



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

PIENTALON SUUNNITTELUPROSESSI VERTEX BD -OHJELMALLA

TEKIJÄ: Viivi Hiltunen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Viivi Hiltunen			
Työn nimi Pientalon suunnitteluprosessi Vertex BD -ohjelmalla			
Päiväys	12.5.2019	Sivumäärä/Liitteet	33/2
Ohjaajat Laboratorioinsinööri Juha Lehtikanto, tuntiopettaja Teppo Houtsonen			
Toimeksiantaja Sweco Rakennetekniikka Oy			
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Sweco Rakennetekniikka Oy:lle yleinen työjärjestys Vertex BD:llä tehtävään pientalojen rakennesuunnitteluun. Tarkoituksena oli tarkastella suunnitteluprosessia Lean-filosofian näkökulmasta. Prosessin kehittämisen tavoitteena oli yhtenäistää ja virtaviivaistaa pientalojen suunnittelun läpimenoa sekä parantaa suunnittelun laatua.</p> <p>Työjärjestyksen kehittämisessä käytettiin aikaisempia suunnitteluohjeita ja Vertex BD:n omia ohjeita. Ohjeista tunnistettiin toistuvia osia, jotka koottiin yhteen. Työssä pyrittiin havaitsemaan syitä, miksi tietty suunnittelutehtävä tulee olla tehtynä tietyssä vaiheessa. Lean-teoriaa, sen periaatteita ja niiden soveltuvuutta suunnittelutyöhön tutkittiin kirjallisuuskatsauksena. Lisäksi käsiteltiin rakennesuunnitteluprosessia yleisesti.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tuloksena tuotettiin pientalojen rakennesuunnittelun yleinen työjärjestys ja prosessikaavio. Työjärjestyksen avulla saadaan yhtenäistettyä suunnittelun laatua ja sitä voidaan käyttää myös uusien työntekijöiden perehdytyksessä.</p>			
Avainsanat Vertex BD, suunnitteluprosessi, Lean, pientalo			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Engineering			
Author Viivi Hiltunen			
Title of Thesis Design Process of Detached Houses by Using Vertex BD Program			
Date	12 May 2019	Pages/Appendices	33/2
Supervisors Mr. Juha Lehtikanto, Laboratory Engineer and Mr. Teppo Houtsonen, Lecturer			
Client Organisation Sweco Rakennetekniikka Ltd			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this final project was to develop a general working order for structural designing of detached houses for Vertex BD. The project was commissioned by Sweco Rakennetekniikka Ltd. The aim was to analyze the design process from the perspective of <i>Lean theory</i>. The purpose of process development was to standardize and streamline the process and improve the quality of design.</p> <p>Previous design instructions and Vertex BD guidelines were used to develop the working order. Parts that recur in different instructions, were recognized and compiled. In this study, reasons for doing different tasks in a certain order and at a certain stage were distinguished. <i>Lean theory</i> and its suitability for design work were studied in literature. The design process of structures was discussed on a general level.</p> <p>As a result of this project, a general working order and process flow chart were produced. The working order harmonizes the quality of design. It can also be used for familiarizing new employees with their work.</p>			
Keywords Vertex BD, design process, Lean, detached house			

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

5S	Seiri-Seiton-Seiso-Seiketsu-Shitsuke (lajittele-järjestä-puhdista-standardoi-ylläpidä)
BIM	Building Information Model, rakennuksen tietomalli
JIT	Just-in-time -filosofia
Kaizen	Jatkuva parantaminen
Lean	Virtaustehokkuutta korostava toimintastrategia
Muda	Hukka
Mura	Epätasaisuus, vaihtelu
Muri	Ylikuormitus
PDCA	Plan-do-check-act
TPS	Toyota Product System
Vertex BD	BIM-ohjelmisto teolliseen rakentamiseen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Tausta ja tarkoitus	7
1.2	Sweco	7
2	VERTEX	8
2.1	Vertex Systems Oy	8
2.1.1	Vertex BD	8
3	LEAN	9
3.1	Historia	9
3.2	Ydinperiaate	9
3.2.1	Hukka	11
3.2.2	Ylikuormitus.....	12
3.2.3	Vaihtelu.....	12
3.2.4	Jatkuva parantaminen	12
3.3	Tehokkuusparadoksi	12
3.4	Lean-ajattelu suunnitteluprosessissa	13
3.5	Lean-työkaluja suunnitteluprosessien kehittämiseen.....	15
3.5.1	Just in time - JIT.....	15
3.5.2	Arvovirtakartta	15
3.5.3	PDCA-sykli	16
3.5.4	5S.....	17
3.5.5	Mittaaminen ja tunnusluvut	18
3.5.6	Tiimityö	19
3.5.7	Muita työkaluja	19
4	PIENTALON SUUNNITTELUPROSESSI.....	20
4.1	Pientalohankkeen suunnitteluvaihe.....	20
4.2	Rakennesuunnittelu	20
4.2.1	Arvo.....	21
4.3	Rakennesuunnittelu Vertex BD -ohjelmalla	21
5	POHDINTA.....	29
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	30
	LIITE 1: PIENTALON SUUNNITTELUN PROSESSIKAAVIO	32

LIITE 2: TYÖJÄRJESTYS..... 33

1 JOHDANTO

1.1 Tausta ja tarkoitus

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää Sweco Rakennetekniikka Oy:lle yleinen työjärjestys Vertex BD-ohjelmalla tehtävään pientalojen rakennesuunnitteluun. Työ on yritykselle tärkeä ja ajan-kohtainen, koska heillä on tarve yhtenäistää ja selkeyttää pientalojen suunnitteluprosessin läpime-
noa.

Työssä käydään läpi pientalon suunnitteluprosessi Lean-ajattelumallia silmällä pitäen. Lean-filosofian tarkoituksena on maksimoida arvoa ja minimoida kustannuksia, eli tuottaa maksimaalisesti arvoa asiakkaalle ja karsia kaikki, jota asiakas ei arvosta (ecraft.fi). Työssä kehitetään ja kirjataan ylös suunnitteluprosessin yleinen työjärjestys ja suunnitteluvaiheohjeistus, sekä mahdollisesti eri talotehtaiden toisistaan poikkeavat, suunnittelujärjestykseen vaikuttavat asiat. Työssä ei ole tarkoituksena suunnitella pientaloa tai tehdä yksittäisen talotehtaan ohjetta. Työn ei myöskään ole tarkoitus olla Vertex BD:n käyttöohje, mutta tietyissä suunnitteluvaiheissa voidaan ottaa kantaa ohjelman eri toimintatapoihin, kuten miten ja millä työkalulla tietyt asiat tehdään. Tarvittaessa huomioidaan myös ohjelman kehittämistarpeet yrityksen näkökulmasta katsottuna. Työn teoriaosioissa käsitellään Lean-teoriaa sekä suunnitteluprosessia yleisesti kirjallisuuskatsauksen avulla.

Prosessin kehittämällä saadaan suunnittelun laatua yhtenäistettyä. Opinnäytetyön tuloksena tehtävää työjärjestystä ja prosessikaaviota voidaan käyttää myös uusien työntekijöiden perehdytyksessä.

1.2 Sweco

Sweco on rakennetun ympäristön ja teollisuuden asiantuntija. Yrityksen yhteensä 15 000 asiantuntijaa tarjoaa asiakkailleen suunnittelu- ja konsultointipalveluja kaiken kokoisiin hankkeisiin. Yritys toteuttaa vuosittain projekteja 70 maassa eri puolilla maailmaa. Sweco on Euroopan johtava suunnittelun ja konsultoinnin asiantuntijayritys. Heidän asiakaslupauksensa on olla helposti lähestyttävä ja sitoutunut kumppani, jolla on arvostettua osaamista. (sweco.fi a.)

Sweco Rakennetekniikan osaamisalueita ovat muun muassa teollisuusrakentaminen, sillat ja infrarakenteet, betonirakenteet, teräsrakenteet, puurakenteet ja korjausrakentaminen. Yritys on Suomessa rakennesuunnittelun markkinajohtaja ja sen palvelut kattavat kaikki rakennesuunnittelun osa-alueet, kohdetyypit ja materiaalit. (sweco.fi b.)

Swecon puurakenteiden osaaminen kattaa kaikki suunnitteluun, tutkimukseen ja kehitykseen sekä tarkastustoimintaan liittyvät palvelut erilaisissa kohteissa. Suunnittelussa hyödynnetään monipuolisesti tietomalleja. Sweco osallistuu aktiivisesti asiakkaidensa tuotekehitysprosesseihin ja kehittää myös omia suunnitteluvälineitään. Swecolla työskentelee yli 70 puurakenteiden suunnittelijaa. (sweco.fi c.)

2 VERTEX

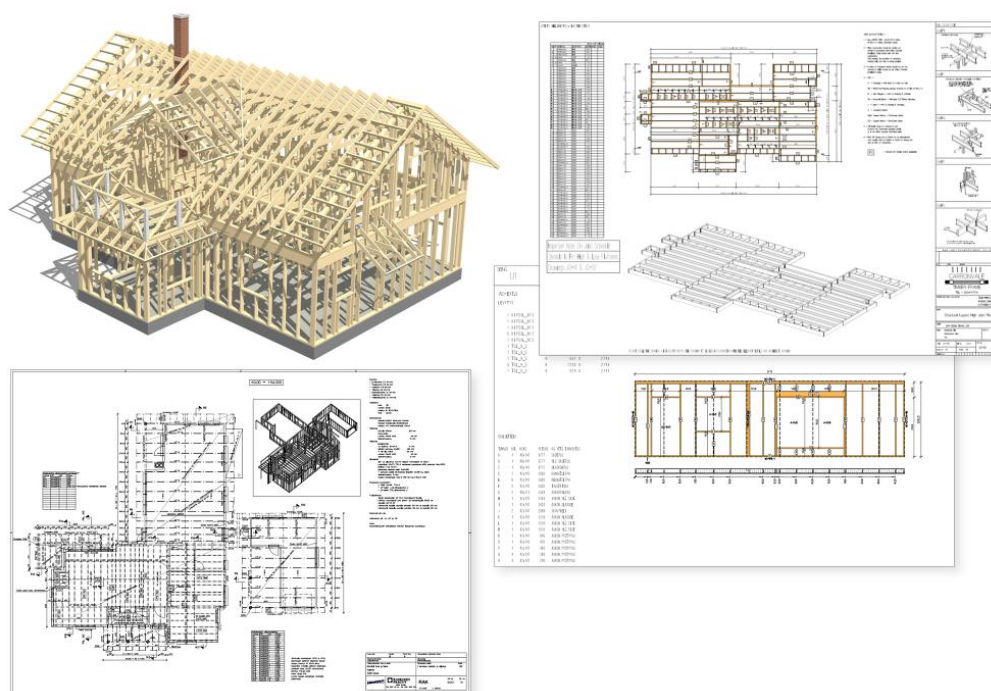
2.1 Vertex Systems Oy

Vertex Systems Oy on vuonna 1977 perustettu suomalainen tietokoneohjelmistoja valmistava yritys. Se on maailmanlaajuisesti tunnettu suunnittelun ja tiedonhallinnan ohjelmistoratkaisujen toimittaja teollisuudelle. Vertexillä on 18 000 käyttäjää yhteensä 37 eri maassa. Yrityksen asiakkaita ovat metalliteollisuuden kone- ja laitevalmistajat, teolliset talonrakentajat, kalusteiden valmistajat, laitostoi-
mittajat, prosessiteollisuus sekä niitä palvelevat suunnittelutoimistot. (Vertex Systems Oy a.)

2.1.1 Vertex BD

Vertex BD on kotimainen BIM-ohjelmisto teolliseen rakentamiseen (Vertex Systems Oy b.). Se tarjoaa monipuoliset työkalut projektin jokaiseen vaiheeseen sekä rakennusliikkeen ja talotehtaan että niiden myyjien ja alihankkijoiden käyttöön. Vertex BD:ssä suunnittelutieto tallentuu älykkääseen tietomalliin, joka sisältää kaiken suunnittelussa käytetyn tiedon. Yleisimmät ja tärkeimmät mallista tuotetut dokumentit ovat arkkitehti- ja rakennepiirustukset, mutta niiden lisäksi mallista saadaan tuotettua myös esimerkiksi materiaaliluettelot ja visualisoidut kuvat. (Vertex Tuotedokumentaatio a.) Vertexiin voidaan tuoda tietoa muista ohjelmista ja siitä voidaan viedä tietoa muihin ohjelmiin IFC-mallia hyödyntäen (Vertex Systems Oy b.).

Vertex BD soveltuu erityisesti pienten ja keskisuurten rankarakenteisten asuintalojen sekä julkisten rakennusten arkkitehti- ja rakennesuunnitteluun. Mallista tuotetaan piirustukset, luettelot ja tuotantokoneiden ohjaustieto koko prosessille luonnosvaiheesta rakennusten tuotantoon. (Vertex Tuotedokumentaatio b.) Kuvassa 1 on esimerkkejä ohjelmalla tuotetuista rakennesuunnitelmista.



Kuva 1. Vertex BD:llä tuotettuja rakennesuunnitelmia (Vertex Systems Oy b)

3 LEAN

3.1 Historia

Lean on virtaustehokkuutta korostava toimintastrategia, joka on kehitetty Toyotan tuotannonohjausjärjestelmän (Toyota Production System, TPS) pohjalta. TPS kehittyi vuosikymmenien aikana vastaukseksi kasvavan yrityksen kohtaamiin haasteisiin (Liker 2010, 25). Käsite *lean production* on mainittu ensimmäisen kerran vuonna 1988 Sloan Management Review -lehdessä julkaistussa, John Krafcikin kirjoittamassa artikkelissa Lean-tuotantojärjestelmän riemuvoitto (Modig & Åhlström 2013, 78).

Lean-filosofian tarina alkaa 1800-luvun lopusta, kun japanilainen keksijä Sakichi Toyoda kehitti ensimmäiset täysin automatisoidut kangaspuut. Yksi hänen keksintönsä hienouksista oli mekanismi, joka pysäytti koneen automaattisesti langan katkettua. Tämä keksintö kehittyi laajemmaksi järjestelmäksi, josta tuli toinen TPS:n peruspilareista. Tätä pilaria kutsutaan nimellä *jidoka*, joka tarkoittaa automaatiota inhimillisellä kosketuksella. Toisin sanoen prosessi tulee tarvittaessa keskeyttää, jotta laatu saadaan kuntoon. Sakichi Toyodan panos Toyotan kehittymiseen oli hänen työfilosofiansa, joka pohjautuu haluun kehittyä jatkuvasti paremmaksi. (Liker 2010, 18–19.)

Toyota Motor Corporationin perusti vuonna 1937 Sakichi Toyodan poika Kiichiro Toyoda. Hän lähti yritystä perustaessaan aina liikkeelle isänsä filosofiasta ja korosti, kuinka tärkeää on aina saada ”langan päästä kiinni” koko tuotannossa. Siitä sai alkunsa TPS:n toisen peruspilarin, *just-in-time* -filosofian kehittäminen. Just-in-time -filosofiassa tuotantoon luodaan virtaus karsimalla kaikki turhat varastot ja tuottamalla vain sitä, mitä asiakas haluaa. (Modig & Åhlström 2013, 70–71.)

Toisen maailmansodan jälkeen Japani oli tilanteessa, jossa useimmat teollisuudenalat oli tuhottu, tarvikkeita oli olematon ja kuluttajilla ei ollut rahaa. Tällöin toimitusjohtaja Eiji Toyoda, Kiichiro Toyodan serkku, antoi tehtaanjohtaja Taiichi Ohnolle tehtävän parantaa Toyotan valmistusprosessia yhdysvaltalaisen Fordin tasolle. Ohno hyväksyi haasteen, ratkaisi luovasti ongelman toisensa jälkeen ja kehitti uuden tuotantojärjestelmän, TPS:n. (Liker 2010, 20–25.) Taiichi Ohnoa kutsutaankin usein ”TPS:n isäksi” (Modig & Åhlström 2013, 78).

Termi lean tuli suurelle yleisölle tunnetuksi kahden suosituksen kirjan, *The Machine That Change World* (Womack, Jones & Roos, 1991) ja *Lean Thinking* (Womack & Jones, 1996), ansiosta. Kirjailijat ovat painottaneet, että heidän tekemänsä Lean-tutkimus pohjautuu kuitenkin TPS:ään ja Toyotan siitä kehittämään versioon (Liker 2010, 15).

3.2 Ydinperiaate

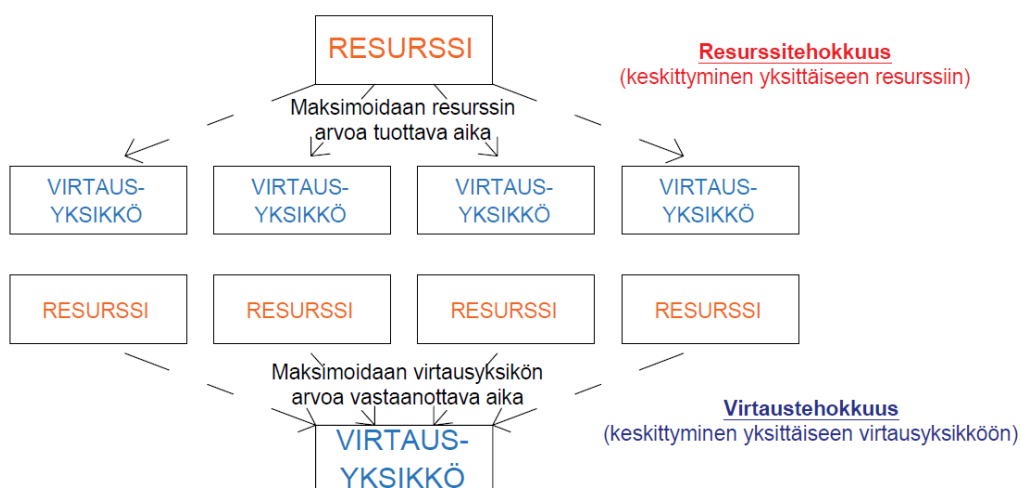
Lean-filosofia on ajattelutapa, jossa lähtökohdaksi on toiminnan jatkuva parantaminen ja hukkan eli arvoa tuottamattomien toimien poistaminen. Tällä tavoitellaan maksimaalisen lisäarvon tuottamista

asiakkaalle, sillä asiakkaan tarpeet ohjaavat koko yrityksen toimintaa. Hukan poistamisen lisäksi organisaation pyritään luomaan kulttuuri, jossa ongelmiin puututaan heti niiden ilmetessä. Tällä tavalla työn laatu saadaan kuntoon heti, mikä parantaa tuottavuutta pitkällä aikavälillä. Lisäksi tulee käyttää vakaita, toistettavia menetelmiä, sillä standardoidut menetelmät ovat jatkuvan parantamisen ja työntekijöiden sitouttamisen perusta. (Liker 2010, 37–41.)

Kirjailijat Womack ja Jones toivat teoksessaan Lean Thinking (1996) esille viisi periaatetta, jotka ovat Leanin kannalta erityisen tärkeitä:

1. Arvon määrittäminen asiakkaan näkökulmasta: annetaan asiakkaalle mitä hän haluaa.
2. Arvoketjun tunnistaminen: kartoitetaan arvoa muodostava reitti alkutilanteesta asiakkaalle toimitettavaan tuotteeseen.
3. Virtauksen synnyttäminen: muodostetaan arvovirta ja pidetään se liikkeessä. Vältetään erä ja jonoja tai ainakin pyritään aktiivisesti vähentämään niitä. Ei koskaan viivästytetä arvoa tuottavaa toimintaa lisäämällä prosessiin arvoa tuottamattomia toimia.
4. Imu: kun prosessi on saatu virtaamaan, tuotetaan palvelua vain asiakkaan kysynnän mukaan ilman ylituotantoa.
5. Täydellisyys: toimitetaan asiakkaalle hänen haluamaansa tuotetta juuri silloin kun hän sen haluaa, kustannustehokkaasti ja mahdollisimman vähäisellä hukalla. Pyritään täydellisyyteen prosessia jatkuvasti parantamalla. (Bicheno & Holweg 2016, 13–15.)

Leanissa korostetaan virtaustehokkuutta resurssitehokkuuden sijaan. Resurssitehokkuus on tehokkuuden perinteinen muoto ja siinä korostetaan kaikkien arvoa tuottavien resurssien mahdollisimman tehokasta hyödyntämistä. Resursseja ovat esimerkiksi henkilöstö, toimitilat ja koneet. Resurssitehokkuudessa tarkkaillaan sitä, kuinka paljon resurssia hyödynnetään suhteessa tiettyyn ajanjaksoon. Virtaustehokkuudessa huomio kääntyy resurssien tehokkaasta hyödyntämisestä organisaatiossa jalostettavaan yksikköön. Virtaustehokkuus mittaa sitä, kuinka paljon virtausyksikkö jalostuu tietynä ajanjaksona. (Modig & Åhlström, 8–15.) Kuvassa 2 esitetään resurssi- ja virtaustehokkuuden riippuvuussuhteet.



Kuva 2. Resurssi- ja virtaustehokkuuden riippuvuussuhteet (muokattu lähteestä Modig & Åhlström 2013, 21)

Lean-toiminnan yksi päämäärä on siis työn sujuvan etenemisen eli virtauksen tavoittelemine. Virtauksen pahimmat esteet ovat hukka (muda), ylikuormitus (muri) ja vaihtelu (mura). (Torkkola 2015, 23.) Lean-toimintastrategian toteuttamisessa ei ole kyse kuitenkaan vain virtauksen parantamisesta, vaan eri tavoista olla jatkuvasti kehittyvä organisaatio. Jatkuvasti virtausta parantavalle organisaatiolle karttuu uutta osaamista, ymmärrystä, kokemuksia ja opetuksia asiakkaan tarpeista ja niiden mahdollisimman tehokkaasta tyydyttämisestä. (Modig & Åhlström 2013, 152.)

3.2.1 Hukka

Hukan eli arvoa tuottamattomien toimien poisto on tunnetuin lean-työkalu. Toyota on tunnistanut seitsemän hukan, japanilaisittain *mudan*, päätyyppiä:

1. *Ylituotanto*: tehdään liian paljon, liian aikaisin tai varmuuden vuoksi. Se johtaa pidempiin toimitusaikoihin ja turhien asioiden käsittelyyn. Asiantuntijatyössä ylituotantoa ovat esimerkiksi turha mittaaminen tai palaverit, joita pidetään kyseenalaistamatta niiden tarpeellisuutta. Myös tiedon käsittely liian aikaisessa vaiheessa kuuluu tähän hukkaan.
2. *Odottelu*: työ odottaa tekijää ja tai asiakas palvelua. Esimerkiksi kun tehtäviä siirretään henkilöltä toiselle, joutuu se usein jonoon muiden tehtävien kanssa odottamaan seuraavaa käsittelyä. Asiantuntijaorganisaatioissa odotetaan usein myös päätöksiä, hyväksyntöjä tai lisätietoja asiakkailta tai kollegoilta.
3. *Tarpeeton kuljettelu*: ylimääräinen materiaalin tai työntekijän liike. Asiantuntijatyössä tämä voi olla esimerkiksi tiedon lajittelu ja etsiminen sekä tiedon käsin syöttäminen järjestelmästä toiseen.
4. *Ylikäsittely tai virheellinen käsittely*: tarpeettomien, arvoa tuottamattomien vaiheiden suorittaminen. Esimerkiksi liian tarkka suunnittelu ja keskittyminen väärin asioihin ovat tätä hukkaa. Jos ei tiedetä mitä asiakas haluaa, saatetaan tehdä ylimääräisiä ja hyödyttömiä asioita.
5. *Tarpeettomat varastot*: keskeneräiset tehtävät. Asiantuntijatehtävissä ne ovat esimerkiksi keskeneräisiä projekteja ja vastaamattomia sähköposteja.
6. *Tarpeeton liikkuminen*: kaikki työpäivän aikana suoritettu turha liike. Esimerkiksi toimistotyössä turha kurottelu ja paikasta toiseen käveleminen kuuluu tähän hukkaan.
7. *Viat*: virheiden tekeminen ja niiden korjaaminen. Tämä aiheuttaa tarpeetonta käsittelyä, hukattua aikaa ja turhaa työtä. (Liker 2010, 27–29; Torkkola 2015, 25–28.)

Lean-tutkija Jeffrey K. Liker (2010, 29) on maininnut teoksessaan myös kahdeksannen hukkatyyppin, työntekijän luovuuden käyttämättä jättämisen. Hänen mukaansa aikaa, ideoita, taitoja, parannuksia ja oppimismahdollisuuksia hukataan, kun työntekijää ei sitouteta tai kuunnella.

3.2.2 Ylikuormitus

Ylikuormitus, japanilaisittain *muri*, tarkoittaa laitteen, järjestelmän tai ihmisen liaksi kuormittumista. Muri merkitsee sananmukaisesti koneen tai työntekijän työntämistä yli rajojen. Laitteiden ylikuormittamisesta aiheutuu katkoksia ja vikoja, kun taas ihmisten ylikuormittaminen johtaa turvallisuus- ja laatuongelmiin. (Liker 2010, 114.) Lisäksi ylikuormitus vaikeuttaa henkilöstön kykyä oppia uutta ja näin estää työn jatkuvan parantamisen. Ihmisen hyvinvoinnilla on asiantuntijatyössä suora yhteys työn virheettömyyteen. (Torkkola 2015, 25.)

3.2.3 Vaihtelu

Vaihtelun eli epätasaisuuden, japanilaisittain *murān*, voidaan ajatella olevan hukan ja ylikuormituksen seuraus. Joskus työtä on enemmän kuin on mahdollista tehdä ja toisinaan työtä on liian vähän. (Liker 2015, 114.) Asiantuntijatyössä vaihtelu voi tarkoittaa esimerkiksi työntekijöiden osaamisen eroja, työkuorman vaihtelua ja organisaation omista työtavoista johtuvaa vaihtelua. Vaihtelu voi olla joko tapahtumien keskiarvon heilumista tai tapahtumien erilaisuutta. (Torkkola 2015, 23.)

3.2.4 Jatkuva parantaminen

Jatkuvan parantamisen japaninkielinen termi on *kaizen*, joka tarkoittaa sananmukaisesti muutosta parempaan. Se on filosofia, joka tavoittelee täydellisyyttä. Kaizen voi tarkoittaa pieniä, vaiheittaisia muutoksia tai hyvin suuria muutoksia. Siihen sisältyy myös lisäarvoa tuottamattoman hukan eliminointi. Kaizen opettaa taitoja toimia tehokkaasti ryhmissä, ongelmanratkaisukykyä ja prosessien parantamista. Se edellyttää avointa keskustelua ja työryhmän yksimielisyyttä ennen päätösten hyväksymistä. (Liker 2010, 23–26.)

Jatkuva parantaminen vaatii organisaation koko henkilöstöltä sitoutumista. Kehitysprojekteilla saavutetaan usein toiminnan parantuminen, mutta monesti projektien päätyttyä tulokset pikkuhiljaa häviävät. Jotta tulokset säilyisivät, on toimintaa parannettava jatkuvasti. (Kajaste & Liukko 1994, 10–11.)

3.3 Tehokkuusparadoksi

Hyvin monet organisaatiot keskittyvät resurssitehokkuuteen, sillä perinteisesti resurssien mahdollisimman tehokasta hyödyntämistä pidetään erittäin hyvänä asiana. Resurssitehokkuuden kannalta ajateltuna hyvin toimivassa organisaatiossa ei olisi lainkaan vapaata kapasiteettia, vaan kaikki resurssit olisivat koko ajan mahdollisimman tehokkaasti käytössä. Kuitenkin huomion kohdistaminen entistä tehokkaampaan resurssien hyödyntämiseen aiheuttaa myös negatiivisia vaikutuksia. Vaikutukset eivät ole kielteisiä vain asiakkaan, vaan myös toiminnan ja henkilöstön näkökulmasta. Liaksi resurssitehokkuuteen keskittymisen tuloksena syntyy uusia tarpeita, joihin tarvitaan uusia resursseja ja lisätyötä. Paradoksi on siis se, että huomion kohdistaminen resurssien tehokkaaseen hyödyntämiseen lisää työmäärää. Negatiivisten vaikutusten taustalla on kolme tehottomuuden lähdettä: pitkät läpimenoajat, monta virtausyksikköä ja uudelleen aloittamisen tarve. (Modig & Åhlström, 47–48.)

Ensimmäinen tehottomuuden lähde on pitkä läpimenoaika. Pitkän läpimenoajan takia ensisijaisia tarpeita ei täytetä ajallaan, jolloin syntyy uusia toissijaisia tarpeita. Odottelu aiheuttaa kielteisiä sivuvaikutuksia kuten pitkästymistä ja turhautumista, jolloin innokkuus lakkaa. Tästä seuraa uusia haasteita ja ongelmia, jotka on selvitettävä vaatien taas uusia resursseja ja toimintoja. (Modig & Åhlström 2013, 48–50.)

Toinen tehottomuuden lähde on liian monen asian eli virtausyksikön hoito samanaikaisesti. Aina kun henkilö tai organisaatio joutuu käsittelemään liian monta virtausyksikköä kerralla, seuraa erilaisia negatiivisia vaikutuksia. Liian monen asian hoitaminen yhtäaikaaisesti synnyttää toissijaisia tarpeita. Kun vaatimukset kasvavat, voivat asiat karata hallinnasta ja aiheuttaa siten stressiä. Kokonaiskuva voi monta keskeneräistä asiaa hoitaessa kadota, jolloin ongelmia on hankala havaita. (Modig & Åhlström 2013, 51–55.)

Kolmas resurssitehokkuuteen keskittyvissä organisaatioissa esiintyvä tehottomuuden lähde on uudelleen aloittamisen tarve. Kun työ laitetaan odottamaan, kokonaisuus voi karata hallinnasta. Työn järjestelyyn kuluva aika aiheuttaa viivästyksiä, jotka aiheuttavat sen, että samojen tietojen pariin on palattava useamman kerran. Ihmisillä on puutteellinen kyky hallita tehtävien moneen kertaan aloittamista. Jo aloitettuihin työtehtäviin on vaikea palata, ja siihen vaikuttavat henkiset asetusajat. Ihminen kaipaa rauhaa keskittää ajatukset kerralla yhteen asiaan, sillä monen asian hoitaminen samanaikaisesti on henkinen haaste. Erytisen työstä on huomion siirtäminen jatkuvasti asiasta toiseen. Mitä useammin joudutaan vaihtamaan työtehtävää, sitä pidemmäksi henkinen asetusaika kasvaa suhteessa kokonaisuikaan. Kun sama tehtävä on aloitettava moneen kertaan, syntyy toissijaisia tarpeita. Tarpeita ei välttämättä olisi syntynyt, jos työtehtävä olisi saatu hoidettua kerralla kuntoon. Uudelleen aloittaminen voi johtua myös tehtävän siirtelystä henkilöltä toiselle. Silloin riski on tiedon mahdollinen muuttuminen matkan varrella. (Modig & Åhlström 2013, 55–58.)

Ensisijainen tarve on siis se, jonka takia asiakas ottaa ensimmäisen kerran yhteyttä organisaatioon. Resurssitehokkuuteen keskittyvissä organisaatioissa ilmenee aiemmin mainittuja tehottomuuden lähteitä, joista aiheutuu toissijaisia tarpeita. Toissijaiset tarpeet ovat seurausta epäonnistuneesta ensisijaisen tarpeiden tyydyttämisestä. Ne ovat haitallisia, koska ne aiheuttavat lisätyötä. (Modig & Åhlström 2013, 58–60.)

3.4 Lean-ajattelu suunnitteluprosessissa

Prosessilla tarkoitetaan toisiinsa liittyvien toimintojen muodostamaa kokonaisuutta. Prosessi alkaa tarpeen tunnistamisesta ja päättyy tarpeen ollessa tyydytetty. Hyvä prosessi on nopea ja asiakkaalle arvoa tuottava. Se tuottaa asiakkaalle mitä hän haluaa, halutussa laadussa ja ajassa. Prosessi on myös tehokas, yksinkertainen ja mahdollisimman virheetön. Jos virheitä huomataan, niihin puututaan. Hyvästä prosessista on minimoitu hukka ja sen vaiheet kytkeytyvät toisiinsa jatkuvana virtana. Prosessilla on dokumentoidut yhteiset toimintatavat ja niitä noudatetaan. Lisäksi prosessia kehitetään jatkuvasti paremmaksi. (logistiikanmaailma.fi)

Valmistusyritykset ovat soveltaneet Toyotan toimintajärjestelmää ja lean-tuotantoa jo vuosien ajan ympäri maailmaa. Sovellettaessa TPS:ää muihin ympäristöihin on olennaista kiinnittää huomio lisäarvoa tuottaviin toimintoihin ja hukkan poistoon, koska toisinaan palveluorganisaatioissa ilmenee virtauksen tunnistusongelmia. Työ on usein organisoitu projektien ympärille ja niiden koko, monimutkaisuus ja mukana olevien henkilöiden määrä voi vaihdella paljon. Virtausta voi tällöin olla hankala kartoittaa. Tällaisissa organisaatioissa tulisi lähteä liikkeelle asiakkaasta ja hänelle tuotettavasta lisäarvosta, jolloin virtaus on helpompi määrittää. (Liker 2010, 269–270.) Torkkolan (2015, 60) mukaan työ virtaa, jos työntekijä osaa yksiselitteisesti vastata seuraaviin kysymyksiin: *Mistä tiedän, mitä teen seuraavaksi? Mistä saan työtehtäväni? Kuinka kauan työtehtävän tekemiseen pitäisi mennä aikaa? Minne toimitan valmiin työn? Milloin toimitan valmiin työn?* Kysymyksillä tarkoitetaan sitä, että työtehtävällä on tietty reitti. Lean-ajattelussa pyritään optimoimaan työn eteneminen organisaatioissa.

Perinteinen ajatus on ollut, ettei TPS:n toimintatapoja voi soveltaa asiantuntijatyöhön, koska se ei ole aina toistuvaa tai helposti määritettävissä. Staats ja Upton (2011, 3–11) haastavat artikkelissaan *Lean Knowledge Work* tämän ajattelutavan. Vaikka asiantuntijatyöhön liittyy asiantuntemusta ja harvinaisuutta, voidaan heidän mukaansa siitä tehdä lean, jos organisaatiot hyödyntävät seuraavia kuutta periaatetta:

1. **Poistetaan jatkuvasti hukkaa.** Hukan löytäminen ei ole aina helppoa, sillä se on voinut olla niin sanotusti osa työnkuvaa jo pitkän aikaa. Rohkaistaan kaikkia havaitsemaan myös pieniä hukkan muotoja, ei vain suuria. Tarkistetaan säännöllisesti jokaisen työn rakenne ja sisältö.
2. **Pyritään tekemään ns. hiljainen tieto selkeäksi.** Määritellään hiljainen tieto esimerkiksi kirjoittamalla ylös jonkun tehtävän työjärjestys tai kuvaus. Kiinnitetään huomiota toistettaviin osiin ja kootaan ne yhteen yrittämättä kuitenkaan määritellä aivan kaikkea. Kehitetään jatkuvasti työtä paremmaksi.
3. **Määritetään, kuinka työntekijöiden tulisi kommunikoida.** Määritetään, kuka kommunikoi, kuinka usein ja mistä asioista. Luodaan yhteinen ymmärrys. Ratkaistaan erimielisyydet faktoilla, ei mielipiteillä.
4. **Käytetään systemaattisia menetelmiä ongelmien nopeasti ratkaisemiseksi.** Kun ongelma havaitaan, ihannetilanteessa sen tekijä myös korjasi sen. Ongelmat tulisi ratkaista siellä, missä ne esiintyvät. Ratkaistaan ongelmat mahdollisimman heti kun ne on havaittu.
5. **Ymmärretään, että lean on jatkuvaa työtä.** Aloitetaan pienesti. Dokumentoidaan saadut tulokset. Etsitään jatkuvasti uusia tapoja työskennellä. Muistetaan, ettei lean-menetelytapa ole käyttökelpoinen joka paikassa.
6. **Johtajien on viitoitettava tietä.** Heidän tulee kouluttaa ja motivoida tiimejään ja sitoutua ajattelumallin toteuttamiseen.

Arvon tuottaminen asiakkaalle on yksi lean-ajattelun kulmakivistä. Suunnitteluprosessissa tulee olla selvillä, mitä asiakas haluaa. Asiakkaalla on perustarpeita, jotka määrittelevät palvelun taroituksen:

1. Annetaan asiakkaalle täsmälleen se, mitä hän haluaa. Eri asiakasryhmät tarvitsevat erilaista palvelua.
2. Ollaan luotettavia. Ratkaistaan asiakkaan ongelmat kokonaan ja varmistetaan, että ratkaisu toimii heti.
3. Ei hukata asiakkaan aikaa, sillä se on arvokasta.
4. Toimitetaan ratkaisu sinne, minne asiakas sen haluaa.
5. Annetaan ratkaisu juuri silloin, kun asiakas sen haluaa. Ei aiheuteta viivästystä. (Torkkola 2015, 89–90.)

3.5 Lean-työkaluja suunnitteluprosessien kehittämiseen

Lean-filosofian ympärille on vuosien saatossa kehitetty useita työkaluja, joilla prosesseissa esiintyvää hukkaa voidaan tunnistaa ja vähentää. Työkalut ovat tärkeitä ja ne muodostavat johtamissysteemin. Kuitenkin lean-tapa ajatella on näkymättömänä työkalujen taustalla. Suurin osa leanista on sisäisten käytäntöjen muutosta, henkistä vakautta ja toimintatapojen muutosta kohti uusia tapoja. Työkalut ja tekniikat lähtevät liikkeelle näkymättömistä ajattelu- ja toimintarutiineista. (sixsigma.fi a.) Tässä luvussa käsitellään suunnitteluprosesseihin parhaiten sovellettavissa olevia työkaluja.

3.5.1 Just in time - JIT

Suunnitteluun liittyy olennaisesti lean-ajattelun ja TPS:n toinen peruspilari, just-in-time -filosofia (JIT). JIT on joukko periaatteita, joiden avulla yritys toimittaa pieniä määriä tuotteita lyhyillä läpimenoajoilla asiakkaan erityisiin tarpeisiin. Toisin sanoen toimitetaan oikea määrä oikeita tuotteita juuri oikeaan aikaan. (Liker 2010, 23.) Rakennesuunnittelussa työkalua hyödynnetään niin, että suunnittelua tehdään vain tarpeeseen eli tilausten mukaisiin kohteisiin asiakkaan toivoman aikataulun mukaan ja asiakkaan toivomin osakokonaisuuksin. Osakokonaisuus voi olla esimerkiksi esivalmistettavat osat tai tilaustuotteet, joilla on pitkät toimitusajat.

3.5.2 Arvovirtakartta

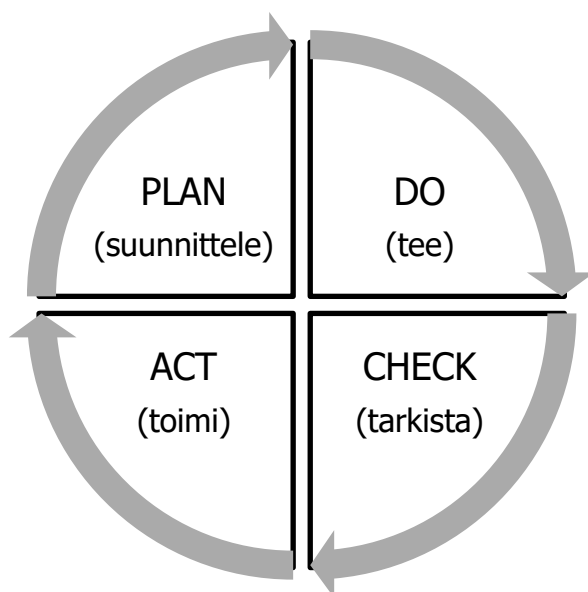
Lean-valmistuksessa hyväksi havaittu menetelmä tuotannon parantamiseen on arvovirran kartoitus. Arvovirtakartta (Value Stream Map, VSM) selvittää prosessit, materiaalin ja informaation etenemisen ja auttaa havaitsemaan järjestelmässä esiintyvää hukkaa. Vaikka monissa asiantuntijaorganisaatioissa ei tapahdu fyysisiä muutoksia, tätä samaa menetelmää voidaan muokata niihin sopivaksi tekemällä kaaviosta enemmän informaation kulkua kuvaava. (Liker 2010, 275.)

Palveluprosessit ovat monesti monimutkaisia ja sisältävät useita toimintoja. Kehittämällä kokonais kuvan eli nykyisen järjestelmän korkeamman tason arvovirtakartan voidaan kuitenkin koota prosessi

yhteen. Kokonaiskuvasta voidaan määrittää, missä prosessin osassa on eniten mahdollisuuksia vähentää hukkaa. Kun on selvitetty toisteiset ja hallittavat korkeamman tason vaiheet, voidaan alkaa kehittää yksityiskohtaisempia vaiheita. (Liker 2010, 276.)

3.5.3 PDCA-sykli

PDCA on jatkuvan parantamisen kulmakivi ja muodostuu sanoista plan, do, check ja act. Se tunnetaan kehittäjänsä W. Edwards Demingin mukaan myös Demingin kehänä. Se on systemaattinen lähestymistapa ongelmien ratkaisuun. (Liker 2010, 23.) Kehä on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. PDCA-ympyrä (muokattu lähteestä Liker 2010, 264)

Joissain yhteyksissä lyhenne on PDSA, jossa check-sana on korvattu sanalla study, tutkiminen. PDCA-sykliä voidaan kutsua myös kokeilujen kehäksi, jossa luodaan uutta tietoa kokeilemalla ja iteroimalla. Eri vaiheet toistuvat samassa järjestyksessä kerta toisensa jälkeen mahdollisimman nopeasti. (Torkkola 2015, 39–42.)

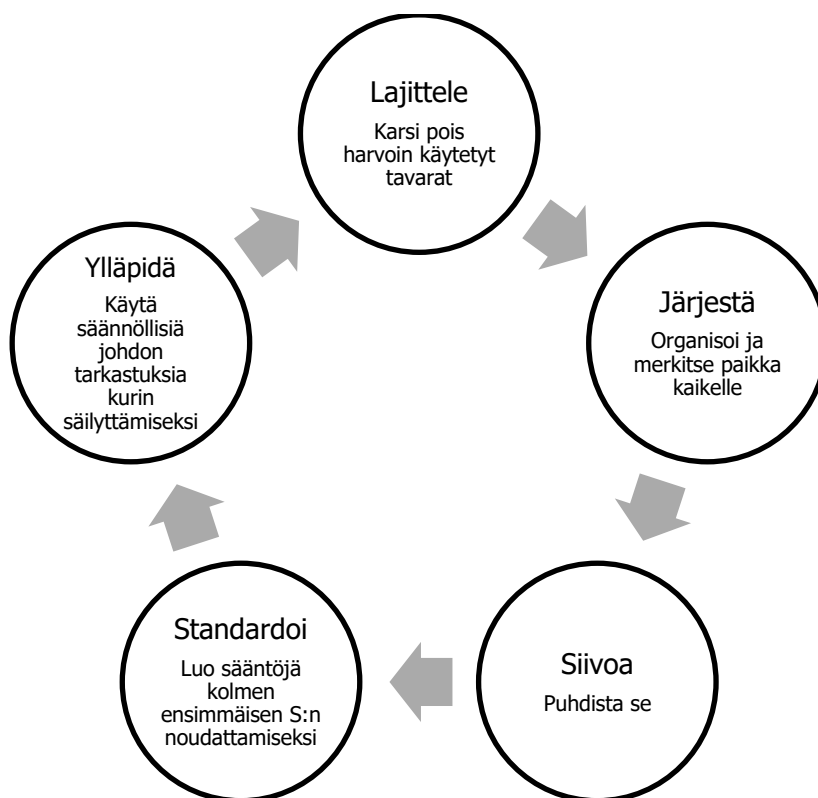
1. Plan: tehdään hypoteesi parannuksen halutusta lopputuloksesta. Määritetään aikataulu ja tavoitteet sekä se, kuinka niihin käytännössä päästään.
2. Do: parannuksen testaaminen mahdollisimman pienessä mittakaavassa.
3. Check (tai study): Tutkitaan ja tarkistetaan, saavutettiinkö haluttu lopputulos ja jos ei, niin miksi.
4. Act: päätetään, otetaanko muutos osaksi laajempaa käytäntöä. Aiemman testin perusteella päätetään, onko muutos järkevä. (Bicheno & Holweg 2016, 52–53; Torkkola 2015, 41–44.)

3.5.4 5S

Likerin (2010, 150) mukaan 5S-menetelmän periaate on puhdistaa ja tehdä toiminta läpinäkyväksi. 5S käsittää joukon toimintoja, jotka eliminoivat virheitä, vikoja ja vahinkoja aiheuttavaa hukkaa. Nämä viisi japaninkielistä S:ää ovat:

1. Seiri (lajittele): käydään läpi tavarat ja tarvikkeet ja säilytetään vain ne, joita tarvitaan.
2. Seiton (järjestä): kaikella on oma paikka, jossa niitä säilytetään.
3. Seiso (puhdistaa): tarkastetaan, onko puutteellisia tai epänormaaleja olosuhteita, jotka voisivat vahingoittaa laatua.
4. Seiketsu (standardoi): kehitetään järjestelmiä ja toimintaohjeita, jotta saadaan ylläpidettyä ja valvottua kolmea ensimmäistä S:ää.
5. Shitsuke (ylläpidä): ylläpidetään jatkuvan parantamisen prosessia.

Yhdessä nämä viisi toimintoa luovat jatkuvan työympäristön parantamisprosessin (kuva 4). Lajittelussa käydään läpi, mitä tarvitaan lisäarvoa tuottavan työn tekemiseen päivittäin sekä mitä taas tarvitaan harvoin. Harvoin tarvittu asiat järjestetään työalueen ulkopuolelle ja jokaiselle osalle luodaan tämän jälkeen pysyvät, loogiset paikat. Järjestystä ylläpidetään huolehtimalla, että kaikki pysyy siistinä joka päivä. Standardoinnilla tuetaan kolmea ensimmäistä periaatetta ja luodaan sääntöjä niiden ylläpitämiseksi. Ylläpito pitää 5S:n hyödyt voimassa tekemällä toimintatapojen noudattamisesta tavallaan. Esimerkiksi säännölliset tarkastukset tukevat tätä jatkuvan parantamisen tekniikkaa. (Liker 2010, 150–151.)



Kuva 4. Viisi S:ää (muokattu lähteestä Liker 2010, 151)

5S on mahdollisesti kaikista suosituin lean-työkalu. Lean-toimintaa ei kuitenkaan tulisi aina aloittaa sillä. Kun 5S:ää tulkitaan liian kapea-alaisesti, voi huomio kääntyä pois todellisista prioriteeteista. Liian kapea tulkitseminen voi johtaa 5S:n näkemiseen vain siistimisenä, vaikka todellisuudessa se on paljon muutakin. 5S:n päätavoitteet ovat hukan vähentäminen, vaihtelun pienentäminen ja tuottavuuden parantaminen. (Bicheno & Holweg 2016, 136–137.)

Työn vakiinnuttaminen

Työn vakiinnuttaminen eli standardointi on yksi edellä mainituista viidestä S:stä. Työmenetelmien kehittäminen vaatii aluksi niiden vakiinnuttamista. Sitten kun kaikki työntekijät toimivat samalla tavalla, voidaan selvittää työn toteutustavan vaikutus laatuun ja tuottavuuteen. Jos kaikki työntekijät työskentelevät eri tavalla, on lopputulokseen vaikuttavien seikkojen määrittely hankalaa. Vakioidut työtavat takaavat tuotteiden laadun. Työn vakiinnuttamisen tarkoitus ei ole vähentää työntekijöiden oma-aloitteisuutta, vaan haastaa heidät kehittämään entistä parempia menetelmiä. (Kouri 2009, 16.)

Yksi tapa työn vakiinnuttamiseen on selkeiden työohjeiden käyttäminen. Hyvä työohje on havainnollinen ja yksinkertainen. Työohjeissa ei luetella itsestäänselvyksiä, vaan keskitytään onnistuneeseen suoritukseen vaadittaviin seikkoihin. Ohjeiden tulee olla työpaikalla helposti saatavissa. (Kouri 2009, 17.)

3.5.5 Mittaaminen ja tunnusluvut

Mittaamisen tavoitteena on ymmärtää paremmin prosessin toimintaa. Mittareilla seurataan prosessien tehokkuutta, laatua ja hukkien esiintymistä. Niiden tarkoitus ei ole hiillostaa työntekijöitä, vaan havaita ongelmat ja poikkeamat välittömästi. Tavoitteena on myös asettaa selkeät tavoitteet ja seurata kehitysprojektien vaikutusta. (Kouri 2009, 28.)

Mittarien tulee olla yksinkertaisia ja selkeitä. Tavallisesti niitä on vain muutama, joilla keskitytään yrityksen kannalta olennaisiin asioihin. Niitä seurataan tiheästi. Keskeisiä Lean-mittareita ovat (Kouri 2009, 29):

- tuottavuus
- laatu
- läpäisy aika
- keskeneräinen tuotanto
- hukka

Leanissa keskitytään prosessien tehokkuuteen ja jatkuvaan kehittämiseen. Mittaustietoja tarvitaan työn johtamisen ja kehittämisen tueksi. Toimintaa ei voida kehittää ilman, että ymmärretään nykyinen suoritustaso. (Kouri 2009, 29.)

3.5.6 Tiimityö

Hyvän tiimin ominaisuuksia ovat keskinäinen yhteistyö ja vastuunkanto yhteisistä tavoitteista. Tiimityöllä tavoitellaan parempaa työmotivaatiota, vastuunkantoa laadusta, työntekijöiden välistä tiedonjakoa ja oppimista sekä mielekästä ja tavoitteellista toimintaa. (Kouri 2009, 33.)

Lean-toiminnan luonnollinen osa on tiimi. Pienryhmiä käytetään ongelmanratkaisussa, toiminnan kehittämisessä, valmistusketjun hallinnassa sekä laadunvarmistuksessa. Leania ei kuitenkaan saada aikaan vain siirtymällä tiimiorganisaatioon. Työntekijöiden tulee ymmärtää Lean-toiminnan periaatteet ja toimia yhdessä niiden mukaisesti. Jokaisen työntekijän tulee ymmärtää oma tehtävänsä ja noudattaa yhteisiä periaatteita. Tiiminvetäjän eli projektipäällikön on huolehdittava siitä, että työntekijät voivat keskittyä lisäarvoa tuottavan työn tekemiseen. Hänen vastuullaan on myös yhteisten toimintojen, kuten kokousten tai ongelmanratkaisun ohjaus. (Kouri 2009, 32–33.)

3.5.7 Muita työkaluja

A3-raportti ja -ongelmanratkaisu kehitettiin Toyotalla 1990-luvulla. Siinä kaikki monimutkaisessa päätöksessä tarvittu tieto on esitetty yhdellä A3-kokoisella paperiarkilla. (Liker 2010, 244.) Alun perin tämä paperikoko valittiin, koska se oli suurin, mikä mahtuu faksiin. Ongelmanratkaisussa A3-raportti voisi esittää pähkinänkuoressa ongelman, kuvata nykytilanteen, määritellä syyn, ehdottaa vaihtoehtoisia ratkaisuja ja tarjota hinta-/hyötyanalyysin. (Liker 2010, 157.)

Esteiden teoriassa eli TOC-teoriassa (Theory of Constraints) pääajatus on, että jokaisella systeemillä on yleensä vähintään yksi este ja vain yksi este. Esteellä tarkoitetaan systeemin suorituskykyä rajoittavaa tekijää. Kun estettä kuormitetaan liian paljon, alkaa sen eteen kertyä asioita. Tällöin läpimenoaika kasvaa ja suorituskyky heikkenee. Teorian mukaan tärkeää on tunnistaa läpimenoa rajoittava pullonkaula ja kuinka sitä kuormitetaan. (sixsigma.fi b.)

Kanban on työkalu, jonka periaate on asiakaslähtöinen imu ja täydentäminen (Liker 2010, 106). Alkuperäisessä merkityksessään Toyotan tuotannossa kanban tarkoittaa menetelmää, jolla rajoitetaan prosessissa olevaa keskeneräisen työn määrää. Sen inspiraationa on ollut alun perin supermarketin hyllytysjärjestelmä. Menetelmää voidaan toteuttaa esimerkiksi kanban-taululla, jossa prosessissa virtaavat tehtävät ja niiden järjestys visualisoidaan seinälle. Ruuhkautuvat työvaiheet tulevat esiin visualisoinnin avulla, jolloin ongelmiin päästään nopeasti kiinni. (Torkkola 2015, 62–65.)

Lisäksi on olemassa suuri joukko eri tilanteisiin sopivia muita lean-työkaluja. Niitä ovat esimerkiksi Poka-Yoke, SMED, simulaatio, asetusten vähentäminen ja linjan balansointi. (sixsigma.fi a.) Tulee kuitenkin muistaa, että lean-filosofia ei ole vain työkaluja ja menetelmiä, vaan kokonainen jatkuvan parantamisen kulttuuri (Liker 2010, 35–36).

4 PIENTALON SUUNNITTELUPROSESSI

4.1 Pientalohankkeen suunnitteluvaihe

Rakennushanke on monipuolinen eri prosessien verkko, jonka prosessit liittyvät toisiinsa ja johon osallistuu useita osapuolia (Rakennesuunnittelun asiakirjaohje: RIL 229-1-2013, 11). Pientalon suunnitteluvaiheessa rakennuttajan toiveet muuttuvat toimiviksi suunnitteluratkaisuiksi. Eri suunnittelijoiden välinen yhteistyö on hyvin tärkeää, jotta lopputulos olisi onnistunut. Suunnitteluvaiheessa taloa suunnitellaan sekä kokonaisuutena että osittain. Suunnitteluprosessi alkaa arkkitehti- eli rakennusuunnittelulla. Pientalon suunnittelu edellyttää lisäksi vähintään kustannus-, rakenne-, lämpö-, vesi-, ilmastointi- ja sähkösuunnittelua. (Rakennustieto Oy 2015, 37.) Tässä opinnäytetyössä käsitellään rakennesuunnittelua.

4.2 Rakennesuunnittelu

Rakennesuunnittelijan vastuulla ovat rakennuksen lujuuslaskelmat sekä rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toimivuus (Rakennustieto Oy 2015, 42). Yksilöllisesti suunnitelluissa pientaloissa rakennesuunnittelija suunnittelee koko rakennuksen rakenteet, kun taas talopaketeissa rakennesuunnittelija suunnittelee yleensä rungon rakenteet ja perustusten suunnittelun tekee erillinen suunnittelija. (Rakennustieto Oy 2015, 42.)

Laskelmat ovat suunnittelun oleellinen osa ja ne tehdään lakien ja määräysten vaatimassa laajuudessa. Niillä varmistetaan muun muassa rakenteiden murto- ja käyttörajatilojen varmuus sekä muu rakennetekninen toimivuus. (Rakennesuunnittelun asiakirjaohje: RIL 229-1-2013, 65.) Pientalon rakenteet mitoitetaan kestäämään muun muassa rakenteiden omapaino, lumi- ja tuulikuormat sekä ihmisistä, käytöstä ja kalusteista aiheutuvat hyötykuormat. Rakennesuunnittelijan työhön kuuluu myös liitosten suunnittelu. (Koskenvesa & Penttilä 1999, 71–72.)

Suunnitelmien laajuus vaihtelee kohdekohtaisesti. Rakennesuunnittelijan laatimia puurakenteiden runkorakenteiden suunnitelmia ovat yleensä:

- tasopiirustukset
- leikkaus- ja kaaviopiirustukset seinistä
- runkorakenteiden detaljipiirustukset
- tyyppielementti- ja rakenneosapiirustukset (Rakennesuunnittelun asiakirjaohje: RIL 229-1-2013, 136–137).

Rakennesuunnittelun toimeksianto voi kattaa koko kohteen rakennesuunnittelun tai vain tietyn osan. Jos suunnittelijoita on useampia, tulee vastaavan suunnittelijan huolehtia, että erilliset suunnitelmat muodostavat keskenään toimivan kokonaisuuden. (Rakennesuunnittelun asiakirjaohje: RIL 229-1-2013, 17.) Hyvän rakennesuunnittelun lopputuloksen laatu vastaa asetettuja tavoitteita teknisessä,

taloudellisessa, toiminnallisessa ja esteettisessä näkökulmassa koko kohteen elinkaaren ajan (Rakennesuunnittelun asiakirjaohje: RIL 229-1-2013, 12).

Rakennesuunnittelua ohjaavat maankäyttö- ja rakennuslaki, ympäristöministeriön asetukset ja ohjeet, kunnalliset rakentamishjaukset sekä alan standardit ja ohjeet. Suunnittelua ohjaavat lait ja asetukset ovat kaikkia hankkeen osapuolia sitovia. (Puurakenteiden suunnitteluohje: RIL 205-1-2017, 21–22.)

4.2.1 Arvo

Lean-ajattelun keskiössä on arvon tuottaminen. Arvo määräytyy aina asiakkaan näkökulmasta. Arvoa muodostuu, kun virtausyksikkö jalostuu jollain tavalla. (Modig & Åhlström 2013, 23.) Tässä tapauksessa virtausyksikkö on projekti, eli suunnittelussa oleva kohde. Arvoa tuottavia toimintoja ovat rakennesuunnittelu ympäristössä esimerkiksi rakenteiden mallintaminen, kuormien laskeminen ja tulosteiden tekeminen.

Rakennesuunnittelussa asiakkaalle arvoa tuottavat sopimusten mukaiset, laadukkaat ja oikeelliset rakennesuunnitelmat, jotka valmistuvat halutussa aikataulussa. Rakennesuunnittelun tuottamaan asiakirjakokonaisuuteen kuuluvat kirjalliset asiakirjat, piirustukset, luettelot ja laskelmat. Niiden sisältöön ja laadintaan vaikuttavat eri lait, määräykset, ohjeet ja standardit. Hyvien suunnitteluasiakirjojen tulee olla selkeitä ja tarkoituksenmukaisia ja niissä esitetään asiat yksiselitteisesti. Asiakirjoissa ei saa olla ristiriitaista tai turhaa tietoa ja niiden tulee vastata sisällöltään käyttäjien tarpeita. (Rakennesuunnittelun asiakirjaohje: RIL 229-1-2013, 23–24.)

4.3 Rakennesuunnittelu Vertex BD -ohjelmalla

Tässä työssä käsitellään talotehdasvalmisteisten pientalojen rakennesuunnittelua Vertex BD -ohjelmalla. Suunnitteluprosessin kartoittaminen aloitettiin tutkimalla aiempia suunnitteluohjeita ja Vertex BD:n käyttöohjeita. Tutkittaessa kiinnitettiin erityisesti huomiota ohjeiden välillä toistuviin osiin ja pyrittiin kokoamaan ne yhdeksi selkeäksi, talotehtaasta riippumattomaksi kokonaisuudeksi. Työtä tehtäessä pohdittiin, miksi tietyt suunnittelutehtävät tulee tehdä tietyssä vaiheessa ja tietyssä järjestyksessä. Suunnitteluprosessista tehtiin siis Likerin (2010, 275–276) ajatusten mukaisesti arvovirtakartta, joka on suosittu lean-työkalu. Kourin (2009, 16–17) mukaan työn vakiinnuttaminen takaa tuotteiden laadun ja yksi tapa työn vakiinnuttamiseen on selkeiden työohjeiden käyttäminen. Työohjeiden kokoaminen noudattaa lisäksi Staatsin ja Uptonin (2011) artikkelissaan Lean Knowledge Work esittämien lean-periaatteiden kohtaa, jossa kehoitetaan tekemään niin sanottu hiljainen tieto selkeäksi.

Vertex BD -ohjelmalla rakennesuunnittelu alkaa rakenteiden suunnittelulla valmiiseen lähtömalliin, jota kutsutaan arkkitehtimalliksi. Arkkitehtimalli ei ole välttämättä arkkitehdin tekemä, vaan pääsuunnittelijan piirustuksiin perustuva malli. Tässä työssä kuvissa esiintyvä malli on opinnäytetyön

tekijän Vertex BD:n tutorialivideoiden (Vertex Tuotedokumentaatio c.) avulla tekemä harjoitusprojekti. Tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa arkkitehtimalli toimii pohjana kaikille muille mallille (Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 3, Arkkitehtisuunnittelu, 5).

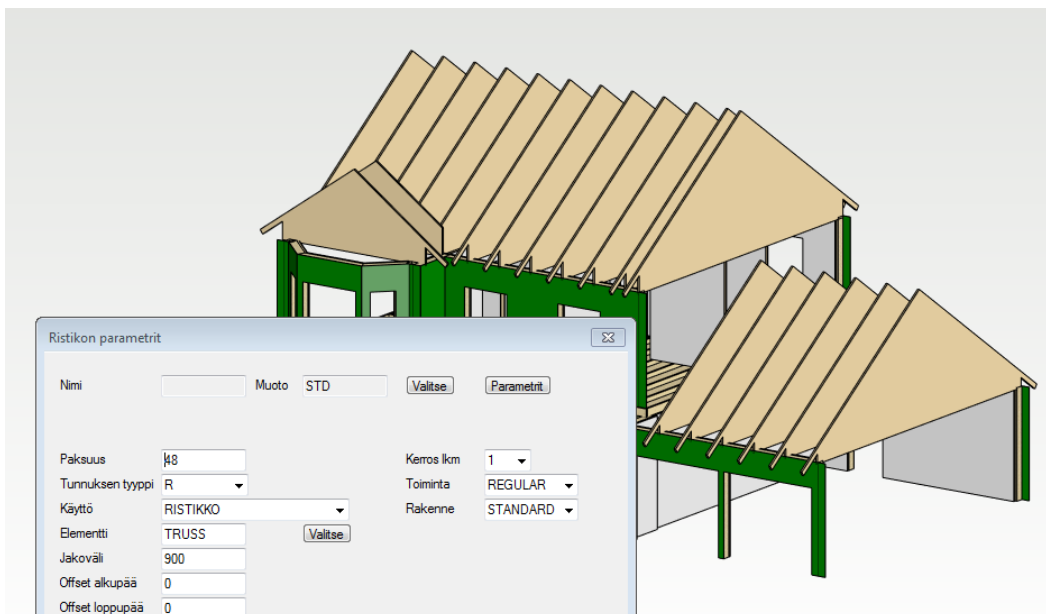
Projekti voi saapua asiakkaalta sähköpostilla tai se haetaan sähköpostiosoituksen jälkeen Vertexin Design Stream -projektiarkistosta. Arkkitehtimallin (kuva 5) lisäksi asiakkaalta saadaan kohteen toimitusselostus, josta käy ilmi talopakettin toimitukseen sisältyvät osat sekä kohteen sijainti. Kaikkia toimitusselostuksen mukaisia osia ei välttämättä suunnitella, toimeksiannosta riippuen. Projektin lähtötietoihin on syytä tutustua huolella, jotta saadaan muodostettua kokonaiskuva projektista. Arkkitehtimallin sisältämiä asiakirjoja ovat esimerkiksi perustusten mittakuva, julkisivupiirustukset ja väri-tyssuunnitelma.

Joskus vastaan voi tulla tilanne, jossa asiakkaalta saadaan käyttöön vain pääkuvat ilman arkkitehtimallia. Tällöin rakennesuunnittelijan tulee tehdä pääsuunnittelijan piirustuksien pohjalta Vertex BD:llä arkkitehtimalli, johon rakenteet voidaan suunnitella.

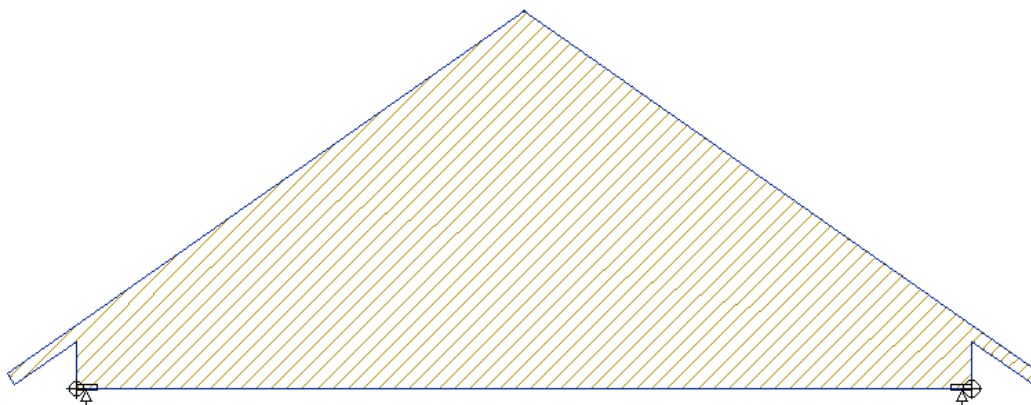


Kuva 5. Esimerkki arkkitehtimallista (Hiltunen 2018)

Kun projektin aloittavat toimet on saatu tehtyä, tulee miettiä kohteen detaljiikkaa. Monilla talotehtailla on oma detaljipankki, jonka mukaisia vakioratkaisuja tulisi rakennesuunnittelussa käyttää. Jos toteutus ei onnistu vakioratkaisuilla, tulee rakennesuunnittelijan tehdä detaljeihin tarvittavat muokkaukset.



Kuva 7. Harjoitusprojektin mallinnettuja ristiköitä (Hiltunen 2018)



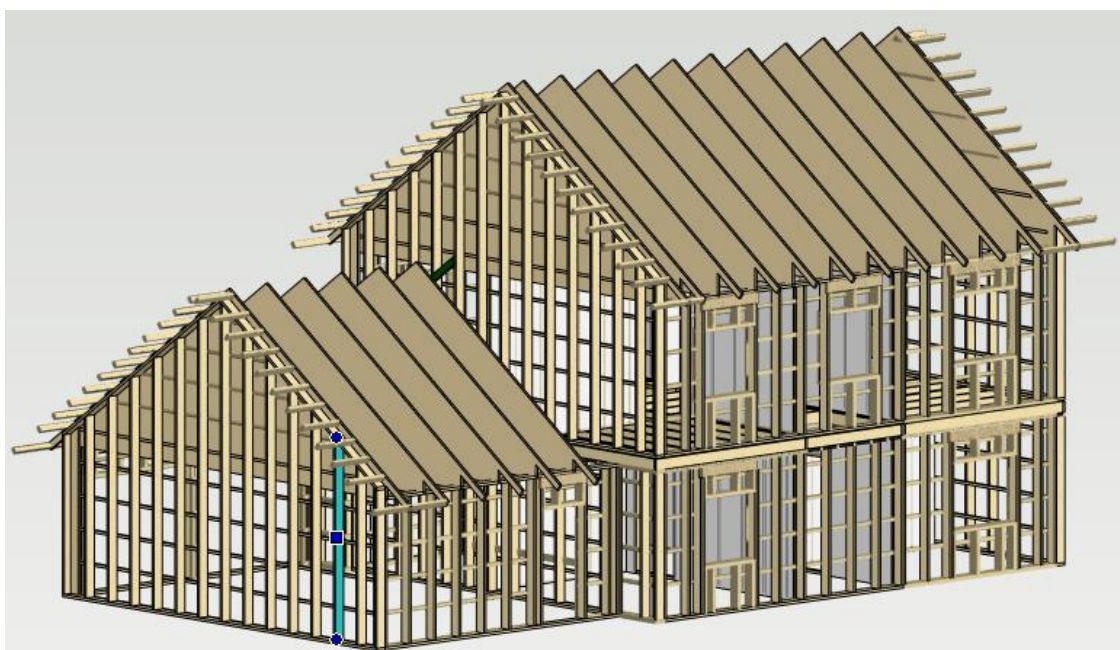
Kuva 8. Ristiköiden muokkaus tehdään 2D-ikkunassa (Hiltunen 2018)

Ristiköiden mallinnuksen jälkeen palkit ja pilarit mitoitetaan neliökuormaa tarkemmin ristikoilta tuleville pistekuormille. Tässä vaiheessa niiden koko voi siis vielä muuttua. Pilareiden ja palkkien koot tulee olla selvillä tehtäessä ristikkokaaviota, jos ne toimivat ristiköiden tukina. Ristikoista tehdään ristikkotilausta varten kaavio, jossa esitetään ristiköiden määrät, lumikuormat, käyttöüllakot, hyötykuormat, mitat, kaltevuudet, tuet ja lovet.

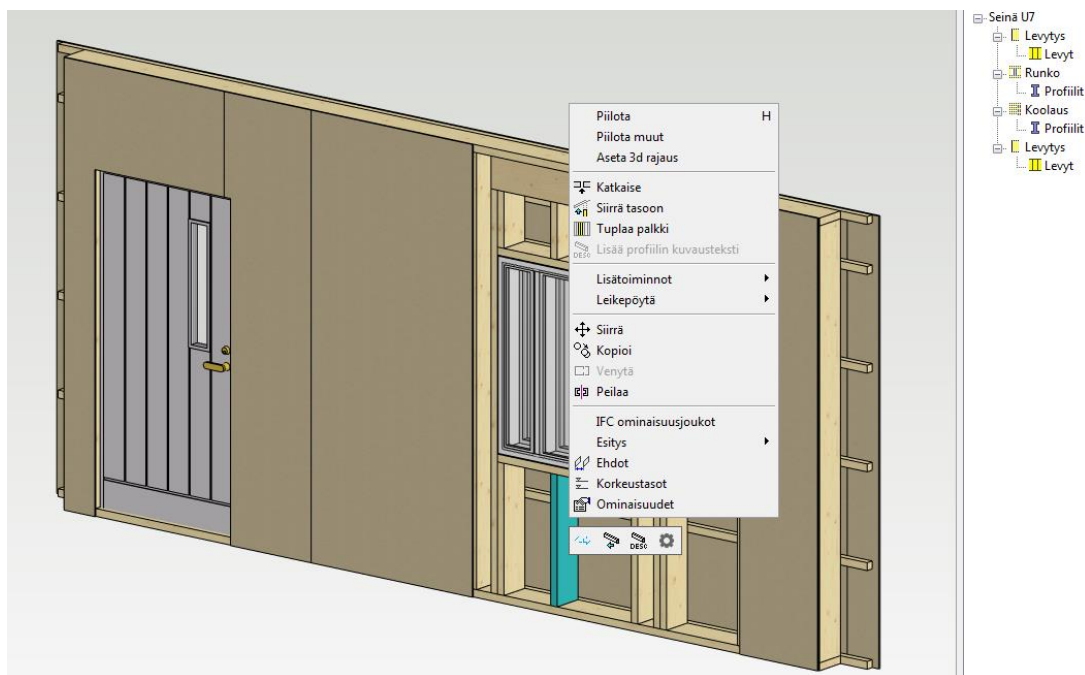
Seuraavaksi tehdään jäykistyslaskelma. Jäykistyslaskelmaa varten tulee tietää kohteen sijainti, jotta voidaan määrittellä tuulikuorma maastoluokan perusteella. Kun saadaan jäykistyslaskelmasta selville tarvittavat levytykset ja ruuvaukset, voidaan siirtyä seinäelementtien muokkaukseen. Vertex BD:ssä on versiosta riippuen kaksi tapaa muokata elementtejä. "Vanhassa" 2D-elementoinnissa kaikki muokkaukset elementteihin tehdään elementtikuvissa, jonka jälkeen kuvan tiedot viedään 3D-malliin. Tässä työssä käsitellään ns. "uutta elementointia", eli seinäelementit muokataan ensin valmiiksi 3D-mallissa, jonka jälkeen niistä tehdään elementtikuvat. Elementtejä voi muokata suoraan runkomallissa (kuva 9 ja kuva 10) tai yksittäin avaamalla elementin muokkausikkunan (kuva 11). Seinäelementeistä muokataan kuntoon runkotolppajako, ylä- ja alajuoksut, palkit ja levytykset sekä tarvittavat kiintokalustetuet, mikäli niitä ei ole määritelty jo seinän rakennetyökalulla arkkitehtimalliin. Aukkopalkit tulee mitoittaa ja muokata laskelmien mukaisiksi.



Kuva 9. Harjoitusprojektin runkomalli (Hiltunen 2018)

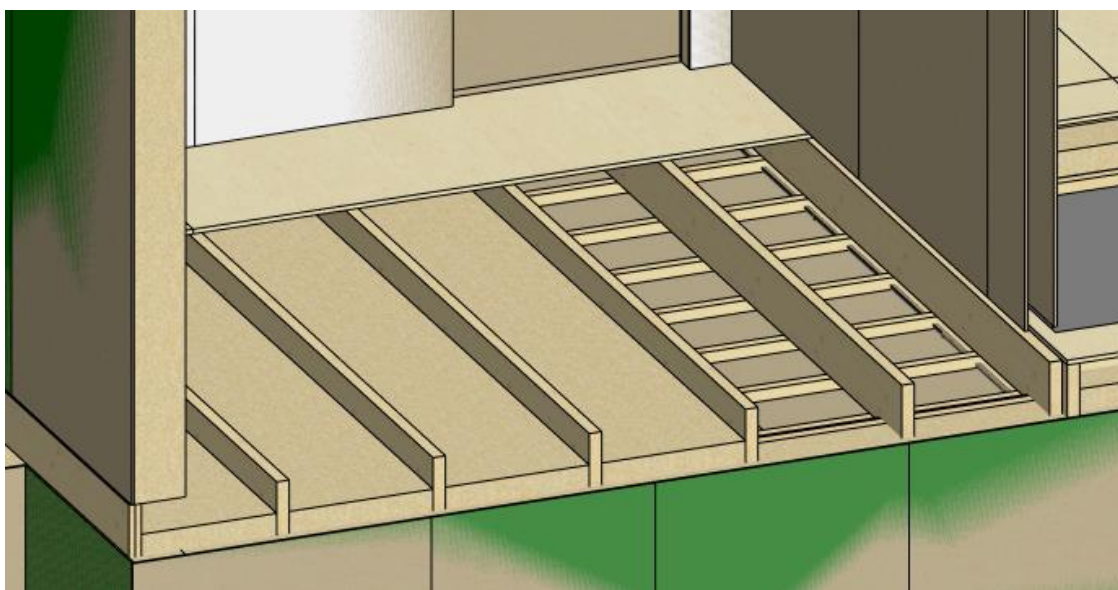


Kuva 10. Harjoitusprojektin runko, levytykset piilotettu (Hiltunen 2018)



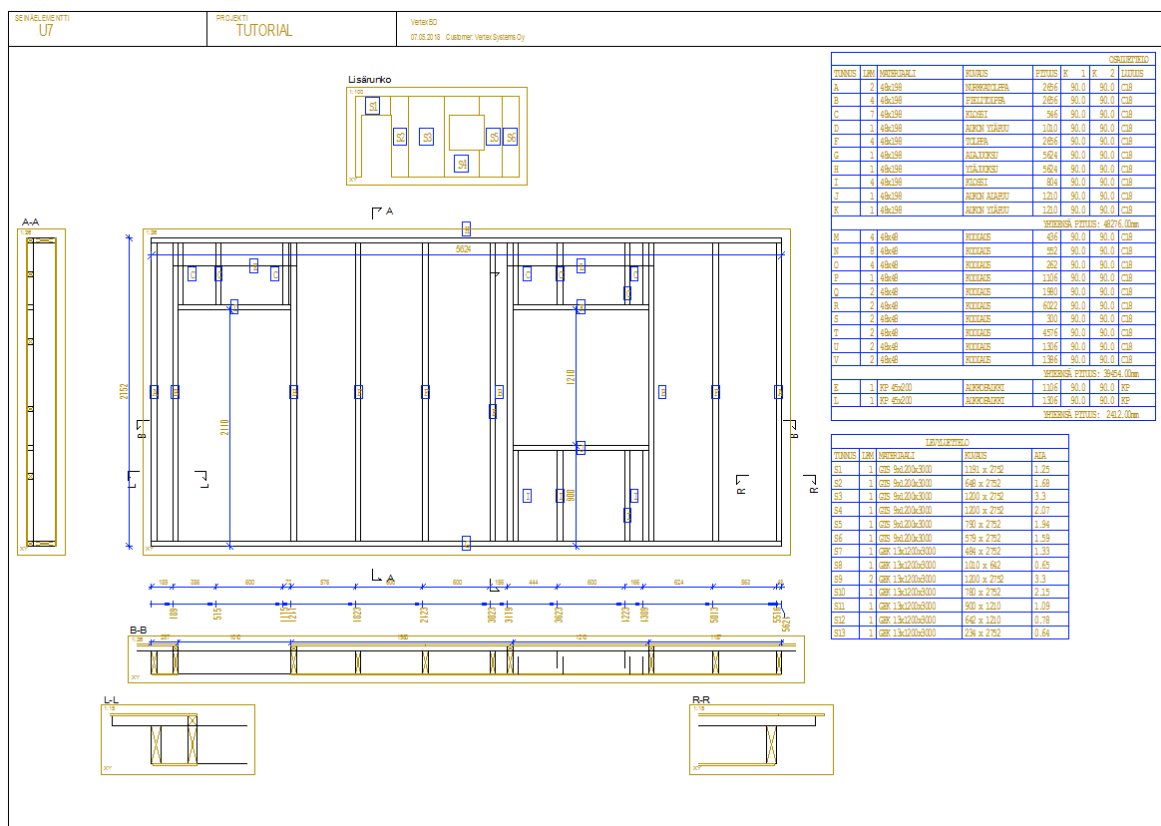
Kuva 11. Seinäelementin muokkausikkuna, osa levyistä piilotettu (Hiltunen 2018)

Toisinaan suunniteltavissa kohteissa voi olla useampi kuin yksi kerros tai esimerkiksi tuulettuva alapohja. Näissä tapauksissa seinäelementtien muokkauksen jälkeen suunnitellaan vaakarakenteet, eli ala- ja välipohjapalkkisto. Kuvassa 12 on esitetty harjoitusmalliin tehtyä välipohjapalkkistoa. Suunniteltaessa tulee ottaa huomioon aukot, LVI-tekniikka ja esimerkiksi märkätilat. Vaakarakenne voidaan mallintaa myös elementteinä Vertex BD:n ohjeiden mukaisesti. Välipohja tulee mitoittaa värähtelylle. Välipohjan palkit vaikuttavat seinärunkoon ja seinärunko vaikuttaa välipohjaan, joten seinäelementtejä joudutaan mahdollisesti vielä muokkaamaan palkiston mallinnuksen jälkeen. Näiden muokkausten jälkeen muokataan myös päätykolmioelementit valmiiksi.



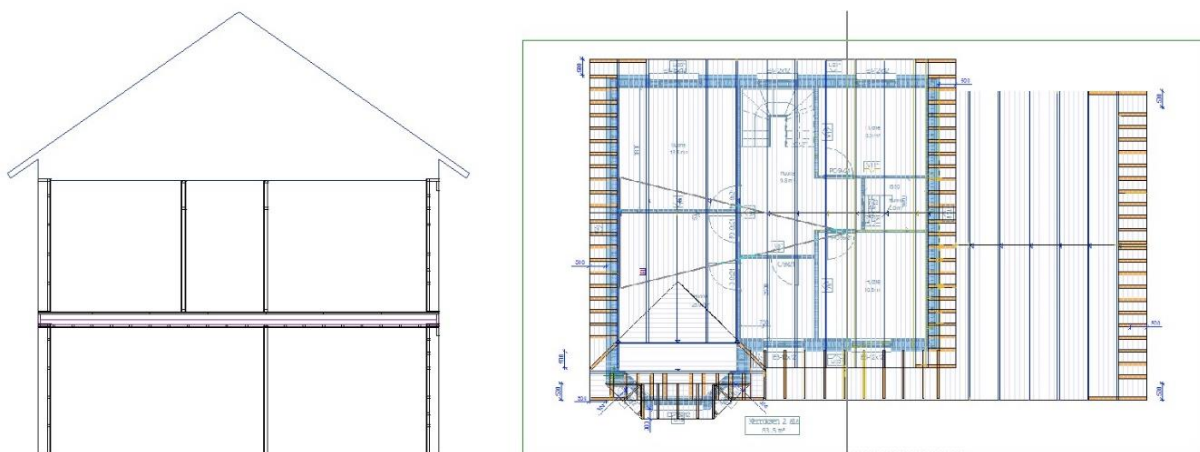
Kuva 12. Harjoitusprojektin välipohjapalkkistoa, osa rakennekerroksista piilotettu (Hiltunen 2018)

Kun seinäelementit on saatu valmiiksi, tehdään niistä elementtikuvat. Elementtikuvassa näkyvät esimerkiksi runko, leikkaukset, mittoja ja osaluettelo (kuva 13). Kuvaan voi lisätä tarvittavia selitetteksiä, kuten esimerkiksi jäykistyslaskelmasta saadut levyjen ruuvaustiedot.

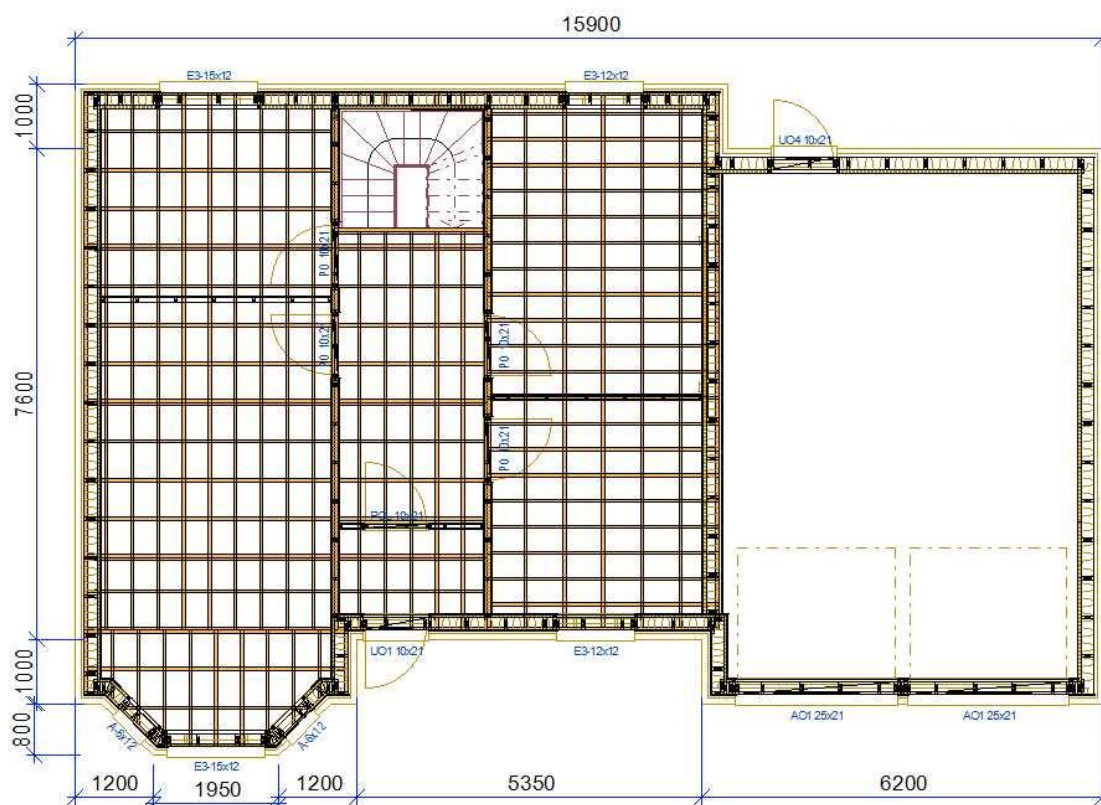


Kuva 13. Harjoitusprojektin seinäelementin elementtikuva (Hiltunen 2018)

Toimitussisältöön voi sisältyä talotehtaittain myös muita rakenteita, kuten terasseja ja kaiteita, jotka mallinetaan omien ohjeidensa mukaisesti. Kun malli on saatu kuntoon, tuotetaan siitä leikkaus- ja tasokuvia tarvittavassa laajuudessa (kuva 14 ja kuva 15). Näiden jälkeen projekti tarkastetaan siihen liittyvän, talotehdaskohtaisen tarkistuslistan mukaisesti. Projektista tuotetaan mahdollisesti PDF-tuotteita talotehtaiden omien ohjeiden mukaisesti. Lopuksi projekti lähetetään tilaajalle halutussa muodossa tai siirretään Design Stream -projektiarkistoon.



Kuva 14. Harjoitusprojektin rungon leikkauskuva (Hiltunen 2018)



Kuva 15. Harjoitusprojektin ensimmäisen kerroksen tasokuva ja välipohjan rakenteet (Hiltunen 2018)

Edellä kuvattu työjärjestys kuvastaa ideaalitulannetta, jossa suunnitteluprosessi saadaan tehtyä alusta loppuun ilman matkan varrella ilmeneviä muutoksia. Kaikissa tapauksissa ideaalitulanne ei kuitenkaan toteudu, jolloin projektin eri vaiheet kytkeytyvät toisiinsa esitettyä kulkua monimutkaisemmin. Jos esimerkiksi tarkastusvaiheessa huomataan epäkohta tai projektiin tulee muutos, täytyy ne tietenkin korjata palaamalla työjärjestyksen aiempiin vaiheisiin, jotka toimivat lähtötietoina seuraaville tehtäville. Esimerkiksi leikkauskuvasta voidaan huomata, ettei suunniteltu rakenne toimikaan halutulla tavalla. Tällöin joudutaan muuttamaan mahdollisesti jopa detaljeja, jotka taas voivat vaikuttaa näiden välillä oleviin suunnitteluvaiheisiin. Työjärjestys ei siis ole kiveen hakattu, vaan tarpeen vaatiessa siitä poiketaan.

Joskus vastaan voi tulla tilanteita, joissa suunnitelmiin tarvitsee tehdä muutoksia projektin valmistuksen ja asiakkaalle tehdyn palautuksen jälkeen. Muutoksia voi aiheuttaa esimerkiksi se, ettei rakennusvalvonta hyväksy jotain ratkaisua. Myös talotehtaan asiakas voi tehdä muutospyyntöä jo suunniteltuun taloon. Toteutustapaa voidaan joutua muuttamaan esimerkiksi taloudellisista tai tuotannollisista syistä. Lisäksi esimerkiksi LVI-tekniikalle voidaan joutua suunnittelemaan reittejä jälkikäteen. Muutostilanteissa yhteydenpito talotehtaan kanssa on erityisen tärkeää. Muutostilanteita varten tulisi olla selkeät toimintaperiaatteet, jotta varmistetaan, että muutokset tehdään mallin viimeisimpään versioon.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Sweco Rakennetekniikka Oy:lle yleinen työjärjestys pientalojen Vertex BD:llä tehtävään rakennesuunnitteluun. Työjärjestyksen pyrkimyksenä oli yhtenäistää suunnitteluprosessin läpimenoa ja parantaa suunnittelun laatua. Tavoitteena oli myös käsitellä suunnitteluprosessia Lean-ajattelumallia silmällä pitäen. Opinnäytetyön tekijän omana tavoitteena oli oppia lisää pientalojen suunnittelusta ja Vertex BD -ohjelmasta.

Työn tuloksena tuotettiin pientalojen suunnitteluprosessin yleinen työjärjestys ja prosessikaavio. Työjärjestyksestä pyrittiin tekemään mahdollisimman yleispätevä, jolloin se soveltuisi kaikkien talotehtaitten suunnitteluun. Tämä saatiin aikaan tunnistamalla aiemmista työjärjestyksistä korkeamman tason toisteisia vaiheita ja jättämällä talotehtaitten omat yksityiskohtaiset ohjeet pois. Työn teoriaosassa käsiteltiin Lean-teoriaa ja sen soveltuvuutta suunnitteluympäristöön.

Rakennesuunnitteluprosessin kehittämiseen parhaimmaksi lean-työkaluksi osoittautui arvovirtakartan eli prosessikaavion kokoaminen. Kun prosessikaavioon saatiin selville selkeät korkeamman tason suunnitteluvaiheet, pystyttiin niiden alle selvittämään prosessia tarkemmin. Näin saatiin aikaan työjärjestys, jonka tavoite on tulevaisuudessa vakiinnuttaa suunnittelukäytäntöjä ja tehdä prosessista mahdollisimman sujuvasti virtaava.

Lean-filosofian keskeinen ajatus on jatkuva parantaminen. Opinnäytetyössä käsiteltyjen periaatteiden mukaisesti kehitysprojekteilla saavutetaan usein toiminnan parantuminen, mutta tulosten säilymiseksi tulee toimintaa jatkuvasti parantaa. Tällä perusteella opinnäytetyön tuotokset eivät ole siis valmiita ja täydellisiä, vaan niitä kehitetään ja korjataan eteenpäin tarpeen niin vaatiessa. Täytyy kuitenkin muistaa, ettei muutosta tule tehdä vain muutoksen vuoksi, vaan taustalla tulee olla perustellut syyt toiminnan kehittämiseen. Jatkuva parantaminen vaatii koko henkilöstöltä sitoutumista ja sitä, että ongelmiin puututaan heti niiden ilmetessä. Kun ongelmiin puututaan heti, saadaan myös työn laatu kuntoon nopeasti. Opinnäytetyön yhtenä alkuperäisenä tavoitteena oli huomioida ohjelman kehittämistarpeet yrityksen näkökulmasta katsottuna. Tämä vaihe jäi kuitenkin aikataulujen vuoksi huomiotta. Jatkotoimenpiteenä yrityksessä voidaan tulevaisuudessa pohtia työjärjestyksen avulla ohjelman kehittämistarpeita. Kun ohjelmaa saadaan kehitettyä, myös työjärjestystä saadaan muutettua nopeammaksi.

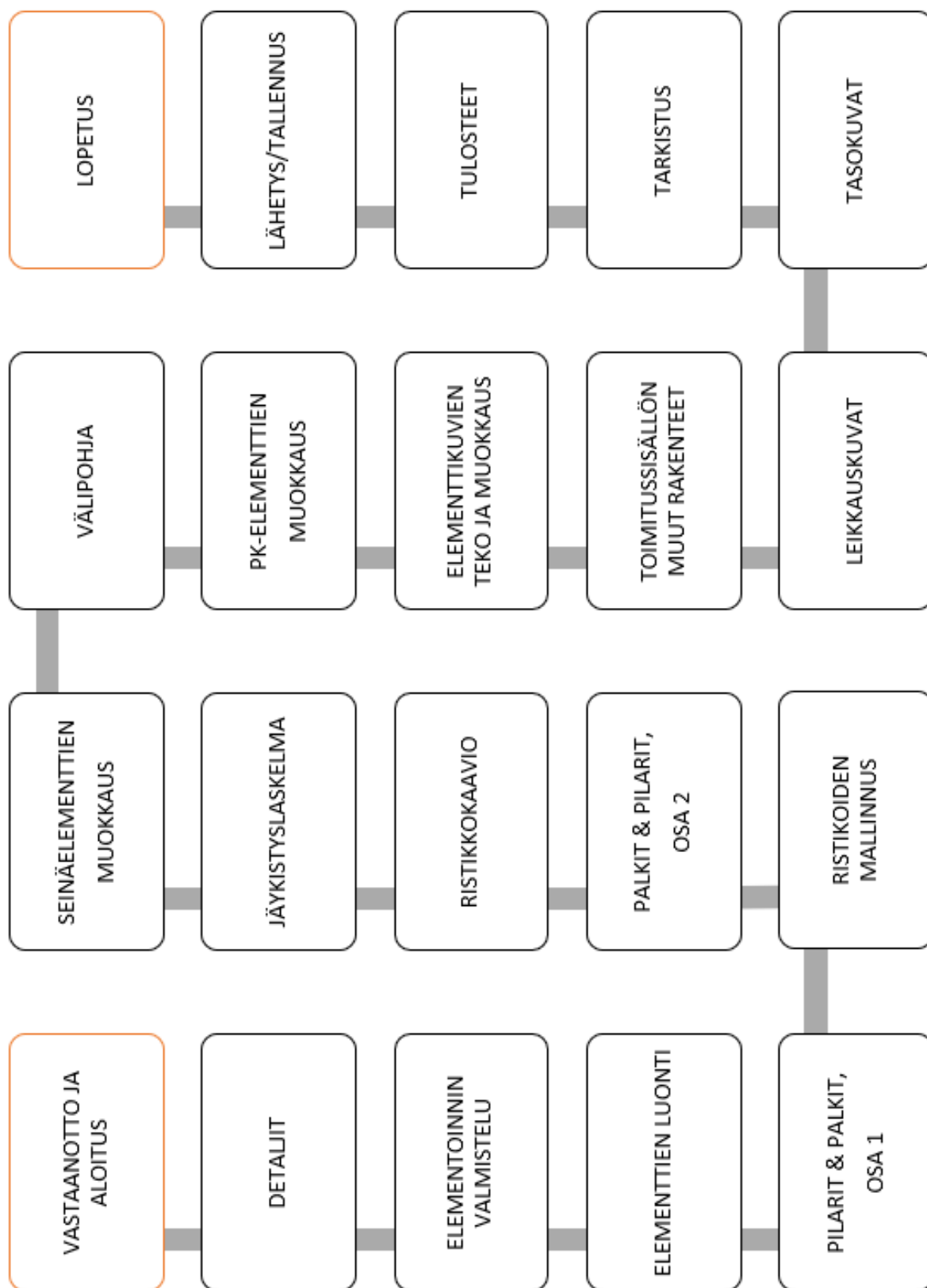
Opinnäytetyön tekeminen oli opettavainen kokemus. Työjärjestyksen kehittäminen auttoi ymmärtämään paremmin rakennesuunnitteluprosessia. Lean-teoriaan tutustuminen oli mielenkiintoista ja herätti paljon ajatuksia työskentelyn tehokkuuden ja tuottavuuden parantamisesta. Opinnäytetyötä tehdessä havaittiin, että lean-toimintatapoja pystytään hyödyntämään tuotantoyritysten lisäksi myös asiantuntijaorganisaatioissa.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- BICHENO, John ja HOLWEG, Matthias. 2016. The Lean toolbox: A handbook for lean transformation. 5. painos. Buckingham: PICSIE Books.
- ECRAFT.COM. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-02-15]. Saatavissa: <https://www.ecraft.com/fin/blog/2017/10/10/lean-projektihallinnassa-mit-miksi-ja-kenelle>
- KAJASTE, Veikko ja LIUKKO, Timo. 1994. Lean-toiminta: Suomalaisten yritysten kokemuksia. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus.
- KOSKENVESA, Anssi ja PENTTILÄ, Hannu. 1999. Pientalon suunnittelu. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- KOURI, Iikka. 2009. Lean-taskukirja. Helsinki: Teknologiainfo Teknova.
- LIKER, Jeffrey K. 2010 (2004). Toyotan tapaan. (Suom. Marko Niemi) Helsinki: Readme.fi.
- LOGISTIIKANMAAILMA.FI. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-18-02]. Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/prosessien-kehittaminen/>
- MODIG, Niklas ja ÅHLSTRÖM, Pär. 2013. Tätä on lean: Ratkaisu tehokkuusparadoksiin. (Suom. Maarit Tillman) Tukholma: Rheologica Publishing.
- PUURAKENTEIDEN SUUNNITTELUOHJE: EUROKOODI EN 1995-1-1. RIL-205-1-2017. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry.
- RAKENNESUUNNITELUN ASIAKIRJAOHJE: RIL 229-1-2013. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RAKENNUSTIETO OY. 2015. Pientalon suunnittelu ja rakentaminen. Helsinki.
- SIXSIGMA.FI a. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-02-26]. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/lean/yleinen/lean-tyoekalut/>
- SIXSIGMA.FI b. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-02-27]. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/index.php/lean/esteiden-teoria-toc/>
- STAATS, Bradley R. ja UPTON, David M. 2011. Lean Knowledge Work. Harvard Business Review, 89(10), 2-11. Saatavissa: <http://thebeaongroup.ca/news/2011/Nov/LeanKnowledgeWork.pdf>
- SWECO.FI a. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-02-08]. Saatavissa: <https://www.sweco.fi/tietoa-swecosta/>
- SWECO.FI b. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-02-08]. Saatavissa: <https://www.sweco.fi/palvelumme/rakennetekniikka/>
- SWECO.FI c. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-02-08]. Saatavissa: <https://www.sweco.fi/palvelumme/rakennetekniikka/?service=Puurakenteet>
- TORKKOLA, Sari. 2015. Lean asiantuntijatyön johtamisessa. Helsinki: Talentum Pro.
- VERTEX TUOTEDOKUMENTAATIO a. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-02-04] Saatavissa: <https://kb.vertex.fi/bd2018fi/vertex-bd-yleiskatsaus>
- VERTEX TUOTEDOKUMENTAATIO b. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-02-04] Saatavissa: <https://kb.vertex.fi/bd2018fi/faq>
- VERTEX TUOTEDOKUMENTAATIO c. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-03-05] Saatavissa: <https://kb.vertex.fi/bd2019fi/naein-paaaset-alkuun/tutoriaalivideot>
- VERTEX SYSTEMS OY a. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-01-29] Saatavissa: <https://www.vertex.fi/web/fin/yrittajien>
- VERTEX SYSTEMS OY b. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-02-04] Saatavissa: <https://www.vertex.fi/web/fin/rakennussuunnittelu>

YLEISET TIETOMALLIVAATIMUKSET 2012: OSA 3, ARKKITEHTISUUNNITTELU. 2012. COBIM-hankkeen osapuolet. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf

LIITE 1: PIENTALON SUUNNITTELUN PROSESSIKAAVIO



*HUOM! Prosessikaavio esittää suunnittelun kulun ideaaltilanteessa.

LIITE 2: TYÖJÄRJESTYS

Liitettä ei julkaista.