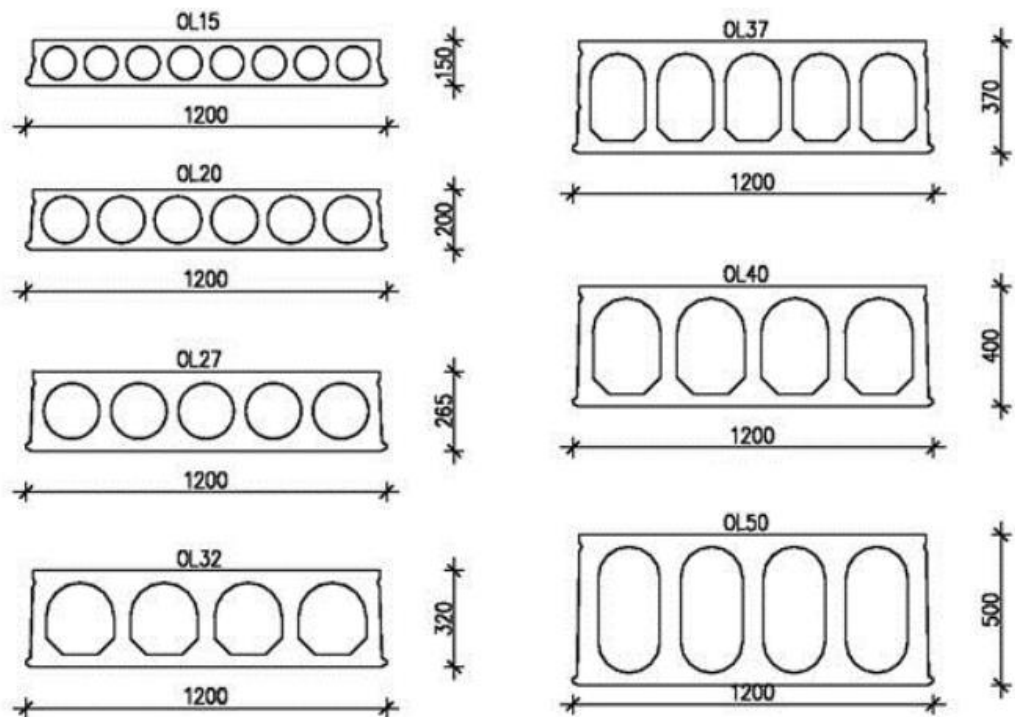


Kuva 3. Ontelolaattoja varastossa (Lujabetoni Oy:n verkkosivut)

Ontelot ovat yleensä pyöreän, soikean tai hieman pääkallon muotoisia reikiä, jotka kulkevat laatan läpi pituussuunnassa. Niiden määrä ja muoto riippuu ontelon tyypistä. Ontelolaatan tyyppi määräytyy laatan korkeuden mukaan. Valmistuskorkeudet vaihtelevat välillä 150–500 mm. Laatan vakioleveys on 1200 mm, mutta tarvittaessa valmistetaan kapeampia laattoja. Muita tietoja laattatyypeittäin on esitetty taulukossa 1 ja kuvassa 4.

| Laatta- tyyppi | Korkeus [mm] | Paino [kg/m ²] | Vähim- mäistuki- pinta [mm] | Maksimi- jänneväli [m] | Onteloi- den määrä [kpl] |
|-------------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| O15 | 150 | 205 | 60 | 7,0 | 8 |
| O20 | 200 | 245 | 60 | 11,0 | 6 |
| O27 | 265 | 360 | 60 | 13,5 | 5 |
| O32 | 320 | 380 | 60 | 16,0 | 4 |
| O37 | 370 | 485 | 60 | 14,0 | 5 |
| O40 | 400 | 435 | 100 | 18,5 | 4 |
| O50 | 500 | 560 | 100 | 20,0 | 4 |

Taulukko 1. Ontelolaatan tyypit (betonielementtisuunnittelun verkkosivut.)



Kuva 4. Ontelolaattojen tyypit (Betoniteollisuus Ry 2019c.)

2.1.1 Ontelolaatan palonkesto

Ontelolaatan palonkesto on yleensä REI60, mutta niitä voidaan suunnitella palonkestoaikaaan REI90 tai REI120 (Betoniteollisuus Ry 2019c.). Tavallista korkeamman palonkeston kestäviä laattoja kutsutaan palolaatoiksi. Palolaatoissa jännepunoksen etäisyys laatan alapintaan on pidempi kuin tavallinen 30, esim. REI

120 etäisyys on 50 mm. Pidempiä palonkestovaatimuksia, REI180 tai REI240, on mahdollista saavuttaa lisäämällä ontelolaattojen alapuolelle paloneristystä (Betonituoteollisuus Ry 2019c.).

Ontelolaattaa voidaan tarvittaessa käyttää kantavana paloseinänä asentamalla laatta vaakaan tai pystyyn. Näin käytettävässä ontelolaatassa tulee olla jännityspunokset molemmissa pinnoissa. Yleensä seinänä käytettävä ontelolaatan tyyppi on O27 ja palonkestoluokkana REI120. Ohuempia, 150 ja 200 mm paksuja laattoja voidaan käyttää ei-kantavassa, osastoivassa seinässä ja näiden palonkestoluokka on REI90 ilman lisäeristystä. (Betonituoteollisuus Ry 2019c.)

2.1.2 Ontelolaatan valmistus

Ontelolaatta valmistetaan teräksisen muotin, pedin päälle. Peti on pitkä, Järvenpään tehtaalla 130 m, pysyvä muottirakenne, kuten kuvassa 5. Ontelolaatan valmistus alkaa pedin valmistelulla, jännityspunosten asennuksella ja jännityksellä. Laattaan käytettävä massa on jäykkää maakostea betonimassaa, joka pysyy kasassa heti valukoneesta poistuessaan, ilman sivumuotteja. Massa pudotetaan valukoneen suppiloon yläkautta. Massa kulkeutuu valukoneessa koneen sisällä pyöriville ruuveille, jotka työntävät massaa saattoholkeille. Saattoholkit muodostavat laatan ontelot. Laatan tiivistys tapahtuu erillisellä pintahierrolla sekä laitojen ja saattoholkkien liikkeillä. Laidat muodostavat tiivistämisen lisäksi laatan reunan nostourat. Valukoneen muodostettua laatan siihen merkitään ja muodostetaan tarvittavat reiät, kylpyhuone-osat ja tartunnat jne. Kylpyhuone-osa on erillisellä koneella tiivistettävä, yleensä 170 mm syvä, osa laatasta, johon valmiissa rakennuksessa sijoittuu kylpyhuoneen kallistusvalu ja talotekniikan asennuksia. Ontelolaatan alapintaan voidaan tarvittaessa kiinnittää myös eristelevy laatan sauhauksen ja pediltä nostamisen jälkeen.



Kuva 5. Ontelopeti löysillä punoksilla ja peitelty ontelovalu (Lujabetoni Oy:n verkkosivut.)

2.2 Kuorilaatta ja pintavalu

Kuorilaatta on esijännitetty ohut umpinainen laattaelementti, jota käytetään muottipohjana pintabetonille. Kuorilaattoja käytetään yleensä pysäköintitaloissa ja teollisuus- sekä asuinrakennuksissa (Betonituoteteollisuus Ry 2019d.). Laatan etuna on, että alapinta saadaan laadukkaaksi ilman muottitöitä (Lujabetoni Oy 2019.). Ne voidaan asentaa rakennuksiin, joissa käytetään kantavat seinät-, pilaripalkki tai pilarilaatta -järjestelmää (Betonituoteteollisuus Ry 2019d.). Laatta soveltuu erittäin hyvin käytettäväksi niin betoni-betoni- kuin betoni-teräs-liittorakenteen osana (Betonituoteteollisuus Ry 2019d.). Tarvittaessa laatan pohjaan on mahdollista asentaa myös lämmöneriste, mikäli laatta sijaitsee alapohjassa.

Laatta asennetaan elementtinä ja sen päälle valetaan työmaalla, paikan päällä, haluttu määrä betonia. Yläpintaan asennetaan tehtaalla teräsansaat, tietynlaiset ylöspäin törröttävät teräsosat, jotka toimivat tartuntana pintabetonin ja kuorilaatan välillä. Ansaat siis varmistavat kuorilaatan ja pintabetonin sauman toimivuuden.

Kuorilaatan vakioleveys on sama kuin ontelolaatalla, 1200 mm. Kavennuksia voidaan tehdä tarvittaessa, mutta alle 400 mm levyisiä laattoja ei suositella käytettäväksi. Kavennetut laatat sijoitetaan laataston reunoille. Maksimijänneväli kuorilaatalla on noin 10 m. (Betonituoteteollisuus Ry 2019d.)

Laatan päälle tulevan betonin paksuus voi olla 100-200 mm. Betonin lisäksi paikallavaluun tulee lisätä raudoitusta. Raudoituksen määrittää kohteen rakennesuunnittelija samalla periaatteella kuin tavalliset paikallavalulaatat. Ainoana erona on se, että laatassa olevat jännepunokset korvaavat pääraudoituksen pääkantosuunnassa. (Betonituoteteollisuus Ry 2019d.)

Laatan paksuus on vakioitu, se on joko 100, 120 tai 150 mm. Mikäli laatan kuormitus on tavallista suurempi tai mikäli palonkesto sitä vaatii, laatta voidaan tehdä myös 160 mm paksuna. Kuorilaatan ja laataston kokonaispaksuuden valinnassa tulee huomioida laataston jänneväli, laatastoa kuormittavat voimat ja reikien vaikutus kuormitusten jakautumiseen. Isojen reikien tapauksessa tulee huomioida, että niiden kohdalta kaikki kuormat siirtyvät viereisille ehjille laatoille. Mahdollisten putkivetojen kohdalla jälkivalun paksuus tulee olla vähintään 40 mm. Lisäksi kuorilaatan tehtävästä, päällevalun muottina toimimisesta, johtuen rakenteen tuentarve voi olla pääkriteeri paksuuksien valinnalla. (Betonituoteteollisuus Ry 2019d.)

Kuorilaattojen palonkesto on REI60 ilman erillisiä toimenpiteitä (Betonituoteteollisuus Ry 2019d.). Luokitusta voidaan nostaa paloeristämällä laatan alapinta tai mitoittamalla laatta halutulle palonkestoajalle. Tällöin jännepunosten suojabetonia suurennetaan kuten ontelolaatan tapauksessa ja laatan paksuus kasvaa.

Kuorilaatoista voidaan tarvittaessa tehdä myös ulokkeellisia. Tämä otetaan huomioon pintabetonin raudoitusta suunniteltaessa. Tavallisten raudoitussääntöjen lisäksi on huomioitava jännevoiman aiheuttama momentti ulokkeeseen. (Betonituoteteollisuus Ry 2019d.)

Kuorilaattojen tuenta poikkeaa ontelolaattojen tuennasta pintavalun vuoksi. Tuet tulee pitää laattojen alla siihen asti, kunnes paikallavalu on kuivunut. Tuki estää laattoja hammastumien muodostumista, taipumista ja kiertymistä sekä samalla

varmistetaan laatan työnaikainen kantokyky. Se voi myös lisätä laataston halkeilukestävyyttä. Tukipinnan suunnittelupituus kuorilaatoilla riippuu siitä, onko laatta työnaikaisesti tuettu vai ei. Tuetuilla kuorilaatoilla tukipinnan pituus vähintään 35 mm ja tukemattomilla vähintään 50 mm. (Betonituoteteollisuus Ry 2019d.)

2.3 Superlaatta

Luja-Superlaatta on Lujabetoni Oy:n 2017 lanseeraama uusi tuote. Superlaattaa valmistetaan Lujabetonin tehtaiden lisäksi Tanskassa, mutta siellä valmistettava tuote on huomattavasti Luja-Superlaattaa yksinkertaisempi. Suomen markkinoilla olevaan laattaan on mahdollista saada lattialämmitys, sähköasennukset, kaatovalut ja kylpyhuoneosat valmiiksi elementtiin asennettuna.

Luja-Superlaatta on esijännitettävä välipohjarakenne. Laatan mitat ovat joustavampia kuin ontelolaatan vastaavat. Laatan leveys voi olla enintään kolme metriä ja pituus 12 m, tosin täydellä kolmen metrin leveydellä suurin mahdollinen pituus on 9,5 m. Kerrostalolaatan paksuus on 270 mm ja ala- ja yläpohjalaatan paksuus on 220 mm. Superlaatatassa voi olla myös kaarevia muotoja, kuten kuvassa 6.



Kuva 6. Superlaatan muoto (Lujabetoni Oy:n verkkosivut.)

Painoltaan 270 mm paksuinen laatta on 470 kg/m^2 täysin harkoitettuna. Suunnittelupaino on 500 kg/m^2 . Laattojen kylpyhuoneelliseen osuuteen ei normaalisti tule harkkoja, jolloin paino on laskettava massiivisen betonin mukaisesti.

Luja-Superlaatta on rakenteeltaan monikerroksinen. Alimmaisena rakenteessa on ohut slurry-valu. Tämän tason päällä on harkoitus. Laatan raudoitus ja mahdolliset kylpyhuone-, sähkö ja lattialämmitysasennus tulevat harkkovalun päälle. Lopuksi elementti valetaan täyteen IT-betonimassalla. Rakenne on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Lujja-Superlaatan rakenne (Lujabetoni Oy:n verkkosivut.)

Harkkojen tehtävänä on keventää laatan kokonaispainoa ja siten helpottaa laatan kuljetusta, asennusta ja vähentää elementille tarvittavia tukevia rakenteita. Harkot lisäävät laatan ääneneristävyyttä ja palonkestävyyttä. Lujja-Superlaatan palonkestävyys onkin vakioituna 120 min.

Superlaatan suunnittelu ja tuotanto

Superlaattaa on valmistettu Suomessa aiemmin vain Lujabetonin Siilinjärven tehtaalla ja nyt tuotantoa on ollut vuoden alusta lähtien myös Järvenpään tehtaalla. Tutkimus keskittyy Järvenpään tehtaaseen Superlaatta-tuotantoon. Superlaatan tuotannon työvaiheet ovat salaista tietoa, joten ne ovat käsitelty liitteessä yksi.

Lujja-Superlaatan suunnittelu on siirtynyt pääasiassa Lujabetonin omille suunnittelijoille. Laatat mallinnetaan Tekla Structures -ohjelmistolla ja tuotannonsuunnittelija tekee linjasuunnitelmat Teklan apuohjelmalla, Lane Designerilla.

3 Lean-malli

Lean on tuotantomalli, jonka käyttö alkoi Toyotan tuotantotehtailla. Toyota Motor Corporationin johto halusi nostaa yrityksen tuottavuutta ja ongelma annettiin päätuotantoinsinööri Taiichi Ohnon ratkaistavaksi. Suurimmiksi ongelmiksi tuotannossa koettiin pääoman vähyys ja konekannan vanhanaikaisuus. Uudistuksiin ei oltu valmiita panostamaan suuria rahamääriä, joten Ohnon piti keksiä edullisia ja tehokkaita toimenpiteitä. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2019a.)

Muulle maailmalle lean-ajattelu tuli tutuksi kirjan *That Machine That Changed The World* kautta. Kirja kertoo japanilaisten autojen tuotantotehtaiden menestyksestä Yhdysvalloissa MIT-professoreiden kirjoittamana. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2019a.)

Leanilla tarkoitetaan asiakaslähtöistä prosessijohtamisen mallia. Se on enemmänkin ajattelu- ja toimintatavan muutos kuin yksittäisiä pieniä asioita. Tosin usein lean ajatellaan kasana erilaisia työkaluja ja tekniikoita. Leanissa tuotantoa ajatellaan yhtenäisenä putkena, joita ensin analysoidaan kvantitatiivisesti ja sen jälkeen yksinkertaistetaan poistamalla kaikki turha. Perustana on virtauksen tehostaminen ja hukan (menetetty aika) poistaminen, lopputuloksena läpimenoajan (tuotteen valmistus alusta loppuun) lyhentäminen. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2019a.)

Lean ei ole työkalu, jota käytetään hetki ja sen jälkeen kaikki on paremmin, vaan se on ajattelutapa, jonka avulla pyritään jatkuvaan, päivittäiseen, parantamiseen ja sopeutumiseen. Esimiesten tulee ymmärtää, miten tuote syntyy; mistä tuotanto alkaa, missä järjestyksessä ja ajassa kukin asia tapahtuu, jotta tuote valmistuu haluttuun aikaan. Kun ymmärretään prosessin kulku, voidaan tunnistaa hukat eli aika, joka käytetään tuotannossa muuhun kuin tuotannon tekemiseen. Hukan lähtökohtana on vaihtelu, joka aiheuttaa vikoja ja virheitä. Hukan minimoimiseksi tulee poistaa vaihtelua eli vakioita ja yksinkertaistaa tuotannon prosesseja. Näin tuotannosta saadaan joustavampi ja tulevien ongelmien tunnistaminen ja poistaminen on helpompaa. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2019a.)

Menetelmään sisältyy useita teorioita, tekniikoita ja työkaluja kuten esim. 5S, VSM, Kanban ja Gemba-kävely (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2019a.). Menetelmät ovat esitelty seuraavissa luvuissa lukuunottamatta Gemba-kävelyä, jonka esittely on työssä myöhemmin.

Usein ajatellaan, että leanissa käytetyt työkalut ratkaisevat tuotannon ongelmat, mutta työkalujen tarkoitus on tuoda esiin ongelmia, jotka hidastavat läpimenoaika. Esimiesten tehtävänä on ratkaista esiin tulleet ongelmat ja tuoda käyttöön uusia, parempia, käyttäytymis- ja johtamistapoja ja siten vakauttaa tuotantoa.

3.1 5S

Tilan puute on yllättävän yleinen ongelmien aiheuttaja yrityksissä. Tilan puutetta esiintyy eri tahoilla, esimerkiksi tietokoneissa muistin vähyytenä tai tuotannossa oikeiden työhöjeiden jatkuvana etsimisenä. Tilan puutteen ajatellaan olevan pääsyy, vaikka ongelma olisikin enemmän turhan tiedon tai tavaran määrässä kyseisessä kohteessa, esimerkiksi hitaasti toimiva tietokone voi olla pullollaan vanhoja ja käyttämättömiä tiedostoja. Vanhat tiedostot vievät tilaa eikä uusia tarpeellisia tiedostoja mahdu tai ne tallennetaan epäloogisiin sijainteihin, jolloin niiden etsimiseen menee turhaan aikaa. Tällaisessa tilanteessa 5S voi olla sopiva menetelmä työn tehokkuuden parantamiseen. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2019b.)

5S-menetelmän kehitti Hiroyuki Hirano Japanissa osana Toyotan tuotantojärjestelmien uudistamista. Menetelmän perusajatus on organisoida työpiste toimivaksi ja tehokkaaksi eli poistaa tarpeettomat tavarat ja auttaa pitämään työpiste järjestyksessä. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2019b.)

Menetelmä ymmärretään usein väärin, yksinkertaisena siivousohjelmana tai yksittäisenä parannuksena. 5S ei ole kerran tehtävä, erillinen toiminto vaan jokapäiväinen, osaksi työntekoa otettava toimintamalli. Keskeistä on, että työpisteellä on vain ne tavarat, joita sen hetkisen tehtävän suoriutumiseen tarvitaan ja kaikki työn virtausta estävät tavarat ja muut asiat poistetaan pisteeltä. Työtiimissä kaikki sitoutuvat toimintamallin käyttöön ottamiseen ja siinä pysymiseen. Pää tarkoitus on tehostaa tuotantoa eli saada virtaus nopeammaksi ja lyhentää tuotteen läpimenoaikaa. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2019b.)

5S sisältää viisi askelta, nimensä mukaisesti ”ässä”. Ensimmäinen porras on lajittelu (Sort, Seiri) eli luopuminen. Tässä vaiheessa käydään läpi kaikki työpisteen tavarat ja poistetaan kaikki ne esineet ja asiat, joita ei tarvita sen hetkiseen työtehtävään. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2019b.)

Seuraavaksi järjestetään (Store, Seiton) paikat kaikelle tarpeelliselle ja merkitään niiden paikat. Sijainnit tulee miettiä tarkasti, sillä tarpeellisten tavaroiden tulee olla helposti ja nopeasti käytettävissä sekä palautettavissa takaisin omalle merkitylle

paikalleen. Tavaroiden nouto tulee järjestää mahdollisimman nopeaksi ja esteetömäksi ottaen huomioon tehokkuus, ergonomia ja turvallisuus. (Quality Know-how Karjalainen Oy 2019b.)

Järjestämisen jälkeen siirrytään puhdistamiseen (Shine, Seiso). Tämän vaiheen tarkoituksen on pitää työalue siistinä. Työpistettä siivotaan ja järjestetään säännöllisesti, mielellään päivittäin. Saavutetusta järjestyksestä ja siivoustasosta luodaan visuaalinen ja selkeä standardi (Standardize, Seiketsu). Lopuksi taso päätetään ylläpitää ja siihen sitoudutaan (Sustain, Shitsuke). Tällöin menetelmän käytössä onnistutaan jatkuvasti ja siitä tulee rutiininomainen osa työpisteen hallintaa. Sitoutuminen on vaikein osa menetelmää, sillä jos saavutetulla tasolla ei onnistuta pysymään, muutkin 5S-osiot menettävät merkityksensä. (Quality Know-how Karjalainen Oy 2019b.)

Kuudentena menetelmään kuuluu turvallisuus (Safety, Anzen), joka tulee menetelmässä ns. kaupan päälle. Siisteys ja järjestys mahdollistaa turvallisen työympäristön ja vakiinnuttaa työtapoja. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2019b.)

5S on Leanin perustyökalu ja se onkin yksi ensimmäisistä Lean-konsepteista, jotka otetaan käyttöön, kun siirrytään Lean-toimintaan. Menetelmä sopii hyvin erilaisiin ympäristöihin, niin palvelu- kuin tuotantoympäristöönkin. Työkalun avulla hukka saadaan näkyväksi ja siten mahdollistetaan myös sen poisto. Menetelmän avulla voidaan lyhentää läpimenoaikoja, vähentää viallisten tuotteiden tuotantoa ja pysyä aikatauluissa paremmin. Tämän lisäksi 5S korostaa työturvallisuutta, mikä on etenkin tuotantotyössä aina tarpeellista. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2019b.)

3.2 Value Stream Mapping (VSM)

Prosessien kehittämiseen yksi yleisimmin käytettyjä konsepteja on VSM eli arvovirtakuvaus. Menetelmässä kuvataan yhdelle lomakkeelle prosessin vaiheet, yhteydet, tapahtumien taajuudet, varastojen määrät ja prosessien ajat. Arvovirta on kokonaisaika eli toisin sanoin läpimenoaika asiakkaan tilauksesta siihen, että tilaus on toimitettu asiakkaalle. VSM on visuaalinen esitys materiaalien ja tiedon

virtauksesta tuotannossa. Pääajatus menetelmässä on yksinkertaistaa toimintoja, sujuvoittaa niitä ja tarkastella prosessia uusin silmin, kyseenalaistaen aiempia tapoja. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2019c.)

Menetelmä kehitettiin Toyotan autotuotannossa vuonna 1950, kuten monet muutkin Leanin menetelmät. Laajemmin se tuli tunnetuksi vuonna 1997, kun Peter Hines ja Nick Rich julkaisivat aiheesta artikkelin nimeltään The Seven Value Stream Mapping Tools. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2019c.)

Arvovirtauksesta pyritään samaan mahdollisimman nopea ja sujuva eli kaikki hukka halutaan poistaa prosessista. Mahdollisia hidasteita eli virtauksien esteitä voidaan tunnistaa käyttämällä arvovirtakuvausta. Samalla ongelmia voidaan priorisoida. Kun läpimenon oikeat ongelmat ovat selvillä, on niiden ratkaiseminen helppoa ja nopeampaa. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2019c.)

Asiakas on yleensä se, joka määrittää arvovirran. Muitakin tapoja kuitenkin on. Prosessi voidaan aloittaa tuotemäärä-analyysillä (Product-Quantity), joka osoittaa, onko jonkin tuotteen volyymi tarpeeksi suuri arvovirtaan. Lopputulemana analyysissä on Pareto-kaavio, jolla näytetään tuotteiden määrät ja joka auttaa erottamaan kriittiset tuotteet kaikista tuotteista. Mikäli tuotemäärä-analyysillä ei löydy selviä valintoja arvovirtaan, voidaan käyttää tuotereitti-analyysiä (Product-Routing). Analyysissä selvitetään, mitkä tuotteet kuuluvat samaan tuoteperheeseen eli kulkevat saman prosessin läpi. Samalla kuvataan prosessiaskalet tai toiminnot ja listataan ne tuotteittain määrien mukaiseen järjestykseen. Lopuksi tuotteet ryhmitellään samankaltaisten prosessiaskaleten perusteella ja analysoidaan prosessireittien mahdollisuudet. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2019c.)

VSM ei ole pelkästään luettelo läpimenon vaiheista vaan myös vaiheiden yhteyksistä. Se on laaja visuaalinen kuvaus tuotantoprosessin nykytilanteesta ja se auttaa ymmärtämään prosessia kokonaisvaltaisesti. Se tuo näkyville prosessin nykytilanteen ongelmia ja auttaa siten parantamaan ja tehostamaan prosessia eli lyhentämään läpimenoaikaa. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2019c.)

3.3 Kanban

Tunnetuin Leanin työkaluista on Kanban, joka on esimerkki imuohjauksesta. Kyseisen työkalun alkuperäinen idea syntyi, kun Toyoan Taiichi Ohno asioi Piggly Wigglyn vuonna 1916 perustetussa supermarketissa Memphisissä. Tämän jälkeen Ohno teki useita opintomatoja amerikkalaisiin autotehtaisiin, mutta asiakkaan tarpeiden toteutus ei ollut hänen mielestään tarpeeksi hyvä supermarketteihin verrattuna. Supermarketeissa asiakas sai ostaa haluamansa määrän haluamansa tavaraa ja itse valittuun aikaan. Ohnon mielestä tämä oli imuohjauksesta täydellinen esimerkki. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2019a.)

Kanban on tiimin toiminnanohjauksen työkalu. Se on suosittu, mutta usein väärinkäytetty menetelmä ja se voikin olla tehokkain tai tehottomin tapa parantaa tiimien toimintaa. Tarkoituksena on visualisoida työtehtävät siten, että niistä löytyy kehittämisen aiheita ja sen jälkeen aiheita käydään läpi ja ratkaistaan yksi kerrallaan. Tämä tehdään käyttämällä Kanban-taulua, johon tiimin jäsenet kiinnittävät post-it viestilappuja. Esimerkki Kanban-taulusta on taulukossa 2. (Contribyte 2019.)

| Uudistukset/ongelmat | Keskeneräiset | | Tehty |
|----------------------|---------------|--------------|-------|
| | Kehityksessä | Testauksessa | |
| | | | |

Taulukko 2. Kanban-taulu

Kanbanin perusajatus on tarvevetoisuus ja yhtäaikaisen tekemisen rajoittaminen. Tämä tarkoittaa sitä, että asiat tehdään yksi kerrallaan valmiiksi ja uusia tehtäviä asioita otetaan tehtäväksi vasta sitten, kun edelliset on suoritettu ja tarve uusille tehtäville syntyy. (Contribyte 2019.)

Kanbanissa on kolme pääsääntöä eli työnkulun visualisointi, samanaikaisen työn rajoittaminen ja läpimenoajan mittaaminen. Ensin työnkulku pitää visualisoida eli

työtehtävien sisältö puretaan auki. Tällä tavoin työtehtävistä löytyy mahdollisia ongelmia ja kehityskohteita. Pelkkä työnkulun visualisointi on huonoin versio Kanbanin käytöstä. Tiimin jäsenet saavat toki kehitettyä ja hallittua omia työtehtäviään, mutta tukea ja apua muilta jäseniltä ei saa. (Contribyte 2019.)

Työnkulun visualisoinnin jälkeen samanaikaisia työtehtäviä rajoitetaan. Rajoitusten tulee olla niin tiukkoja, ettei samanaikaisten tehtävien tekeminen ole edes mahdollista. Tämän vaiheen lisääminen työnkulun visualisointiin on jo merkittävä kehitysaskel, koska tässä vaiheessa pyritään jo optimoimaan prosessia ja saavuttamaan nopeampia tuloksia. Prosessien jatkuvan parantamisen osalta on kuitenkin usein puutoksia ja siksi on tarpeellista mitata myös läpimenoaikoja. (Contribyte 2019.)

Läpimenoaikojen mittaamista ja optimointia pidetään usein Kanbanin tärkeimpänä vaiheena. Vaihe on hieman erilainen riippuen siitä, onko kyseessä valmistava vai tuote- ja palvelukehityksen teollisuus. Valmistavassa teollisuudessa Leanin tärkeimpiä ajatuksia on samanmittaisuus ja variaatioiden minimointi. Tuote- ja palvelukehityksessä variaatiot ovat työn luonteen vuoksi sisäänrakennettuina, kehityskohteita ei useinkaan voida arvioida etukäteen ja siten myös Kanbanin läpimenoaika vaihtelee. Tällöinkin pitkän aikavälin mittauksesta on apua tehokkuuden kehittymisen ymmärtämisessä, mutta tulokset ovat haastavampia tulkita kuin valmistavassa teollisuudessa. Tästä syystä onkin tärkeämpää noudattaa eri vaiheiden välisiä sääntöjä sekä jatkuva oppiminen ja kokeilu. (Contribyte 2019.)

Kanbanin käytöllä tuote- ja palvelukehityksessä on riski siiloutua. Tällä tarkoitetaan sitä, että Kanbanin vaiheista tehdään liian henkilökeskeisiä ja tehtäviä siirretään Kanban-taulussa ihmiseltä toiselle. Jokaisessa siirrossa katoaa suuri määrä tietoa, joidenkin mukaan jopa 50 %. Tämä ongelma vältetään siten, että aiemmin määritellyt rajat eivät mahdollista jokaiselle tiimin jäsenelle omia tehtäviä vaan pakottavat jäsenet yhteistyöhön. (Contribyte 2019.)

Etenkin testaus-vaiheessa rajojen tiukkuus on merkittävässä roolissa. Testaus voi ruuhkautua, mikäli aiemman vaiheen toimijat, kehittäjät, vain jättävät tuotoksensa kehitykselle osallistumatta testaukseen. Rajojen on pakotettava koko tiimi

tekemään kaikkensa vaiheen nopeuttamiseksi eli osallistuttava kaikki tiimin jäsenet. Tällainen työn kehittäminen vaatii työtiimiltä paljon ja siksi harvat yritykset uskaltavat painostaa ko. toimintaan. Kaikkien tiimin jäsenten tulee ymmärtää tehtävien läpimenoajan maksimointi laajemmassa kokonaisuudessa. (Contribyte 2019.)

Kanban voi olla erittäin tehokas ja hyödyllinen työkalu työtehtävien kehittämiseen, toimitusnopeuden optimointiin sekä laadun parantamiseen. Kanbanin kaikkien vaiheiden käyttö parantaa tiimityöskentelyä ja auttaa työyhteisön jäseniä näkemään työvaiheet yhtenä osana kokonaisläpimenoajan optimointia. (Contribyte 2019.)

3.4 Lean-malli Lujabetonilla

Lean-ajattelumallia käytetään nykyään melko yleisesti betonielementtiteollisuudessa. Yhdysvalloissa leanin käyttöä on luonnollisesti tutkittu kauemmin kuin Suomen tuotannossa, jossa tutkimukset ovat lähinnä insinööri- ja diplomitöiden yhteydessä tehtyjä.

Lujabetoni Oy:ssä lean-ajattelumalli on tuttu ja henkilöstölle järjestetään lean-koulutuksia. Tuotantoa pyritään vakiinnuttamaan ja hukat poistamaan. Mitään tiettyä leanin työkalua ei käytetä, mutta kyseinen ajattelutapa on käytössä. Leanin kokonaisvaltainen käyttöönotto on elementtitehtaassa haastavaa, sillä tuotteet ovat nykyään hyvin pitkälti yksilöllisiä ja siten vaihtelevuutta ei voida täysin poistaa kaikilla tuotannon osa-alueilla.

3.5 Tutkimusmenetelmä

Jotta Lean-mallia voitaisiin hyödyntää superlaatan valmistuksessa, tulisi ensin ymmärtää superlaatan tuotanto kokonaisuudessaan. Alkuperäinen ajatus tutkimuksessa oli kellottaa työvaiheita ja verrata niitä Siilinjärven tehtaan tuotannosta tehtyihin kellotustietoihin. Työnantajani oli kuitenkin sitä mieltä, ettei tuotannossa ole vielä kellotukselle sopiva aika eikä vertailukelpoista kellotusmateriaalia saada vielä aikaan tutkimusta ajatellen. Työn ainoaksi tutkimusmenetelmäksi jäi siten Gemba-kävely.

Gemba-kävely

Gemba-kävely on samalla tutkimusmenetelmä sekä lean-työkalu. Menetelmä kehitettiin Toyotan tehtaalla. Nimitys pohjautuu japanin kieliseen sanaan, joka tarkoittaa oikeaa paikkaa tai paikkaa, jossa arvo luodaan. Menetelmässä työn tekoa seurataan työn tekijän lähettyvillä, lyhyissä noin 15 minuutin pituisina tutkimushetkinä työntekijän mukana kulkien. (Six Sigma Daily 2019.)

Gemba-kävely on tutkimusmenetelmänä erittäin sopiva tuotannon nykytilanteeseen, koska sen avulla saa yksityiskohtaista tietoa kustakin työvaiheesta, työvaiheiden riippuvuuksista ja niiden haasteista. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin hetki kerrallaan yhteen työvaiheeseen ja sitä suorittavaan työntekijään. Huono puoli menetelmässä on, mikäli tutkimushetkestä tulee työntekijän valitushetki toimihenkilölle, mutta näin ei tutkimuksessa tapahtunut.

Tutkimus tehtiin elokuun 2019 aikana. Yksittäisen Gemba-kävelyn kesto oli 15 minuutista puoleen tuntiin. Menetelmää käytettiin jokaiseen Superlaatan työtehtävään.

4 Tutkimuksen tulokset

Tuotannossa on tällä hetkellä suuri määrä läpimenoa hidastavia tekijöitä. Merkittävin tuotantoa tehostava tekijä on työmenetelmien vaihtuvuuden vähentäminen ja ennakoinnin lisääntyminen. Tämä vaatii työtapojen vakioimista ja tuotantoa tukevien asioiden sujuvuutta. Koska jokainen tuotantolinja on yksilöllinen, kaikkea vaihtelevuutta ei voida täysin poistaa, mutta voidaan pyrkiä vakioimiseen mahdollisimman pitkälle. Tuotannon läpimenon ajoista, työvaiheista ja ideoita niiden kehittämisestä on tarkempaa tietoa liitteessä yksi.

Tutkimuksen alussa linjalla työskenteli yhdeksän työntekijää ja tutkimukseni lopussa työmiehiä oli yhteensä 19. Uusien työntekijöiden kouluttamiseen kului aikaa ja kokeneiden työntekijöiden työtehokkuutta, mutta panostus näkyi selvästi tuotannon nopeutumisena, koska se mahdollisti myös vuorotyöskentelyn. Yksi merkittävimmistä tekijöistä tuotannon nopeutumiseen olikin siirtyminen yhdestä

työvuorosta kahteen vuoroon, joka tarkoittaa työtuntien lisääntymisestä kahdeksasta kuuteentoista tuntiin päivässä.

Tutkimuksen alussa tuotannolla oli merkittäviä ongelmia harkkokoneen toiminnan kanssa. Laitteen ongelmat aiheuttivat pahimmillaan yhden työpäivän menetyksen tuotannossa. Nämä ongelmat saatiin kuitenkin selvitettyä työn aikana.

Työn aikana osastolla otettiin käyttöön vakituinen viikkopalaveri, jossa kaikki tuotantoon osallistuvat kokoontuivat hetkeksi, yleensä 15 – 60 min, rauhalliseen tilaan. Palavereissa käydään läpi tuotannon läpimenon lukuja, esimerkiksi tehokkuusindeksi ja osaston budjetti, tulevia kohteita ja muita tuotantoon vaikuttavia asioita esimerkiksi tulevat koneiden huollot. Lopuksi kaikki saavat esittää kehitysideoita, ilmoittaa mahdollisista puutteista, esimerkiksi työkaluissa, ja edellisen palaverin vastaavien ilmoitusten nykyinen tila käydään läpi. Tämä antaa työntekijöille mahdollisuuden vaikuttaa aktiivisesti työhönsä, kehittää työtapojaan ja samalla valmistuspäällikkö saa ajantasaisen käsityksen tuotannon mahdollisista puutteista eikä asioiden hoitaminen jää puolitiehen.

Ennakointi on erittäin tärkeää tuotannon sujuvuudelle etenkin superlaatan kaltaisessa tuotannossa, jossa tuotanto koostuu useasta limittäisestä työtehtävästä. Jotta työtehtävien vääräaikaisuudesta johtuvat odotusajat saadaan minimoitua, tulee esivalmistelut tehdä hyvissä ajoin, vähintään yksi linja etukäteen. Tällöin esimerkiksi työntekijän sairastuminen tai koulutuspäivä ei vaikuta niin merkittävästi tuotannon läpivientiin. Tuotannonsuunnittelusta riippuvia parannuksia ovat linjasuunnitelmien vienti tuotannolle aiemmassa vaiheessa, purkulistojen selkeyttäminen ja tuotantokuvien ongelmien ja epäselvyyksien ratkaiseminen etukäteen.

Siivouksen ja järjestyksen merkittävyys tuotannon sujuvuuteen on selvää. Tähän kannattaa kiinnittää jatkossa paljon huomiota, sillä kiireen keskellä useamman työvaiheen sisältämä työ voi aiheuttaa paljon epäsiisteyttä. Lisäksi laitteiden ja työvälineiden vakioidut paikat vähentävät turhaa liikkumista paikasta toiseen.

5 Yhteenveto

Tutkimuksessa tutustuttiin ja tutkittiin Luja-Superlaatan tuotantoa Lujabetoni Oy:n Järvenpään tehtaalla. Tutkimuksessa käytettiin lean-toimintamallista tuttua menetelmää, gemba-kävelyä. Tutkimusta suoritettiin useamman viikon ajan, tuotannon työntekijöiden työssä mukana ollen ja tehden pieniä haastatteluja työn ääressä. Tarkoituksena oli tehdä työn aikana myös kellotusta tuotannosta, mutta tämä suunnitelma ei koskaan toteutunut. Gemba-kävely oli sopiva tutkimusmenetelmä työlle, etenkin huomioiden sen, että tuotanto on melko uutta Järvenpään tehtaalla. Jatkotutkimuksena tuotantoon kannattaa tehdä kellotuksen, kun aika on sopivampi. Kellotuksesta saatujen tuloksien kautta on mahdollista verrata tuotannosta tulevia tunteja ja myynnin antamia tunteja keskenään.

Suurimmaksi kehityskohteeksi osoittautui työvaiheiden limittäminen sekä työn ennakointi jokaisessa työn vaiheessa suunnittelusta kuljetukseen. Muita kehityskohteita on työntekijöiden monipuolisen osaamisen parantaminen, tuotantolinjan siisteyteen panostaminen ja viestinnän tehostaminen.

Tutkimus oli erittäin opettavainen kokemus työn tekijälle sekä sen tilaajalle. Kehitysideoita ja muutoksia tehtiin paljon jo tutkimuksen aikana sekä sen jälkeen. Yritys sai lisää tarvitsemaansa dokumentoitua tietoa Superlaatan työvaiheista ja niiden kehityskohteista. Tuotannon läpimenoajat nopeutuivat merkittävästi. Kokonaisuutena tutkimusta voi pitää onnistuneena.

Lähteet

Betoniteollisuus Ry 2019a. Runkorakenteet. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet>. Luettu 24.6.2019.

Betoniteollisuus Ry 2019b. Laattarakenteet. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet>. Luettu 24.6.2019.

Betoniteollisuus Ry 2019c. Ontelolaatat. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat>. Luettu 24.6.2019.

Betoniteollisuus Ry 2019d. Kuorilaatat. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat/kuorilaatat>. Luettu 23.10.2019.

Contribyte. Kanban. <https://contribyte.fi/2016/12/15/tehokas-kanban-vai-kasalappuja-seinalla/>. Luettu 21.10.2019.

Helimäki & Kylliäinen. Betonivälipohjien askelääneneristys. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK010304.pdf>. Luettu 24.6.2019.

Quality Knowhow Karjalainen Oy 2019a. Six Sigma. <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/lean/>. Luettu 28.7.2019.

Quality Knowhow Karjalainen Oy 2019b. Viiden ässän kehitystyökalu. <http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/viiden-assaen-kehitystyokalu/>. Luettu 22.10.2019.

Quality Knowhow Karjalainen Oy 2019c. Value Stream Mapping. <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus/>. Luettu 22.10.2019.

RT 83-10902 Välipohjarakenteita. 2015. Rakennustieto Oy.

Suomen Betoniyhdistys ry. Betoninormit 2016.