

Markus Kiviniemi

**LEAN-MENETELMIEN KÄYTTÖ TEOLLISENRAKENTAMISEN
TUOTEKEHITYSTYÖSSÄ**

LEAN-MENETELMIEN KÄYTTÖ TEOLLISENRAKENTAMISEN TUOTEKEHITYSTYÖSSÄ

Markus Kiviniemi
Opinnäytetyö
Kevät 2023
Lean-johtaminen, YAMK-tutkinto
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
YAMK-tutkinto, Lean-johtaminen

Tekijä: Markus Kiviniemi

Opinnäytetyön nimi: Lean-menetelmien käyttö teollisenrakentamisen tuotekehitystyössä

Työn ohjaajat: Matti Rahko (OAMK) ja Jukka Haapalainen (Lehto Oyj)

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2023

Sivumäärä: 38

Tässä työssä tutkitaan lean-menetelmien käyttöä teollisen rakentamisen tuotekehityksen apuna. Aihetta lähestytään tutkimalla Lehto Oyj:n käyttämiä tapoja suunnitella teollisen rakentamisen tuotteita ja niiden tuotekehitystapoja.

Lean-menetelmiä on totuttu soveltamaan tuotannon töissä. Tuotekehityksessä ei niitä ole vielä kovin usein käytetty rakentamisen alalla. Lean-menetelmien käyttöä on tutkittu asiantuntijatyössä ja tuotekehitystyössä ohjelmistoalalla, lentokoneollisuudessa ja ajoneuvoteollisuudessa. Jonkin verran on viime vuosina leania sivuttu remonttikohteissa, joissa on sovellettu tahtituotantoa. Tuotekehityskulttuuri on hyvin tuoretta rakennusalalla ja suurelta osin vasta muodostumassa, kun teollinen rakentaminen on alkanut yleistymään.

Tässä työssä esitellään sellaisia lean-menetelmiä, jotka todennäköisesti osoittautuvat tehokkaaksi tavaksi tehdä tuotekehitystä. Työhön valittiin lean-menetelmistä Kaizen, Kaikaku, Hoshin kanri ja 5 kertaa G-menetelmät. Näitä menetelmiä on valittu osittain sen mukaan, mitä on hyväksi havaittu eri teollisuuden aloilla. Esimerkkejä löytyy ohjelmisto- ja elektroniikkatuotekehityksestä. Tässä työssä sivutaan vain pintapuolisesti perinteiseen suunnitteluun liittyviä asioita ja niitäkin vain selvittääkseen erovaisuutta teollisen rakentamiseen verrattuna. Rakennusalan kehityksen tasoa on huomioitu lean-menetelmiä valittaessa ja valinnassa käytettiin tiukkaa rajausta.

Asiasanat: lean, tuotekehitystyö, teollinen rakentaminen, modulaarinen rakentaminen, jatkuva parantaminen

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
YAMK, LEAN leadership

Author(s): Markus Kiviniemi

Title of thesis: The use of LEAN methods in industrial construction product development work

Supervisor(s): Matti Rahko (OAMK) and Jukka Haapalainen (Lehto Oyj)

Term and year when the thesis was submitted: spring 2023 Number of pages: 38

This work examines the use of lean methods as an aid to product development in industrial construction. The topic is approached by studying the methods used by Lehto Oyj to design industrial construction products and their product development methods.

Lean methods are used to be applied in production work. In product development, they have not yet been used very often in the field of construction. The use of Lean methods has been studied in expert work and product development work in the software industry, aircraft industry and vehicle industry. In recent years, lean has been sidelined to some extent in renovation sites where paced production has been applied. The culture of product development is very fresh in the construction industry and to a large extent is just being formed when industrial construction has started to become more common.

This work presents lean methods that will probably prove to be an effective way of doing product development. Kaizen, Kaikaku, Hoshi Kanri and 5 times G methods were chosen for the work. These methods have been selected in part based on what has been found to be good in various industrial sectors. Examples can be found in software development and electronics product development. In this work, issues related to traditional design are only superficially addressed, and even then only to clarify the difference compared to industrial construction. The level of development in the construction industry has been taken into account when choosing lean methods, and a strict limitation was used in the selection.

Keywords: lean, product development, industrialized construction, modular base construction, continuous improvement

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
1.1	Työn tausta.....	6
1.2	Tutkimusongelma	7
1.3	Tutkimusote.....	9
1.4	Työn toteuttaminen.....	10
2	TEOLLINEN RAKENTAMINEN	11
2.1	Historiaa	11
2.2	Haasteet.....	11
2.3	Mahdollisuudet	12
2.4	Lehto Oyj teollisen rakentamisen tiellä	12
2.5	Elvak Oy.....	15
3	LEAN JA KEHITYSTYÖ	17
3.1	Kaizen ja Kaikaku.....	17
3.1.1	Kaizen	17
3.1.2	Kaikaku	18
3.2	Hoshin kanri -suunnittelu	19
3.3	5 kertaa G.....	22
3.3.1	Gemba – Aito paikka.....	23
3.3.2	Gembutsu – Aidot asiat.....	25
3.3.3	Genjitsu – Aidot tiedot.....	25
3.3.4	Genri – Oikea teoria.....	26
3.3.5	Gensoku – Oikea standardi.....	27
3.4	Innovointi ja tuotekehitys	27
4	ESIMERKKITAPAUS.....	29
4.1	Perinteinen	29
4.2	Lean-tapa	30
4.2.1	Yhteisten tavoitteiden selventäminen.....	30
4.2.2	Toiminnallisuuden määrittäminen	31
4.2.3	Konfiguroitavuus ja modulaarisuus	32
5	POHDINTA.....	33
	LÄHTEET.....	35

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Kiinnostus tämän työn aiheeseen syntyi, koska nykyinen työtehtävä on ollut tuotekehityksen ja tuotannon rajapinnassa usean vuoden ajan. Tänä aikana teollisen rakentamisen ongelmat ovat tulleet tutuksi monesta eri näkökulmasta. Ongelmakohtia on ollut monia, mutta erityisen kiinnostuksen kohteena itsellä on se vaihe, jossa suunnitelmat viedään tuotekehitysyksiköstä tuotantoon. Siinä kohtaa prosessia on monia muuttujia, ja mikä tahansa niistä voi vaikuttaa merkittävästi tuotannon käynnistämiseen, tuotannon tehokkuuteen ja rakentamisen helppouteen varsinaisella rakennustyömaalla.

Elvak Oy:n missiona on olla talotekniikan edelläkävijä. Yrityksessä suhtaudutaan innostuneesti ja avoimin mielin uusiin asioihin, riippumatta siitä oliko ne tuotteita, prosesseja, toimintaa tai business malleja. Elvak Oy kehittää aktiivisesti talotekniikan alaa ja toimintatapoja. Elvak Oy tekee yhteistyötä oppilaitosten kanssa, kuten Oulun ammattikorkeakoulu (Oamk), Oulun yliopisto ja Oulun seudun ammattioppilaitos. Elvak Oy teettää insinööritöitä, tarjoaa harjoittelupaikkoja ja palkkaa kesätyöntekijöitä. Elvak Oy:n tavoitteena on kasvattaa uudella tavalla ajattelevia talotekniikan ammattilaisia.

Työskentelen Elvak Oy:ssa R&D Managerina. Toimin esimiehenä tiimille, joka tekee suunnittelua ja tuotekehitystä teollisen rakentamisen parissa. Elvak Oy:n ja Lehto Oyj:n välillä on vahvaa yhteistyötä tällä suunnittelun osa-alueella. Teollisen valmistamisen suunnittelusta vastaa tiimi, jossa on henkilöitä molemmista yrityksistä. Elvak Oy:n henkilöstö suunnittelee talotekniikkaan liittyviä osia, osakokonaisuuksia ja esivalmisteita. Päivittäinen tekeminen on monialaista ja poikkitieteellistä tiimityötä. Tiimin jäsenet suhtautuvat hyvin avoimella mielellä ja innokkaasti kehittämistyöhön. Osalla tiimiläisistä on myös selkeää innostusta lean-filosofiaan.

Lehto Oyj on yrityksenä keskikokoinen/iso rakennusliike. Lehto Oyj toimii koko Suomen alueella ja on aloittanut vientiliiketoimintaa Ruotsin suuntaan, johon on toteutettu muutama pilottihanke. Lehto Oyj toimii monella eri rakentamisen osa-alueella. Toimitilat -liiketoiminta-alue rakentaa monen eri kokoluokan liiketiloja, kevyen teollisuuden toimitiloja, kouluja ja liikuntatiloja. Asunnot -liiketoiminta-

alue rakentaa hoivakohteita, palveluasumista ja isompia asuinkiinteistöjä. Lehto toteuttaa asuntorakentamisessa sekä puu- että betonirunkoisia kerrostaloja. Remontointiliiketoimintaa on putkiremonttien muodossa kerrostalokiinteistöihin.

Tehdasvalmisteisia tuotteita käytetään monipuolisimmin asuntorakentamisessa ja putkiremon-teissa. Betonirunkoisissa kerrostaloissa, hoivarakentamisessa ja palveluasumisen rakentamisessa hyödynnetään ns. esivalmistettuja tekniikkastudioita, jotka kohteen mukaan sisältävät kylpyhuo-neen, keittiön ja huoneiston talotekniikan. Puurakenteisissa kerrostaloissa hyödynnetään esival-mistettuja tilaelementtejä, jotka sisältävät tekniikkastudion lisäksi asuintiloja. Putkiremonttikoh-teissa käytetään esivalmistettua talotekniikkaelementtiä. Myös Lehto Oyj:n omia katto- ja seinäele-menttejä käytetään kaikissa liiketoiminnan osa-alueilla.

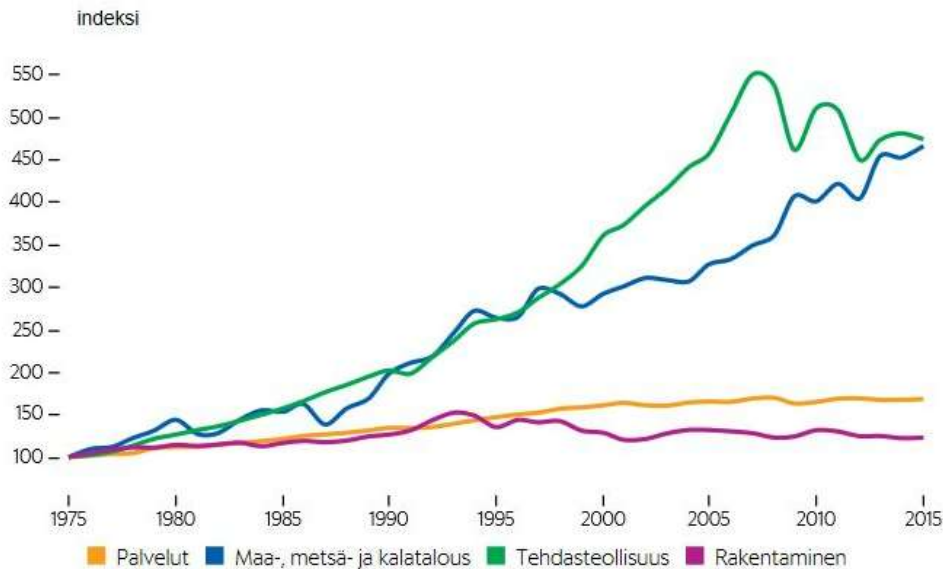
Oma suhteeni lean-filosofiaan on alkanut jo vuosituhaten alussa. Valmistuin 2003 sulautettujen järjestelmien tietokonetekniikan insinööriksi Oulun ammattikorkeakoulun Raahen kampukselta. Heti valmistumisen jälkeen siirryin matkapuhelinalan tuotekehitystehtäviin. Tuotekehitystyössä keskityttiin toimintatapaan, jossa suunnittelijan täytyi perehtyä syvällisesti myös tuotantomenetelmiin. Tuotantomenetelmien ymmärtäminen oli tärkeää tuotantotehokkuuden varmistamiseksi. Työ-tehtäviä leimasi tiivis yhteistyö tehtaiden kanssa, vaikka olinkin tuotekehitysorganisaatiossa. Osal-listuin vahvasti tuotteen viemiseen tehtaan tuotantoon ihan lattiatason tekemiseen asti. Olin mu-kana kehittämässä valmistusmenetelmiä, parantamassa prosesseja, pienentämässä virheellisten tuotteiden määrää, kehittämässä korjaustapoja ja etsimässä valmistuksen pullonkauloja.

1.2 Tutkimusongelma

Rakennusalan tuottavuuden kasvu on ollut heikkoa vuosikymmenet. Viimeisen vuosikymmenen aikana tuottavuus on jopa laskenut. Alan heikkoa tuottavuutta on tutkittu monessa eri tutkimuk-sessa. Tuottavuuden kasvuun ei ole yhtä selkeää konstia. Tuottavuuden kasvuun täytyy tehdä toi-mia monella eri suunnalla ja osa-alueella. Rakennuslehti nostaa artikkelissaan esille useita keinoja, joilla tuottavuutta voisi parantaa. Artikkelissa pohditaan voiko tilannetta parantaa allianssilla tai lean-menetelmillä. (Lohilahti & Mölsä 2017)

Arvonlisäykseen perustuva työn tuottavuus toimialoittain

Työn tuottavuuden indeksi 1975=100



Lähde: Tilastokeskus

Kuva 1 Työn tuottavuus toimialoittain. Lähde: Tilastokeskus

Allianssi tarkoittaa rakennusalalla avointa ja yhteistoiminnallista mallia. Siinä eri yhtiöistä tulevat henkilöt toimivat yhteisellä projektiorganisaatiolla. Allianssimalli on käytetty paljon haasteita sisältävien hankkeiden toteuttamisessa. Tyypillisiä hankkeita on sairaalat, terveyskeskukset peruskorjaukset, teollisuus- ja infrahankkeet. Päivittäistä työtä ohjataan hankkeen projektiryhmästä käsin, jonka projektipäällikkö raportoi allianssin johtoryhmälle. Jokaisesta mukana olevasta yrityksestä on edustus johtoryhmässä.

Allianssimallissa on paljon etuja verrattuna perinteisiin urakkoihin ja aliurakkoihin. Siinäkin on kuitenkin ongelmia ja haasteita. Kilpailu vääristyy ja rajaa osallistumismahdollisuuksia pois allianssihankkeista. Varsinkin keskisuuria yrityksiä rasittaa raskaat tarjousprosessit. Allianssimallin pisteytysjärjestelmä suosii isoja yrityksiä.

Tuottavuutta heikentää nykyään pieniin osiin pilkotut alihankintaketjut ja osaprojektit. Kokonaisprojektin hallinta on vaikeutunut ja osaprojektien pilkkoutuminen aiheuttaa viiveitä. Toinen ongelma on projektien aloituksissa. Perinteisessä rakennusprojektissa työt aloitetaan liian nopeasti, jolloin osa

suunnitelmista on tekemättä. Tästä seuraa, että urakoitsijat varaavat enemmän aikaa työlle, kuin siihen oikeasti menee. Viive kertautuu nopeasti pieniin osaprojekteihin pilkotuissa projekteissa.

Tuottavuutta parantamiseksi voidaan tehdä monia toimia. Yksi selkeä tapa on lisätä teollista puurakentamista. Teollisen puurakentamisen etuja on useita, joista kannattaa kiinnittää huomio ainakin työturvallisuuteen, laatuun, tuottavuuteen ja työmaaympäristöön. Puun käyttäminen vähentää myös päästöjä, jos vertailukohtaksi otetaan betonituotteet. Teollisen puurakentamisen prosessit poikkeavat betonirakentamisesta tietyissä kohdin, mutta monet vaiheet on samankaltaisia CLT-materiaalin ja betonin välillä. (Hämäläinen & Jussila & Salmi 2021, 3-5.)

Rakennusprojektien johtaminen on monitahoinen ongelma-alue. Rakennusprojektit on vaikeampia johtaa nykyisessä toimintaympäristössä. Useat urakoitsijat, suunnittelijat ja viranomaistahot monimutkaistavat yhteydenpitoa, kokoustamista ja asioista päättämistä. Suunnittelu on kilpailutettu ja hajautettu moneen suuntaan. Tiedonkulkuun tulee viivettä ja tieto muuttuu siirrettäessä toimijalta toiselle. Tiedon ajantasaisuuteen ja oikeellisuuteen liittyy useasti haasteita ohjelmistojen yhteensopimattomuuden takia. (Fergusson, Kelly 1993 22-24.)

Tutkimusongelma kiteytyy tuotekehitystyön tulosten viemisestä tehtaan tuotantoon asti. Suurin kustannusvaikutus tulee tuotannon käynnistämisen vaiheesta, koska siinä vaiheessa tuotantolinja on pysäytettyä tuottavasta toiminnasta. Tuotteen tuotannon käynnistämisen vaihetta tarkastellaan keskeisenä osana tätä työtä. Muiden toimien ja menetelmien vaikuttavuus tähän vaiheeseen onkin vertailukohtana. Työssä pyritään löytämään vastaus, miten saadaan vietyä lean-menetelmiä teollisen rakentamisen tuotekehitystyöhön.

1.3 Tutkimusote

Työn empiirisessä toteuttamisessa käytetään kvantitatiivista tutkimusotetta. Ongelmaa voidaan lähestyä määrällisiä asioita tutkimalla, koska nykyistä tekemistä arvioidaan ja mitataan määrällisiä asioita käyttämällä. Työn mittaamiseen käytetään enimmäkseen käytettävien tuntien määrää. Työn laatu arvioidaan suunnitelmien hyvydellä tuotannon näkökulmasta. Suunnitelmien hyvyyden mittaaminen tapahtuu vertaamalla niissä esiintyvien virheiden tai puutteiden määrä suhteessa tehdastyön todellisuuteen. Nämä mittaustavat ovat kuitenkin varsin satunnaisia ja kehittymättömiä, joten

niistä saataviin tuloksiin täytyy suhtautu kriittisesti. Työssä on myös sellaisia tekemisen osa-alueita, joita on vaikeampi mitata. Niitä selvitetään haastatteluiden avulla, joista pyritään löytämään yhteisiä tekijöitä arvioinnin pohjaksi. Työssä tutkitaan myös, miten uudet menetelmät ja käytänteet vaikuttavat uuden tuotteen tuotannon aloittamisen aikaan tehtaassa.

1.4 Työn toteuttaminen

Työssä käytetään useita erilaisia tutkimuksen välineitä. Ensimmäiseksi perehdytään aiempiin kehitysprojekteihin. Projekteista analysoidaan käytettyä tuntimäärää ja saatuja tuloksia. Tulosten analysoinnissa hyödynnetään haastatteluja, joita tehdään hankkeen eri sidosryhmille. Niissä selvitetään se että, millainen odotusarvo projektille oli ja käsitys lopputulokseen pääsemisestä. Samalla saadaan useita eri näkökulmia tutkittavalle asialle.

Työn toteuttamisen yhteydessä tehdään myös pieniä kokeiluita olemassa olevien projektien yhteydessä. Tehdyistä kokeiluista kerätään palaute, jonka tuloksia analysoidaan työssä. Nopeiden ja pienten kokeilujen tarkoituksena on kouluttaa tuotekehityksen henkilöstöä käyttämään samoja työmenetelmiä tuotannon kanssa, mutta soveltaen asiantuntijatyöhön. Tuotantoa on kehitetty jo vuosien ajan lean-menetelmien avulla ja tehdas toimii imuohjauksella. Tuotannossa käytetään myös kanban-järjestelmiä sekä toteutetaan Gemba-kävelyitä.

2 TEOLLINEN RAKENTAMINEN

Teollinen rakentaminen terminä käsitetään tässä dokumentissa sellaisena rakentamisprojektina, jossa rakennustyömaalle tuodaan valmiita rakennuksen osia. Nämä osat on valmistettu yhdessä tai useammassa eri paikassa, josta on tunnistettavissa tehdasvalmistuksen piirteitä.

2.1 Historiaa

Teollinen rakentaminen ei ole mikään uusi idea. Teollisesta rakentamisesta on merkkejä lähes sadan vuoden takaa Yhdysvalloista. Vuodelta 1931 löytyy teollisesti valmistettavan kylpyhuoneen malli, joka on teollisen rakentamisen alkuvaiheita ollut. Teollisesti valmistettavia kylpyhuoneita käytettiin korkeiden kerrostalojen rakentamisessa. (Patentti kylpyhuonemuodulista 1931)

Suomessa kylpyhuonemuoduleita alettiin käyttämään kerrostalorakentamisessa 1960-luvulla. Ensimmäisiä kylpyhuone-elementit asennettiin Helsingin Myllypurossa olevaan kerrostaloon. Niiden valmistamisesta vastasi PARMA Kylpyhuoneet. Ruotsissa vastaavantyyppistä rakentamista aloitettiin 1950-luvun puolella.

2.2 Haasteet

Teollisen rakentamiseen liittyy sellaisia haasteita, joita ei ole perinteisessä rakentamisessa. Arvoa tuottavaan ketjuun tulee lisää muuttuvia tekijöitä, joiden hallitseminen asettaa haasteita johtamiselle. Teollisen rakentamisen osalta rakentamisprojektien tasainen jatkuvuus on edellytys, että teollisen valmistamisen tehokkuus ja hyöty voi konkretisoitua taloudelliseksi hyödyksi. (Björnfot & Stehn 2007 37-38.)

Teollisen rakentamisen johtajan täytyy hallita huomattavasti monipuolisempia kokonaisuuksia, kuin perinteisessä rakentamisessa. Johtajan täytyy hallita laajempi kokonaisuus ja ymmärtää arvoa tuottavat osat koko ketjusta. Yhden osakokonaisuuden optimointi ketjussa voi aiheuttaa kohonneita kustannuksia muualla arvoketjussa. Teollisen rakentamisen kontekstissa täytyykin johtamisessa

korostaa voimakkaampaa kommunikointia ja luoda prosessit niin ettei arvoketjun eri vaiheissa tapahdu katkoksia.

2.3 Mahdollisuudet

Teollinen valmistaminen antaa onnistuessaan mahdollisuuden huomattavaan tehokkuuden parantamiseen. Hyötyjä on mahdollista saada monilla osa-alueilla, jotka yhdessä tuovat tehokkuuden huomattavan paranemisen. Teollisen rakentamisen avulla on mahdollista saada tasaisempaa laatua, nopeampaa läpimenoaikaa sekä edullisempia kustannuksia suunnittelussa ja rakentamisessa.

2.4 Lehto Oyj teollisen rakentamisen tiellä

Lehto Oyj:n teollisen rakentamisen tarina sai alkunsa vuoden 2000 tienoilla. Tuolloin syntyi idea aloittaa kattoelementtien tekeminen tehdasmaisissa olosuhteissa. Idean syntymistä vauhditti sateinen sää työmaalla ja haasteet pitää rakennustyömaalla tehtävät kattorakenteet kuivana. Sään vaikutus on merkittävä tekijä työmaan etenemisen kannalta, jos kaikki työvaiheet tehdään työmaalla. Työmaan aikataulupaineet haluttiin saada hallintaan teollisen esivalmistuksen avulla, mutta samalla haluttiin myös parantaa laatua rakentamisessa.

Ensimmäiset tuotantotilat olivat telttamaisia rakennuksia, joissa päästiin tekemään säältä suojassa kattoelementtejä. Alkuvaiheessa haettiin tekemällä prototyyppejä, joilla etsittiin oikeanlaisen tuotteen ja tekemisen mallia. Myöhemmin mukaan tuli entistä paremmin varusteltuja tehtaita, joissa kattoelementtituotteen tuotantoa jatkettiin. Kehitystyötä tehtiin tuotteen osalta ja ominaisuuksia lisättiin. Teknisten järjestelmien lisäämiseen liittyviä kokeiluja tehtiin ilmanvaihto- ja sprinklerijärjestelmien osalta. Osasta kokeiluista jouduttiin luopumaan, koska teknisiin järjestelmiin liittyvät mitoitustiedot vaikuttavat liian voimakkaasti lopputuotteeseen.

Toisen ison askeleen Lehto Oyj otti 2010-luvun alkuvuosina. Silloin Lehto aloitti kehittämään tehtaassa valmistettavaa kylpyhuonetta. Tarve kylpyhuoneen teolliseen valmistamiseen tuli työmaan toimintoihin liittyvistä tarpeista. Työmaan vaikeita työvaiheita haluttiin viedä tehtaaseen. Työmaalla kylpyhuoneeseen liittyvät työvaiheet aikatauluttivat hyvin voimakkaasti työn etenemistä. Osaavan

henkilöstön saamiseen liittyi haasteita, joten tehdastyöllä saatiin pienennettyä riskiä työmaan viivästymisistä. Tehdastyön tavoitteena oli myös tasaisempi laatu lopputuloksen osalta.

Tehtaassa valmistettavan kylpyhuoneen suunnittelun edetessä havaittiin, että monta muutakin asiaa joudutaan muuttamaan ja suunnittelemaan uusiksi. Tästä hetkestä alkoi kokonaisen rakentamisjärjestelmän kehittäminen Lehto Oyj:ssä. Kerrostalon rakentamisprosessi lähdettiin määrittelemään uudestaan ja rakentamaan uutta rakentamisjärjestelmää varten uudenlaiset prosessit. Teknisen rakentamisjärjestelmän luomisen ja uudelleen luotujen prosessien avulla kerrostalorakentamisessa saavutettiin merkittäviä tuottavuuden parantumista, jos vertailukohtana pidetään perinteisen rakentamisen tapaa.

Kylpyhuonekokonaisuus jaettiin pienempiin osiin, jotka muodostivat tuotteelle toiminnallisen kokonaisuuden. Kylpyhuoneen lattia, katto ja seinät voitiin suunnitella omina erillisinä osinaan ja liittää toisiinsa tuotannon kokoonpanolinjalla. Jokaista osakokonaisuutta voitiin kehittää ja parantaa itsenäisesti, kun jokaisesta osakokoonpanosta huomioitiin liitosrajapinnat muihin osiin. Suunnitteluprosessi luotiin uudestaan ja työ organisoitiin eri tavalla, jotta saatiin tuotteen ominaisuudet kehitettyä toimimaan sekä tehtaassa että työmaalla. Koko suunnitteluketju täytyi ottaa omaan hallintaan, jotta siinä onnistuttiin.

Käytännön havainnot työmaalta tukivat asetettua tavoitetta ja hyviä kokemuksia alkoi kertymään runsaasti. Työmaat nopeutuivat, hävikki oli pienempää, aikaa ei hukkaantunut eri työvaiheiden välissä ja työvaiheiden jaksotukset helpottuivat. Euromääräisiä säästöjä alkoi kertymään enenevässä määrin, kun työmaaorganisaatio oppi esivalmisteiden käytön erityispiirteet. Usein säästöt kertyivät monista pienistä puroista, mutta niiden kokonaismerkitys oli suuri hankkeen loppulaskelmissa.

Kasvun kiihtyessä törmättiin myös haasteisiin. Ensimmäisenä tuli vastaan viranomaistahot, jotka eivät olleet tottuneet teollisesti rakennettujen osien käyttöön rakennuskohteissa. Suhtautuminen vaihteli uteliaasta innostuksesta epäilyksiin viranomaisten puolelta. Riippuen aina siitä missä päin Suomea oltiin rakentamassa. Monet viranomaiset suhtautuivat positiivisesti ja ymmärsivät tulevaisuuden tarpeet, mutta lainsäädännön jäykkyys tuli myös monessa kohtaa vastaan. Isojen kaupunkien rakennusvalvonnoissa ymmärrettiin kuitenkin tarve kehittää rakennusala, kun ensimmäisiä teollista rakennustapaa hyödyntäviä projekteja oltiin esittelemässä.

Toinen selkeä kasvun este oli osaavan henkilöstön puute. Teollisen rakentamisen kokonaisuus on niin erilainen, että välillä oli vaikea löytää sopivia tekijöitä. Sopivien tekijöidenkin perehdyttäminen vei aikaa ja siten osaltaan hidasti toiminnan laajentamista. Rakennusalan vanhoillisuus ja pinttyneet toimintatavat nousivat hidasteeksi monella eri suunnalla. Pitkään rakennusalalla työskennelleet ihmiset eivät oppineet tarkastelemaan teollisen tuotteen ominaisuuksia ja elinkaarta tarpeeksi pitkällä tähtäimellä. Henkilöstöllä oli kova halu tehdä kohdekohtaisia räätälöintejä tuotteeseen ja ratkaista ongelma ilman juurisyyden analysointia. Se ei kuitenkaan tukenut tehtaan tehokkuuden ylläpitämistä ja aiheutti valtavasti uudelleen suunnittelua. Teollisen toimintatavan vieminen arkiin toimintaan kaikilla toiminnan tasoilla on hidas ja aikaa vievä prosessi.

Tulevaisuudessa tehokkuutta voidaan saavuttaa teollisesti rakennettujen puukerrostalojen sektorilla. Se tuotekategoria antaa hyvän mahdollisuuden nostaa esivalmistuksen astetta hyvin korkealle. Puun lisääntynyt käyttö tukee myös ilmastotavoitteita, joissa pyritään kasvattamaan uusiutuvien materiaalien käyttöä. Haasteena tällä sektorilla on löytää oikeat ihmiset tekemään tuotekonseptit ja suunnittelemaan tuote tehtaassa tehokkaasti valmistettavaksi. Tuotteella täytyy olla hyvin vahva platform ja teknisesti tuote täytyy olla suunniteltu sekä modulaariseksi että konfiguroituvaksi. Tuotteen rakenne täytyy olla sellainen, ettei hankekohtaisesti tarvita merkittävää erikoissuunnittelua. (Thajudeen 2023, 22-25)

Toimialan kehittymistä pitäisi edistää aktiivisesti myös yrityksiä korkeammalla olevilla tasoilla. Lainsäädännön osalta pitäisi tunnistaa teollisen toimintatavan erityispiirteet ja ottaa ne huomioon säädöksissä, ohjeissa ja tulkintaohjeissa. Paikkakuntaakohtaiset tulkinnat esimerkiksi palomääräyksistä pitäisi voida ohittaa tarvittaessa, jos tuote on testattu riippumattoman tahon toimesta määräykset täyttäväksi. Yhteisen normiston ja ohjeistuksen avulla uudetkin toimijat voisivat tulla alalle ilman massiivisia testaus- tai hyväksytysprosesseja.

2.5 Elvak Oy

Elvak Oy on talotekniikan suunnitteluun ja urakointiin keskittyvä yritys. Sen on perustanut Timo Lehto vuonna 2009. Alkuun yrityksessä ei ollut Timon lisäksi muita työntekijöitä ja työ oli kiinteistöautomaatiourakointia. Ensimmäisen työntekijän Timo palkkasi vuonna 2012, mutta työ keskittyi edelleen kiinteistöautomaatiourakointiin.

Vuonna 2013 tapahtui ensimmäinen askel laajempaan suuntaan. Tuolloin palkattiin ensimmäinen sähkösuunnittelija. Samana vuonna asennustehtävissä laajennettiin osaamista paloilmoitinten asentamiseen. LVI-suunnitteluun tuli ensimmäinen työntekijä vuonna 2014. Tuossa kohtaa tapahtui myös iso askel, koska LVI-suunnittelun liiketoiminnan vetovastuu oli heti alusta asti pois Timon päivittäisestä johtamisesta. Sähkösuunnittelun liiketoiminnan vetovastuuseen nimettiin henkilö 2015.

Elvak Care -liiketoiminta alkoi käynnistymään 2016 vuoden tienoilla. Tuolloin alettiin tarjoamaan kiinteistöjen huolenpitopalvelua asiakkaana olevalle rakennusliikkeille. Rakennusliike tilasi huolenpitopalvelua rakennuskohteen takuuajaksi. Sen jälkeen moni kiinteistöoperaattori on tilannut rakennuksen huolenpitopalvelun suoraan Elvakilta.

Kehityksen liiketoiminta käynnistyi 2017, jolloin allekirjoittanut aloitti kehitystyön organisoimisen. Sitä ennen oli yrityksessä tehty yksittäisiä tutkimus-/kehityshankkeita, mutta se ei ollut vielä jatkuvaa organisoitua toimintaa. Kehitystiimiin palkattiin ensimmäinen yrityksen työllistämä koneinsinööri, joka alkoi suunnittelemaan tehtaassa tehtäviä osakokoonpanoja. Siitä eteenpäin on teollisen rakentamisen suunnittelua kehitetty yhdessä asiakkaan kanssa.

Elvakin kovia kasvun vuosia oli 2017-2018, jolloin liiketoiminta kasvoi huomattavaa vauhtia. Yritykseen tuli paljon uusia työntekijöitä ja liikevaihto kasvoi todella voimakkaasti. Kasvuvauhti taittui kuitenkin koko Suomea ravistelleeseen ”hoivakriisiin”, kun hieman ylikuumentunut hoivarakentaminen tyssäsi kuin seinään. Elvak onnistui kuitenkin suuntaamaan liiketoimintaansa uudelleen ja sai toiminnan vakautettua kohtalaisen nopeasti. Tuolloin alettiin kuitenkin kiinnittämään enemmän huomiota liiketoimintaa tukevien asioiden kehittämiseen. Prosesseja ja johtamiskäytänteitä alettiin määrätietoisesti kehittämään parempaan suuntaan.

Elvak Oy alkoi vuonna 2017 rakentamaan talotekniikan kokonaisprosessia, joka kattaa koko rakennusprojektin aina alkuvaiheen ideoinnista aina kiinteistön käyttöön asti. Elvakille alkoi hahmotua malli, jossa tehdään tuotekehitystä ihan alkuvaiheessa. Sen jälkeen siirrytään hankekehitykseen. Sitä seuraava askel on se, jossa varsinainen kohteen talotekniikan kokonaisuuden suunnittelu tapahtuu. Talotekniikan urakoinnin aikana osallistutaan kiinteistöautomaation ja turvajärjestelmien urakointiin. Tämän jälkeen liiketoimintaa jatketaan ylläpitopalvelulla.

Elvakin filosofiaan kuuluu edelläkävijyyden idea. Se tarkoittaa edelläkävijyyttä usealla eri tavalla. Pelkkä tekninen edelläkävijyys ei tuo kilpailuetua, jos siihen ei kytketä henkilökohtaisen kehittymisen kautta tulevaa edelläkävijyyden ajattelutapaa. Edelläkävijyys mielletään henkilökohtaisella tasolla sekä aktiivisena opiskeluna että jatkuvan parantamisen prosessin ylläpitämisenä. Elvak on myös osallistunut ja osallistuu parasta aikaa tutkimusprojekteihin, joissa on mukana sekä kansallisesti että kansainvälisesti merkittäviä yrityksiä.

3 LEAN JA KEHITYSTYÖ

Tässä kappaleessa tarkastellaan valikoituja lean-menetelmien teorialta ja niiden käyttötapoja tuotekehitystyössä. Käytän usein termiä ”perinteinen lean”, jolla tarkoitan lean:n soveltamista tehdastyöhön. Se näkökulma on usein perinteinen teollisen valmistamisen näkökulma, jossa tarkastellaan jotain fyysistä kappaletta, esinettä tai laitetta. Käytän myös termejä ”T&K lean” tai ”tuotekehitys lean”, joilla viitataan asiantuntijan tai tuotekehitysinsinöörin tekemään kehitystyöhön. Siinä tuotetta ollaan vasta suunnittelemassa ja innovoimassa, jolloin ollaan usein vielä tilanteessa, että selkeää fyysistä tuotetta ei ole vielä olemassa. Tässä kappaleessa mietitään miten perinteisen lean:n menetelmien soveltaminen tuotekehityksessä onnistuu ja mitkä niistä on tärkeimpiä kehitystyön onnistumisen kannalta.

3.1 Kaizen ja Kaikaku

3.1.1 Kaizen

Kaizen on oppi jatkuvasta parantamisesta, joka etenee jatkuvina pieninä askeleina. Siinä on tavoitteena parantaa pienillä muutoksilla olemassa olevaa systeemiä. Se voi olla tuotteen, prosessin, oppimisen tai melkein minkä tahansa asian parantamista. Kaizenia voidaan toteuttaa esimerkiksi PDCA syklin avulla tai Kaizen työpajassa. Käytännön tasolle vietynä Kaizenin vaikutus voi näkyä tapaturmien vähenemisenä työmaalla (James & Ikuma & Nahmens & Aghazadeh 2013, 726). Arkiin pieniin parannuksiin sopii PDCA sykli ja isompiin ongelmiin Kaizen työpaja.

Kaizen työpaja tarjoaa mahdollisuuden saada nopeasti tuloksia aikaan. Siinä kasataan tiimi, joka toteuttaa ohjatusti työpajamaisesti ongelman ratkaisun. Työpaja on kestoltaan 3-5 päivää ja silloin siihen osallistuvat käyttävät 100%:n työpanoksen vain työpajaan. Eteneminen tapahtuu ohjatusti kaizen-fasilitaattorin avulla ennalta määritellyjä vaiheita käyttäen. Ensimmäinen vaihe on valmistelu. Valmisteluvaiheessa asetetaan työpajan tavoite, suunnitellaan resurssointi ja varmistetaan että työpajalle on johdon tuki. Toinen vaihe on itse työpajatyöskentely, jossa ensin analysoidaan nykyinen prosessi, kartoitetaan ongelmat ja lopuksi mietitään ratkaisut ongelmien poistamiseksi. Kolmas vaihe on työpajassa löydettyjen ratkaisujen jalkauttaminen ja tuloksien seurannan järjestäminen.

Teollisen rakentamisen kontekstissa kaizenia kannattaa käyttää olemassa olevan tuotteen parantamiseen tähtäävänä työkaluna. Parantamisen tavoitteeksi voidaan asettaa tuotteen valmistuskustannusten alentaminen, läpimenoajan lyhentäminen, virheiden vähentäminen tai jokin muu tavoite. Kaizen työpajaa on järkevää käyttää, jos olemassa olevaan tuotteeseen täytyy tehdä jokin isompi muutos. Radikaalimpaa muutosta varten on olemassa kaikaku-työkalu.

3.1.2 Kaikaku

Kaikaku on kaizenia isompi muutos. Kaikakua tarvitaan silloin, kun tuotteeseen, prosessiin tai vaikkapa tuotantoon tehdään isompi muutos. Siinä on piirteitä kaizenista, mutta on luonteeltaan radikaalimpi ja innovatiivisempi muutos. Kaikaku on usein muutos, joka ylittää organisaatorajat. Usein Kaikakuun osallistuu vähintään tuotekehitys ja firman johto. Johdon osallistumista tarvitaan usein sen vuoksi, että hankkeella on riittävästi valtaa viedä tehtyjä päätöksiä eteenpäin.

Kaikaku toteutetaan usein työpajana, jonka kesto on 5 päivän mittainen. Alussa käydään läpi parannaustyökalujen käyttöä. Koulutus on aina olennainen osa prosessia ja Toyota korostaa koulutuksen tarpeellisuudesta Valmennuskatassa. Työpajan kulku voisi olla seuraavanlainen:

1. **Päivä**

Koulutetaan parannusmenetelmiä. Apuna voi olla esimerkiksi Toyotan tuotantojärjestelmä

2. **Päivä**

Tutkitaan parannusta kaipaavien prosessien nykytila. Tarkasteluun otetaan sykli-aika, mittarit, takt-aika ja työn jakautuminen arvo-/lisäarvotekävien välillä.

3. **Päivä**

Työt asetellaan ja järjestellään uudestaan. Laitteita siirrellään ja järjestellään prosessin testaamisen mahdollistamiseksi.

4. **Päivä**

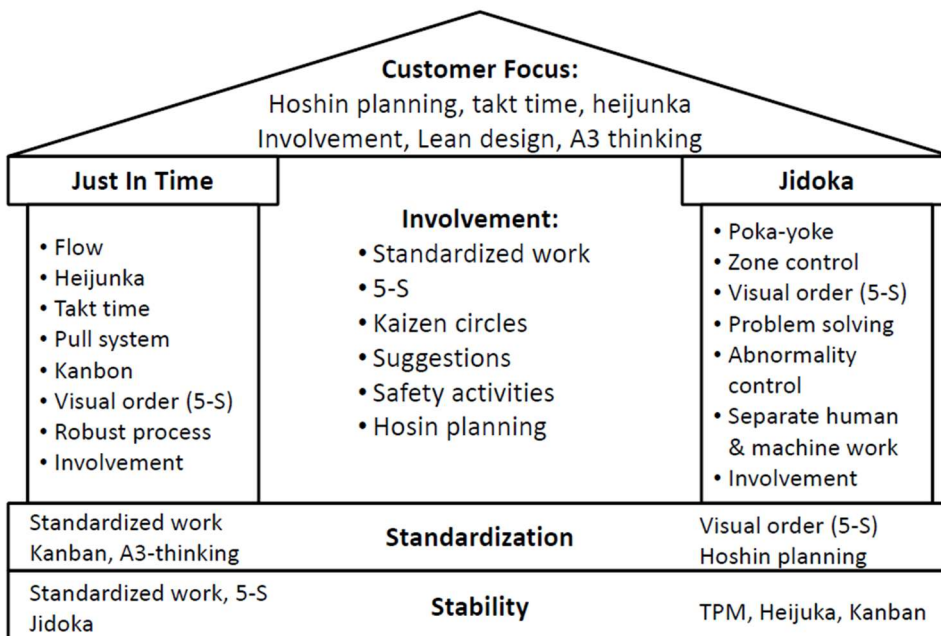
Uutta prosessia testataan työntekijöiden kanssa ja koulutetaan uutta toimintatapaa. Esiin tulevat ongelmat ja haasteet käsitellään yhdessä.

5. **Päivä**

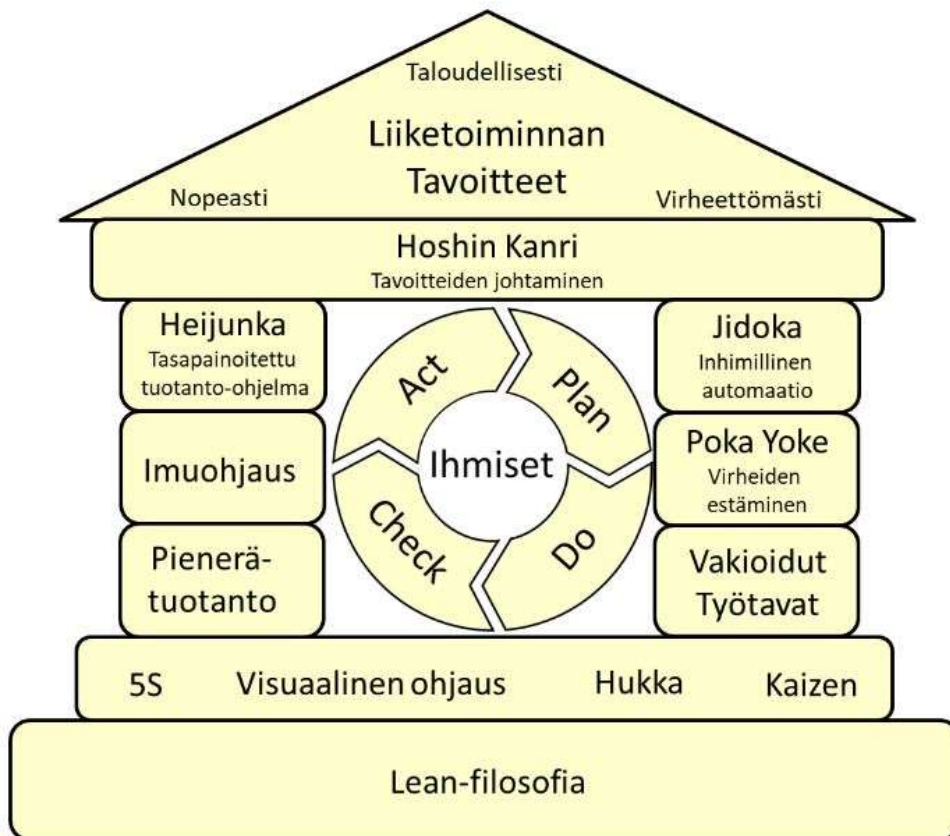
Tehdyt muutokset esitellään johdolle. Yhdessä tarkastellaan tehdyt parannukset ja tutkitaan myös, mitä vielä täytyy tehdä.

3.2 Hoshin kanri -suunnittelu

Hoshi on japania ja se merkitsee kompassia. Kanri merkitsee johtamista. Vapaasti suomennettuna Hoshin kanri tarkoittaa suunnan johtamista. Hoshin suunnittelua on käytetty Toyotalla jo vuodesta 1950 alkaen. Hoshin suunnittelu sijoittuu usein Lean-talossa katon paikalle, jos näkökulmana on asiakkaan näkökulma tai liiketoiminnallinen näkökulma. Hoshin suunnittelu lähtee siitä ajatuksesta, että ensin määritellään iso suunta ja tavoite. Siitä voidaan johtaa alemman tason tavoite, jota lähdetään tavoittelemaan. Tiivistetysti voi nähdä, että ylemmän tason tehtävä on alemman tason päämäärä.



Kuva 2 House of lean [<https://www.sixleansigma.com/overview-lean-tools-techniques--house-of-lean.html>]



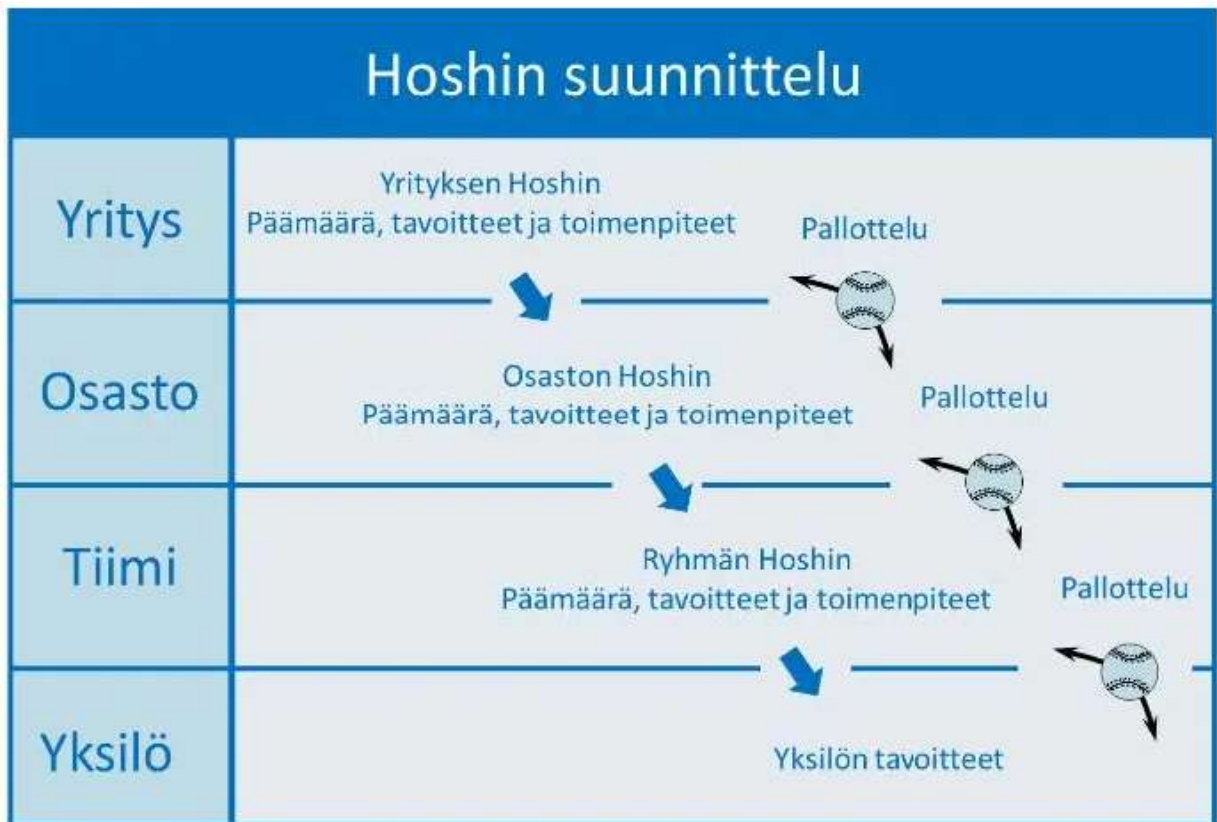
Kuva 3 Lean-talo [<https://blogi.oamk.fi/2020/06/08/lean/>]

Hoshin suunnittelu lähtee ylhäältä etenemään alaspäin organisaatiossa. Ylin johto määrittelee ison tavoitteen, joka on yrityksen pitkän tähtäimen suunnitelma. Suunnitelma kerrotaan organisaatiossa seuraavalle tasolle. Seuraava taso aloittaa PDCA-syklin tavalla pallottelun, jossa haastetaan ja tarkennetaan tavoitteen antanutta organisaatiota. Yhteisesti muodostettu päämäärä toimii tavoitteena alemmalle organisaatiokerrokselle. Tällä tavoin edetään organisaation alimmalle kerrokselle asti eli ihan yksilötasolle. (Jokinen, 2021); (Jackson, 2006 24-25.)

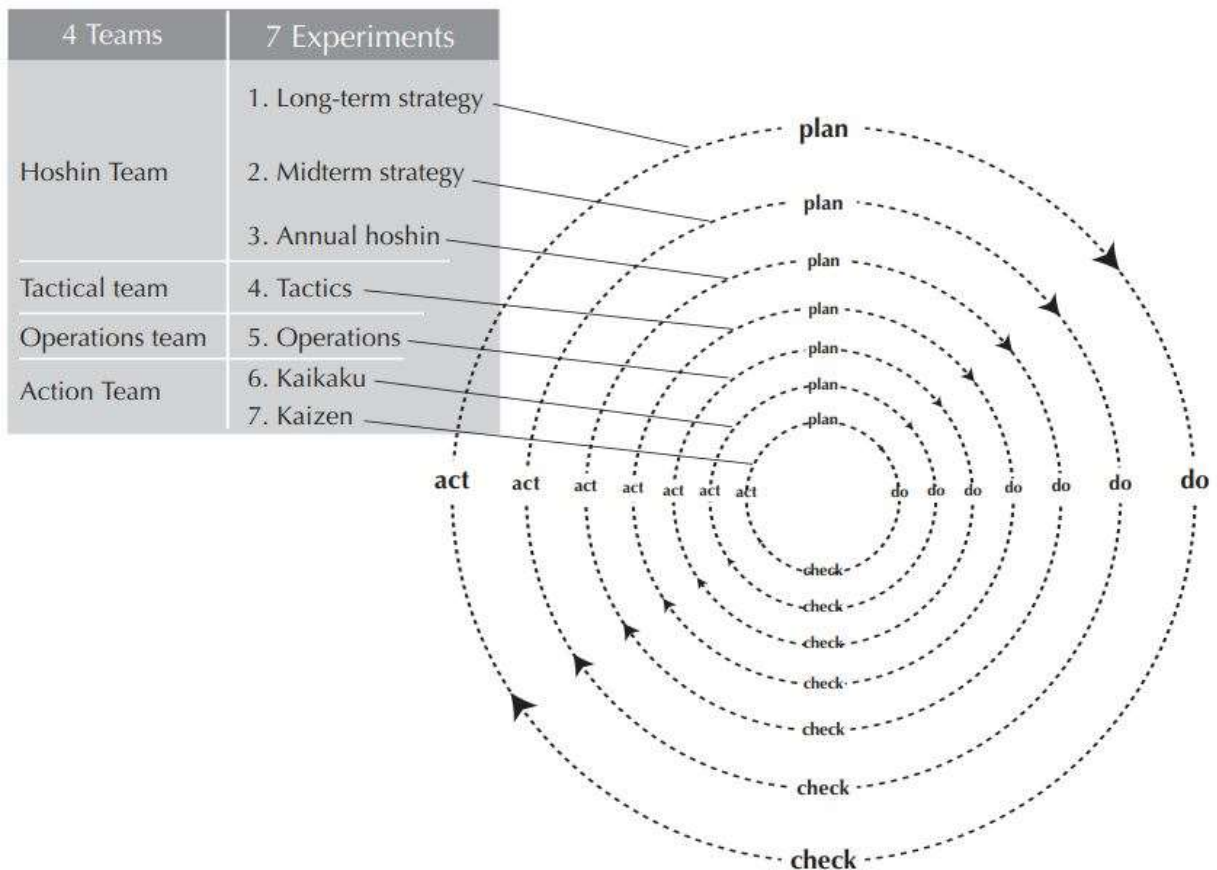
Eri kirjoittajat käyttävät hieman erilaista tulkintaa PDCA syklien tai pallottelun ajanjaksoista. Sama käsitys on kuitenkin siitä, että alemmille tasoille mentäessä syklien välinen aika kuitenkin lyhenee. Pitkän ajan strategia voi olla esimerkiksi usean vuoden mittainen ja siitä laskeudutaan keskipitkään strategiaan, joka on usein 3-5 vuotta. Kolmannella tasolla laaditaan vuosistrategia. Nämä kolme eri strategiatasoa määritellään yleensä yrityksen ylimmässä johdossa.

Osastotasolle tullessa suunnittelun aikajänne asettuu välillä 6-18 kuukautta. Se noudattelee sisällöltään vuosistrategiaa ja siinä määritellään käytettävät teknologiat ja metodologiat. Tiimitasolla

aikajänne lyhenee 3-6 kuukauden pituiseksi ja silloin tarkastellaan konkreettisia projekteja. Projektitasolla mennään tiimien ja yksilöiden osalta tavoitteiden osalta päivittäisiin, viikoittaisiin ja kuukauden mittaisiin tavoitteisiin. (Jackson, 2006 24-25.)



Kuva 4 Hoshin suunnitteluun liittyvä pallottelu [Jokinen 2021]



Kuva 5 Hoshin suunnittelun PDCA syklit [Jackson 2006]

Tuotekehitystyössä suunnan johtaminen samaa päämäärää kohden on erittäin tärkeää, koska tuotekehityksen toimesta suunnitelluilla tuotteilla tehdään seuraavien vuosien liiketoiminta. Sen seurauksena tuotekehityksen onnistumiseen liittyy valtavasti paineita ja ennakko-odotuksia. Yrityksen täytyy hallita tuoteportfoliota ja laatia tuotekehityksen tiekartta, josta johdetaan liiketoiminnan tavoitteet. Teknisen suunnittelun osalta tiekartta määrittää tuotekehitysprojektien tarpeet ja tavoitteet. Alemmalle tasolle mennessä voidaan tavoitteet johtaa tuotekehitysprojektien etenemisen perusteella.

3.3 5 kertaa G

Perinteinen leanin 5 kertaa G on työkalu, jolla ratkaistaan ongelmia tuotannossa. Työkalu auttaa lähestymään ongelmaa oikealla tavalla ja sitä käyttäen pääsee ongelman alkujuurille. Juurisyy analyysi on tärkeä vaihe ongelmanratkaisua, jottei lähdetä ratkaisemaan pelkkää oiretta.

Analysointivaihe voi kuitenkin epäonnistua, jos tieto korvataan olettamuksella. Tiedon oikeellisuus on tärkeää kaikissa ongelmanratkaisun vaiheissa. (Andersson 2016)

Tuotekehitystyössä tarvitaan oikeaa tietoa, jottei kehitetä tuotetta olettamuksien perusteella. Kehitystyötä tekevällä täytyy olla hyvin laaja ammattitaito sen tuotteen parissa, jota ovat kehittämässä. Teollisen rakentamisen alalla tulee osata sekä rakentamisen käytäntöjä että teollisen valmistamisen käytäntöjä. Teollisesti valmistettavalle rakennusosalle tai esivalmisteelle tulee vaatimuksia monesta eri lähtökohdasta, ja ne ovat usein jopa ristiriidassa keskenään. Tuotekehitystyössä on tärkeää kiinnittää huomiota asioiden analysointiin ja tiedon oikeellisuuteen kehitystyön aikana.

3.3.1 Gemba – Aito paikka

Gemba toimintatavan tarkoituksena on mennä aidosti paikan päälle sinne missä asia tapahtuu. Perinteinen lean ohjeistaa tässä kohtaa menemään tehdassalissa sille työpisteelle, jossa tehtyä työtä halutaan parantaa. Tehdastyössä on helpompi löytää selkeä paikka, jossa tulee virheellistä tuotetta tai johon on muodostunut tuotannon kapeikko eli pullonkaula. Virheellinen toiminta ei kuitenkaan aina tarkoita paikkaa, jossa virhe tulee esille.

Teollisen rakentamisen tuotetta suunniteltaessa ja kehittäessä tulee ottaa huomioon Gemba eli ”aito paikka” useasta näkökulmasta. Tuotteen elinkaari alkaa muodostumaan tehtaassa. Seuraavaksi sitä kuljetetaan sekä varastoidaan vaihteleva määrä ja ajanjakso ennen asennusta, joka tapahtuu työmaalla. Tuote saattaa olla myös sellainen esivalmiste, joka kuljetetaan toiseen tehtaaseen ja liitetään osaksi isompaa kokonaisuutta. Tuotteen ymmärtämisen osalta Gembaa täytyy suorittaa useaan erilliseen paikkaan.

Ensimmäinen Gemban etappi on tehdas, jossa tuotteen valmistaminen alkaa. Tuotekehitystä tekevien henkilöiden täytyy käydä läpi kaikki tuotannon vaiheet ja perehtyä eri työvaiheisiin. Tuotekehitystä tekevän täytyy ymmärtää tehtaan tuotannollinen kyvykkyys. Tuotannon kapeikot eli pullonkaulat voivat olla sellaisia, että niiden poistaminen tai siirtäminen toiseen kohtaan ei välttämättä ole mahdollista kohtuullisilla kustannuksilla tai kohtuullisessa ajassa. Tehtaan työvoiman osaaminen on myös hyvä tunnistaa, koska tehtaassa ei useinkaan ole työskentelemässä rakentamisen ammattilaiset.

Tehtaan logistiikan ymmärtäminen paikan päällä antaa ymmärrystä, miten raakamateriaalin vastaanotosta lähtien tuote alkaa jalostumaan kohti lopputuotetta. Logistiikan ymmärtäminen on tärkeää myös tuoterakennetta mietittäessä. Tuoterakennetta muodostettaessa täytyy vastata kysymykseen: ”Mihin kohtaan tarvitaan varastoja vai tavoitellaanko 1 kappaleen eräkokoja?”. Tuotteen rakennetta suunniteltaessa on tärkeä tietää mitkä varastot ovat mahdollisia ja tarkoituksenmukaisia, jotta tuotteen kokoonpanoaika on tarkoituksenmukaisessa suhteessa tahtiin nähden. Jokainen työvaihe, esivalmistekokoonpano ja tuotteen loppukokoonpano tarvitsee huomiota tässä Gemban vaiheessa.

Toinen Gemban isompi etappi alkaa loppukokoonpanon jälkeen, kun tuote on lähdessä tehtaasta ulos joko työmaalle, välivarastoon tai toiselle tehtaalle. Tuotteen pakkaaminen, siirtely, varastointi ja kuljettaminen ovat merkittäviä tekijöitä tuotteen kannalta, koska niissä vaiheissa tuotteeseen kohdistuu merkittäviä rasitustekijöitä. Perinteisessä rakentamisessa tällaisia rasitustekijöitä ei pääse syntymään.

Seuraava Gemban askel on joko toisessa tehtaassa tai työmaalla. Tarkastellaan ensin työmaan näkökulma, koska se on yleisempi. Työmaalla tuotteen osalta on olennaista, kuinka nopeasti tuote saadaan kuljetusalustalta lopulliseen sijoituspaikkaan. Välivarastoinnit ja siirtelyt tuottavat lean teorian mukaan hukkaa ja ovat arvoa tuottamatonta työtä. Työmaalla myös varastointiin käytettävä tila on usein rajallista. Varastoinnin aikana nousee myös riski, että tuote vahingoittuu. Kuljetuksen ja työmaalla varastoinnin osalta ei pysty takamaan mitenkään optimaalisia varastointiolosuhteita.

Työmaalla tapahtuva asennus on tärkeä työvaihe, jossa tapahtuu monta asiaa yhtä aikaa. Siinä tarvitaan useiden eri osapuolien yhteistyötä. Siinä konkretisoituu monen aiemman suunnitelman ja työvaiheen osalta onnistumisen mahdollisuudet. Aidon paikan ymmärtäminen nousee tässä kohtaa erityisen tärkeäksi, koska tässä vaiheessa tuotteeseen kohdistuu paljon kustannuksia.

Viimeisenä Gemban paikkana toimii tuotekehitystä tekevän suunnittelijan työpiste, jossa kaikki tieto aiemmista paikoista tiivistetään taustatiedoksi suunnittelua varten. Tässä paikassa konkreettisesti tehdään päätöksiä, jotka ratkaisevat 80 % tuotteen kaikista kustannuksista. Tuotekehityksen hukkia koskevassa tutkimuksessa Jin Kato nostaakin tärkeäksi tekijäksi sen, että tuotekehitystä tekevät saivat tehdä työnsä parhaissa mahdollisissa olosuhteissa. (Kato 2005, 104)

3.3.2 Gembutsu – Aidot asiat

Gembutsu toimintatavan tarkoituksena on kiinnittää huomiota aitoihin asioihin. Aidolla asialla tarkoitetaan perinteisessä tuotannon näkökulmassa sitä, että tutkitaan aitoja viallisia osia. Tämän toiminnan tarkoituksena on löytää ongelmien juurisyys. Tutkimalla viallista osaa voidaan löytää tuotannon koneista ja prosesseista ne vaiheet, jossa on varsinaisen vian alkusyy.

Tuotekehitystyössä aitoja asioita on tarpeellista tutkia erittäin tarkkaan, kun tehdään prototyyppejä suunniteltavasta tuotteesta. Prototyyppien tutkiminen ja analysointi antaa tärkeää tietoa, joilla kehitysvaiheessa tehdyt oletukset voidaan osoittaa oikeiksi tai vääriksi. Näin saadaan karsittua virheitä pois tuotteesta ennen tuotannon alkamista. Aitoja tietoja täytyy etsiä myös muista paikoista, kuten Gemba osiossa käytiin läpi.

Teollisen rakentamisen osalta tuote kehittyy ja jalostuu osaksi isompaa kokonaisuutta. Arvoketju alkaa raakamateriaalien tuomisesta tuotannon alkupisteeseen. Siellä alkaa tuote jalostumaan ja rakentumaan osaksi isompaa kokonaisuutta eli valmista rakennusta. Teollisesti valmistettava osuus ei juuri koskaan ole kuitenkaan kokonainen valmis rakennus, joka ei jalostuisi enää työmaavaiheessa. Tiettyjä poikkeuksia ovat pienet siirreltäviksi tarkoitetut väliaikaiset rakennukset. Tässä työssä en kuitenkaan perehdy niihin.

Teollisen rakentamisen tuotteiden kehityksessä tullaan käytännön elämässä usein siihen haasteeseen, että kokonaista prototyyppirakennusta ei ole mahdollista rakentaa. Teollisesti tehtävät esivalmisteet ovat kuitenkin usein niin pieniä ja edullisia, että niitä voidaan protoilla. Tuotteen prototilussa täytyy olla mukana monialaisesti ihmisiä eri arvoketjun vaiheista. Suunnittelija saa arvokasta tietoa tehdastyön eri vaiheissa työskenteleviltä ihmisiltä, mutta myös työmaalla tehtävästä työstä. Tehtaassa on helpompi vakioida olosuhteet ja prosessit, kuin työmaalla, jossa ulkoisia muuttujia on enemmän.

3.3.3 Genjitsu – Aidot tiedot

Genjitsun tarkoituksena on kiinnittää huomiota kaikkiin tietoihin ja faktoihin. Tiedon pahin vihollinen on olettaus. Tiedon oikeellisuuteen täytyy kiinnittää riittävästi huomiota, että myös tutkimukset ja korjaavat toimet kohdistuvat oikeaan asiaan. Materiaaleista, prosesseista, laitteista ja olosuhteista

on kerättävä kaikki saatavilla olevat tiedot. Niiden kokonaisvaltainen analysointi yhdessä auttaa löytämään ratkaistavan ongelman alkusyy.

Tuotekehitystyössä täytyy työ perustaa teorioihin ja kokeilla niiden toimivuus käytännössä myöhemmin. Aitoa tietoa muodostuu vaiheittain ja takaisinkytkentä prosessin edeltäviin vaiheisiin tehdään suunnittelusykkeissä. Leanin yhteydessä käytetään tyypillisesti PDCA-sykliä. Se koostuu Plan eli suunnitteluvaiheesta, Do eli testausvaiheesta, Check eli arviointivaiheesta ja Act eli toiminnan vaiheesta. *Viite PDCA*

Tiedon oikeellisuus ja aitous vaikuttaa paljon siihen, miten monta erillistä PDCA sykliä tarvitaan eri tuotekehityksen vaiheissa. Useinkaan ei ole tarkoituksenmukaista rakentaa heti kokonaista loppu-tuotetta, koska silloin tietoa voi muodostua liikaa. Liiallinen tiedon määrä vaikeuttaa ”syy-seuraus”-suhteiden ymmärtämistä ja hahmottamista. Tällöin tietoa on liikaa ja se voi olla korruptoitunutta, jotta sitä voisi käyttää suunnittelun apuna.

3.3.4 Genri – Oikea teoria

Genrin tarkoituksena on kiinnittää huomio oikeaan toimintateoriaan. Miten asiat oikeasti etenevät? Teollisessa toimintaympäristössä tässä vaiheessa avainasemaan nousee työnjohto ja tuotannon työntekijät. Heillä on tarkin tieto, kuinka valmistus on tarkalleen edennyt. Tehtaan muillakin henkilöillä on usein olennaisen tärkeää tietoa siitä, miten prosessi etenee oikeasti. Perinteisessä tehdastyössä tutkimuksen kohteeksi otetaan laitteiden liikkeet, oikeat olosuhteet ja erilaiset muuttujat, kun muodostetaan oikeaa toiminnan teoriaa. Tässä vaiheessa tutkitaan, miten oikea toimintateoria eroaa ideaalisesta toimintateoriasta.

Teollisen rakentamisen osalta tässä vaiheessa noudatetaan samaa kaavaa tehtaan osalta, kuin perinteisessä teollisuuden toimintatavassa. Eroavaisuutta tulee kuitenkin siitä, että paikkoja on useita ja tarkasteltavia teorioita on myös useita. Tehtaalla ja työmaalla saattaa olla ristiriitaiset käsitykset oikeasta toimintateoriasta tuotteen eri ominaisuuksien osalta. Siksi on tärkeää varmistaa eri paikoissa olevat toimintateoriakäsitykset, jotta niiden ristiriitaisuudet voidaan ratkaista.

Oikeaan teoriaan liittyvät kaikki ne ohjeet ja dokumentit, jotka ohjaavat työn etenemistä. Suunnittelijan työtä ohjaa monet ohjeet ja asiakirjat. Niitä ovat rakennusteollisuudessa esimerkiksi

rakentamismääräyskokoelmat, tuotteeseen liittyvät vaatimusmäärittelyasiakirjat sekä muiden sidosryhmien ohjeet ja vaatimukset. Teolliseen toimintaan tehtaassa liittyy erilaisia määräyksiä, kuin työmaalla tehtävään työhön. Nämä molemmat näkökulmat täytyy huomioida tuotteen suunnittelussa.

3.3.5 Gensoku – Oikea standardi

Gensoku tarkastelee sitä, onko laite toiminut suunnitellulla tavalla. Laitteen onnistuminen työssään on riippuvainen siitä, miten se on suunniteltu toimimaan ja mikä sen suunniteltu käyttöikä on. Molemmista syistä johtuen kone saattaa epäonnistua työssään. Perinteisessä Lean-ajattelussa tässä vaiheessa keskitytään tutkimaan konetta tarkasti. Tuolloin avainasemassa on koneen käyttäjät ja huoltohenkilöt.

Ihmisten tekemässä työssä ei ole niin selkeää standardia eikä ihmiset ole mekaanisia toimijoita. Tuotekehitystyötä leimaa muutenkin luovuus ja uuden etsiminen, joten myöskään itse tekeminen ei ole kaavamaista tai standardeihin pohjautuvaa. Tästä johtuen ”Gensoku – Oikea standardi” -tarkastelutapa ei nouse niin vahvasti huomioitavaksi asiaksi tuotekehitystyössä.

3.4 Innovointi ja tuotekehitys

Innovointi ja tuotekehitys on yksi tärkeimmistä yrityksen kilpailukyvyyn tekijöistä. Uusien tuotteiden palveluiden ja toimintatapojen avulla kamppaillaan markkinaosuudesta tulevaisuudessa. Tuotteiden ominaisuudet kehittyvät, palvelut elävät ja toimintatapoja täytyy parantaa jatkuvasti. Leanin perusfilosofiaan kuuluukin jatkuva parantaminen, mutta innovointi ja tuotekehitys ovat luonteeltaan isompia harppauksia. Kaizen ja Kaikaku ovat olemassa olevan parantamista, mutta Kakushin on kokonaan uuden luomista. Esimerkkinä Kakushinin kaltaisista uuden luomisista voisi nostaa vaikkapa internetin, matkapuhelimen tai sähkön keksimisen.

Uusien innovaatioiden tekeminen ja tuotekehitys on tarkoituksenmukaista järjestää tuotekehitysyksikköön, joka on organisaatorakenteessa ylimmän johdon välittömässä läheisyydessä. Tällöin uusien innovaatioiden kehittämiseksi saadaan riittävä tuki. Ylimmän johdon läheisyys mahdollistaa myös jatkuvan keskustelun siitä mitkä innovaatiot omaavat riittävän kaupallisen potentiaalin. Uuden

innovaation eteenpäin vieminen vaatii aina ylimmän johdon tuen, koska toimivaan systeemiin ollaan tekemässä iso muutos.

Tuotekehityksen johtamiseen liittyy monia haasteita, jotka täytyy ratkaista. Johdon täytyy kyetä luomaan ilmapiiri, jossa innovointi on mahdollista. Hukan vähentäminen innovoinnista ja tuotekehityksestä on haastavampaa, kuin tehdasvalmistuksesta. Tuotekehitysprojektein osalta Jin Kato nostaa erityisesti esille kolme tärkeää asiaa:

1. Pysäytä virheellisen tiedon eteneminen
2. Anna tuotekehitystä tekevien insinöörien tehdä työtään parhaissa mahdollisissa olosuhteissa: liiallinen ylityö ja aikataulupaine altistaa tekemään huonoja päätöksiä
3. Yritä etsiä piiloon jääviä hälyttäviä signaaleja: piiloon jäävät ongelmat ovat ongelmallisempia kuin näkyvät.

(Kato 2005, 104-105)

Tuotekehitystä tekevässä yksikössä tarvitaan erittäin korkeaa psykologista turvallisuutta. Tiimin jäsenen on uskallettava tuoda esille ideat ilman pelkoa, että kokee tulevansa tyrmätyksi. Tuotekehitys- ja innovaatiotyössä ideoita joudutaan tuomaan usein keskeneräisiä ideoita muiden käsiteltäväksi. Tällöin luottamus hyvään ja arvostavaan kohteluun on tärkeää. Turvallisuutta parantaa oleellisesti, jos kukaan ei varasta ideoita omikseen tai ei keskity heti etsimään virheitä. Ideoiden vapaa ja rakentava käsittely kannustaa ideoimaan lisää ja vähemmällä rajoitteilla. (Umar 2017)

4 ESIMERKKITAPPAUS

Tutkin tässä esimerkkitapauksessa aluksi perinteistä tapaa, jolla on tehty teollisen rakentamisen tuotekehitysprojekteja. Sen jälkeen luon suuntaviivoja sellaiseen tuotekehitystapaan, jossa hyödynnetään lean-menetelmän tapoja.

4.1 Perinteinen

Perinteistä tapaa leimaa tyypillisesti yksittäisten osien ja osakokonaisuuksien suunnittelu. Lehto Oyj on valmistanut erilaisia kylpyhuone-elementtejä erilaisiin käyttötarkoituksiin. Samoin on ollut putkiremonteissa käytettäviä teknisiä nousuelementtiä tai muita tuotteita suunniteltaessa. Tilaelementtien suunnittelussa huomio on kiinnittynyt enemmän yksittäisen tilaelementin suunnitteluun, kuin kokonaisen kerrostalon suunnitteluun.

Kehityksen osalta huomio on usein enemmän teknisten yksityiskohtien ratkaisemisessa, mutta kaupallisten lähtökohtien osalta asia jää usein tarkastelematta. Koko arvoa tuottavan ketjun toimintaan ei ole kiinnitetty huomiota. Eri toimijat ovat omissa organisaatioissaan ja yhteisen tekemisen malli puuttuu. Tiedon kulussa on puutteita ja jopa organisaatiotason esteitä. Haastattelin tässä tutkimusosiossa Lehdon työntekijöitä, jotka ovat olleet tekemässä teollisen rakentamisen tuotteita tai käyttäneet niitä projekteissaan. Henkilöitä on pyritty valitsemaan eri organisaatioista, jotta saadaan monipuolisia näkemyksiä aiheesta.

Ensimmäinen haastateltava on toiminut useissa rooleissa Lehto Oyj:n organisaatioissa ja nähnyt pitkältä ajalta tehdasvalmisteisen tuotteen kehittymisen. Kokemusta on tullut projektipäällikön tehtävistä, rakennesuunnittelusta, suunnittelun kehittämisestä, hankinnasta, aikataulutuksesta, jne. Työtehtävät ovat kuitenkin liittyneet pitkälti tehdasvalmisteisten tilaelementtien ympärillä tehtävään työhön. Tuotteen kehittämisessä ei ollut tunnistettavissa mitään lean-työkaluja. Muutenkin kehittämisessä oli paljon poukkoilua ja kehitystä ohjattiin puutteellisesti. Puutteita oli tuotteen kokonaisuuden määrittelystä lähtien ja jatkuvasti muuttuvat tavoitteet haittasivat tuotteen hallintaa koko elinkaaren ajan. Seuraavatkin kehitysprojektit noudattivat samaa kaavaa, koska johtamisosaamista ei ollut.

Toinen haastateltava on toiminut useissa rooleissa Lehto Oyj:n organisaatiossa tehtävien painotuen enemmän työmaalla tehtävien töiden johtamiseen. Työmaalla tehtävän johtamisen lisäksi haastateltava on osallistunut uusien tuotteiden kehityksen tukemiseen tarjoamalla työmaan näkökulmaa kehitystyötä tekeville. Omassa roolissaan haastateltava on käyttänyt lean-menetelmiä, kuten jatkuvan parantamisen malli (Kaizen) sekä hukun tunnistaminen ja poistaminen työmaatekemisestä. Tuotteen kehityksestä haastateltava ei kyennyt tunnistamaan lean-menetelmien käyttöä. Johtamisen ongelmat ja heikko tavoitteiden määrittäminen haittasi tuotteen kehittämistä.

Kolmas haastateltava omasi kokemusta sekä suunnittelusta että suunnittelun johtamisesta. Hän oli työskennellyt tehtävissä, jossa osallistui monen eri yrityksen väliseen kommunikaatioon suunnittelun kentässä. Omassa organisaatiossaan hän ei tunnistanut lean-menetelmiä työskentelytavoissa juuri ollenkaan. Jatkuvan parantamisen idea pilkahteli välillä, mutta se oli jäsentymätöntä ja hetkitäistä. Ongelmat keskittyivät teollisen rakentamisen osaamisen puutteisiin ja tiedonkulkuun. Perinteinen suunnittelun malli koettiin liian jäykäksi organisaatiossa, jossa henkilö työskenteli.

4.2 Lean-tapa

Tuotteen kehittämisessä on monta kohta, jossa yritys voi hyödyntää lean-menetelmiä. Haastattelujen perusteella tärkeimpiä kohtia olisi yhteisten tavoitteiden selventäminen, vaatimusmäärittelytyön tehostaminen, tuotantoon edenneen tuotteen kehittäminen jatkuvan parantamisen avulla ja oikein kohdennetut kehittämisen menetelmät.

4.2.1 Yhteisten tavoitteiden selventäminen

Yhteisiä tavoitteita kannattaa selventää Hoshin suunnittelun menetelmien avulla. Ylimmän johdon vetämänä koostetaan yhteiset tavoitteet saman suuntaisiksi. Ylhäältä johdettujen yhteisten tavoitteiden avulla eri organisaatioiden työntekijät saadaan työskentelemään saman tavoitteen suuntaan. Teollisen rakentamisen tuotteen kehittämisessä on haastetta, koska tuotteeseen liittyy monta eri tuotannollista vaihetta. Tuotteen valmistus voidaan jakaa karkeasti tehdasvalmistuksen vaiheeseen ja työmaalla tehtävän asennuksen vaiheeseen. Tehdasvalmistuksen vaihe voidaan jakaa eri vaiheisiin ja tarkastella valmistuksen tehokkuutta perinteisten lean-menetelmien avulla. Tuotteen kehittämisessä on tarkastelu kuitenkin ulotettava koskemaan koko arvoa tuottavaa ketjua.

Kaupallisten tavoitteiden ja myytävien ominaisuuksien tarkentaminen toimii teknistä suunnittelua ohjaavana ylemmän tason tekijänä. Tämän vuoksi kaupallisen puolen tavoitteiden muuttaminen aiheuttaa usein teknisellä puolella tuotteen uudelleen suunnittelua. Uudelleen suunnittelun jälkeen tuotteen valmistukseen ja asennukseen liittyvän dokumentointi laaditaan uusiksi. Tehdasvalmistuksen ja työmaa-asennuksen ohjeistuksen ja dokumentoinnin päivittämisen jälkeen on kaupallinen muutos viety tuotteeseen asti. Tehdastuotannosta ja työmaalla tehtävästä työstä johtuvien viiveiden vuoksi kaupallisen muutoksen vieminen lopulliseen tuotteeseen voi viedä useita kuukausia. Tuotannon keskeytykset ja työmaalla tehtävät muutostyöt tuovat huomattavia kustannuksia. Ominaisuuksia täytyy myös kuvata eri tavoin eri kohderyhmille. (Jensen & Hamon & Olofsson 2009 472)

Teknisen suunnittelun yksi selkeä haaste liittyy valmistusmenetelmiin. Tuotteen valmistus tehtaassa tapahtuu suurelta osin sellaisen henkilöstön toimesta, jotka eivät ole koulutustaustaltaan rakennusalan ammattilaisia. Tällöin teknisen suunnittelun täytyy ottaa vastuu valmistettavuuden osalta. Suunnittelijan täytyy tuntea tuotannon kyvykkyys tuotteiden valmistuksen kannalta. Suunnitelmissa on syytä käyttää ”Poka Yoke”-metodia niissä kohdin, missä se on mahdollista. Tällöin voidaan vähentää virheellisten tuotteiden päätymistä työmaalle. Teknisessä suunnittelussa täytyy ottaa huomioon logistiikan vaikutukset tuotteeseen. Tuotteeseen kohdistuu nostojen ja kuljetuksen aiheuttamat rasitukset. Tehdasasennus tulee olla helppoa, koska tehtaan henkilöstö ei ole rakennusalan ammattilaisia. (Jimenez, Samuel 2014 25)

4.2.2 Toiminnallisuuden määrittäminen

Tuotteen toiminnallisuuden määrittäminen on tärkeä vaihe ennen suunnittelun aloittamista. Tässä vaiheessa listataan tuotteesta ne toiminnot, jotka tuotteesta täytyy löytyä kaupallisina myytävinä ominaisuuksina. Samalla alkaa muodostumaan tietoisuus tuotteen konfiguroitavista osista. Kaupallisen puolen merkitys määrittelytyöhön on tässä vaiheessa tärkeä, koska heillä on käsitys asiakastarpeista. Konfiguroinnin tulee noudattaa samoja periaatteita, joita myynti käyttää omassa työssään. Esimerkkinä tällaisista voisi olla, vaikka tilaelementin keittiövariaatiot, kylpyhuonemuodulin sisustusvaihtoehdot tai saneerauselementtiin sisältyvien ominaisuuksien listaamisen. (Thajudeen 2023 22-25)

Toiminnallisuuden kuvauksessa voi käyttää aivan arkisia kielikuvia, joilla kerrotaan seikkaperäisesti, miten tuote täytyy toimia kaupallisen henkilön mielestä. Kuvaus voi olla vaikka seuraavanlainen: ”Tilaelementtiin voi sijoittaa pienen tai ison keittiön. Pienen keittiön pituus täytyy olla n. 2,5 metriä ja se on jaettu viiteen elementtiin. Yhdessä elementissä täytyy olla paikka jää-/viileäkaapille. Vesipiste voi käyttää vain yhden elementin leveyden verran tilaa. Liesi täytyy sisältää neljä keittolevyä ja sen täytyy olla induktioliesi.”. Tällä tavoin aukikirjoitettu toiminnallisuus vähentää väärintähtäyksiä kaupallisen ja teknisen organisaation välillä. Aukikirjoitetulla toiminnallisuuden kuvauksella tulee huomioituna kokonaisuus. Lean termeillä tätä vaihetta kuvataan Hoshin suunnitteluksi, jota käsiteltiin kappaleessa 3.2 tarkemmin. Ylhäältä lähtevä ”pallottelu” etenee vaiheittain kohti teknisiä ratkaisuja. (Jokinen, 2021)

4.2.3 Konfiguroitavuus ja modulaarisuus

Konfiguroitavien osien ja osakokonaisuuksien määrittämisen jälkeen teknisestä suunnittelusta vastaava organisaatio voi aloittaa työnsä. Rajapintakuvausten avulla tekninen suunnittelu luo kuvauksen osasta/osakokonaisuudesta, jonka avulla selviää kappaleen ympäristöönsä kohdistavat riippuvuussuhteet. Tekninen suunnittelu suunnittelee modulaaristen osien rajapinnat kaupallisten vaatimusten määrittelemällä tasolla. Esimerkkinä voi olla, vaikka rakenteen kestävyys eri korkuisissa kerrostaloissa tai riittävän teknisen liitettävyyden varmistaminen. (Rác 2011, 219-220)

Modulaaristen osien määrittelyyn täytyy varata riittävästi aikaa ja ymmärrystä, jotta säilytetään tuotteen riittävä muunneltavuus. Valmistettavuuden takia on tarpeen tehdä rajoituksia modulaarisuuteen, jotta tarvittavien osien, työpisteiden, suunnittelutyön tai muiden asioiden määrä ei nouse esteeksi riittävän tehokkuuden saavuttamiselle. Tekninen suunnittelu ja kaupallinen tavoitetilä purkautuu lopulta modulaarisiksi osiksi. (Zhou & Mosca & Whyte 2021, 4-5)

Konfigurointisäännöt voidaan määrittää modulaarisille osille. Suunnittelussa edetään määrittelemään konfiguroitavien osien määrää moduloitaviin kokonaisuuksiin. Konfigurointi vaikuttaa merkittävästi tuotantoon, koska sillä on vaikutusta sekä osien määrään että työpisteiden suunnitteluun. Monimutkaisuus lisääntyy voimakkaasti konfiguroitavien osien kasvaessa. Konfiguroitavien modulaaristen osien ja osakokonaisuuksien määrä kannattaakin pitää niin vähäisenä, kuin se suinkin on mahdollista ilman kaupallisen puolen toiminnan esteitä. (Jensen 2014, 14)

5 POHDINTA

Tällä hetkellä teollinen rakentaminen edustaa pientä osaa kaikesta rakentamisesta. Sen markkinaosuus on muutaman prosentin luokkaa. Teollisen rakentamisen odotetaan olevan merkittävä vaikutin rakentamisen alan tuottavuusloikkaan. Rakennusalan tuottavuuden kehitys on pysynyt paikallaan useita vuosikymmeniä. Toisaalta rakentamiseen kohdistuu valtavia paineita pienentää CO₂ kuormitusta sekä rakentamisen että käytön ajalta. Nämä vaatimukset ovat ohjaamassa rakentamista teollisen puurakentamisen pariin. (Pless 2022 16-17)

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu ”Katsaus teolliseen puurakentamiseen – puuelementit” nostaa esiin ongelman, joka on keskeinen haaste alan kehittämisen kannalta. Suunnittelijoiden osaamisen puutteet ovat se pullonkaula, jonka ratkaiseminen vaikuttaa koko alaan lähitulevaisuudessa. Suunnittelijoiden täytyy osata suunnitella tilaelementin lisäksi myös tuotteen tuotannollisuus ja tuotannon järjestelmiä, jotta tuottavuusloikka teollisen rakentamisen parissa on mahdollista. Lisäksi tuotteita täytyy suunnitella ja kehittää myös konseptitasolla. Teolliseen valmistamiseen oleellisesti liittyy myös rakentaminen työmaalla, joka sisältää teollisesti valmistetun tuotteen asennuksen osaksi kokonaista rakennusta. (Sipiläinen 2020 16-17)

Suunnittelijoiden toimintaympäristö laajenee teollisessa rakentamisessa ja osaamisvaatimuksiin kohdistuu voimakasta kasvua. Suunnittelijan täytyy jatkossa osata suunnitella tuotteen asennettavuus työmaalla sekä kokoonpanotyö tehtaalla. Suunnittelijan täytyy tunnistaa työtä suorittavien henkilöiden erilaiset taidot ja keskimääräinen osaamistaso. Suunnittelun erilaisuutta pitää tuoda esille laajemmin, kuin miten perinteinen rakennusteollisuus on asiaa lähestynyt (Ellis 2021). Lisäksi suunnittelijan täytyy tietää rakennustyömaan prosessit, jottei teollisen tuotteen asentaminen paikalleen ja kytkeminen osaksi rakennuksen järjestelmää aiheuta työmaalla liiallista häiriötä. Työmaan kustannusten hallinta on oleellisesti sidoksissa aikaan ja resurssien tehokkaaseen käyttöön. (Qi & Razkenari & Costin & Kibert & Fu 2021)

Suunnittelijoiden ja tuotekehitystä tekevien henkilöiden työn johtamiseen kannattaa hakea oppia esimerkiksi autoteollisuudesta. Siellä on vuosikymmenien kokemusta edellä kuvatun kaltaisista haasteista ja niiden tehokkaasta ratkaisemisesta. Toyotan käyttämät lean-menetelmät ovat tuotavissa teollisen rakentamisen pariin hyvin vähäisillä muutoksilla. Mike Rother nostaa ”Toyota Kata”-kirjassa esiin sekä parannuskatan että valmennuskatan. Näistä nimenomaan valmennuskatan

menetelmät toimivat teollisen rakentamisen tuotekehitystä tekevien suunnittelijoiden parissa. (Rot-her 2009, 172-178.)

Teollisen rakentamisen parissa työskentelevien tuotekehitystä johtavat henkilöt voivat käyttää autoteollisuuden alalla hyväksi koettuja lean-johtamiseen liittyviä toimintamenetelmiä ja prosesseja. Samalla teollisen rakentamisen prosesseja on syytä uudistaa. Tässä työssä esitellyt lean-menetelmät ovat koeteltu autoteollisuuden lisäksi myös elektroniikkateollisuuden parissa, jossa on samankaltaisia eri suunnittelualueiden yli meneviä tieto- ja arvovirtaketjuja. Muita teollisuuden aloja, joista voi hakea oppia prosessien ja menetelmien kehittämiseen ovat laivateollisuus ja lentokoneteollisuus. Tuotekehityksessä työskentelevien suunnittelijoiden osaamista kannattaa aluksi lähteä kehittämään organisaation näkökulmasta ensin sivuille ja vasta sen jälkeen syvemmälle. Teollisessa rakentamisessa suunnittelijan täytyy ymmärtää bisnesmallin erilaisuus ja sen vaikutukset suunnitteluohjelmien kehitykseen. (Annunen & Haapasalo 2022, 7.)

LÄHTEET

Anderson, Patrick T 2016. Why 5G is Truly the Foundation of Successful Root Cause Analysis and How It Can Help Your Facility. Hakupäivä 27.5.2022 <https://opexapps-blog.wordpress.com/2016/12/23/why-5g-is-truly-the-foundation-of-successful-root-cause-analysis-and-how-it-can-help-your-facility/>

Annunen, Petteri & Haapasalo, Harri 2022. Industrial operation model for the construction industry. Taylor & Francis Group. Informa UK Limited. Hakupäivä 16.5.2023 <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15623599.2022.2092810>

Björnfot, Anders; Stehn Lars 2007. Value Delivery through Product Offers: A Lean Leap in Multi-Storey Housing Construction. Lean Construction Journal 2007. Hakupäivä 21.4.2023 <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=9087&pid=diva2%3A980650>
<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:980650/FULLTEXT01.pdf>

Ellis, Grace 2021. Behind the Build: Interview with Henry Nutt III, Preconstruction Executive, Southland Industries. Autodesk Construction Blog 29.6.2021. Hakupäivä 1.2.2023 <https://constructionblog.autodesk.com/henry-nutt-iii-southland-industries/>

Fergusson, Kelly 1993. Impact of integration on industrial facility quality. Stanford University ProQuest Dissertations Publishing. Hakupäivä 19.5.2023 <https://www.proquest.com/open-view/101612966b7c729fec1e1624c58fe76a/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>

House of lean. Hakupäivä 7.6.2022 <https://www.sixleansigma.com/overview-lean-tools-techniques-house-of-lean.html>

Hämäläinen Mervi & Jussila Jaakko & Salmi Asta 2021. Elinvoimaa ja kestävyttä teollisella puurakentamisella. Vaasan yliopiston raportteja, 25. Hakupäivä 17.1.2023 <https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2022/10/Vaasan-yliopisto.pdf>

Jackson, Thomas L. 2006. Hoshin Kanri for the lean enterprise: developing competitive capabilities and managing profit. CRC Press Taylor & Francis Group. Hakupäivä 8.6.2022 <https://api.taylorfrancis.com/content/books/mono/download?identifierName=doi&identifierValue=10.4324/9781482278514&type=googlepdf>

James, Joel & Ikuma, Laura H. & Nahmens, Isabelina & Aghazadeh, Fereydoun 2013. The impact of Kaizen on safety in modular home manufacturing. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Hakupäivä 29.5.2023. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-013-5315-0>

Jensen, Patrick & Hamon, Emile & Olofsson, Thomas 2009. Product development through lean design and modularization principles. Proceedings for the 17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Hakupäivä 21.4.2023 <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=9087&pid=diva2%3A1004613> <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1004613/FULLTEXT01.pdf>

Jensen, Patrik 2014. Configuration of Platform Architectures in Construction. Luleå University of Technology, Doctoral thesis. Hakupäivä 16.5.2023 <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A999753&dswid=9451>

Jimenez, Samuel 2014. Towards Total Quality Management: A proposal of "Poka Yoke" device in construction industry. Polytechnic University of Valencia Hakupäivä 16.5.2023 https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/37382503/paper-libre.pdf?1429661591=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTowards_TQM_A_proposal_of_poka_yoke_devi.pdf&Expires=1684234327&Signature=NYwxulZ5xu0xxdXSFjG-JYWavIRAdLGHdwAWdjiqY-VhvZ6Novr-35Ux-p-dB-DrvNVX5ROfxJQhgInchl-Pt0I6e3oVruuq9mQfIZ4NrwPd45SiAT-Xau3cLGL6LRogkT5pEb9dmjOcEZiNbEi0FpQC7ZczAO2SeNFovgrUdoUUTF3Gv3M4-Du9ECaqsFr0-aQQPkRL-KVpVy7LJ2i94EHWq1dp8gxHW9jgCnKXw9F6o652DoJ18WCUi941Tfhf2f23QmcF5ixdGz-vWcjOZycLJoRbXA6bGWdC6sUHkBN9akxwNSaDqWii1remjr4eN-qkjRB4Jc8u1TRYtA3Zq2w &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Jokinen, Tauno 2021. Hoshin kanri on strategista pallottelua. OAMK_KONE blogi 10.5.2021. Hakupäivä 7.6.2022 <https://blogi.oamk.fi/2021/05/10/hoshin-kanri-on-strategista-pallottelua/>

Kaikaku. Lean Six Sigma definition. Hakupäivä 9.6.2022 <https://www.leansixsigmadefinition.com/glossary/kaikaku/> http://www.es.mdh.se/pdf_publications/2624.pdf

Kato, Jin (2005), Development of a Process for Continuous Creation of Lean Value in Product, Development Organizations, Cambridge, MA, LAI / MIT Master Thesis. Hakupäivä 9.2.2022 <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/32351>

Lohilahti, Oona & Mölsä, Seppo Rakennuslehti 4.9.2017. Rakennusalalla työn tuottavuus ei ole kasvanut 40 vuodessa – onko allianssista tai leanista apua? Kirjoittaja: Oona Lohilahti, Helsingin Sanomat. Rakennuslehti täydennys: Seppo Mölsä. Hakupäivä 30.4.2022 <https://www.rakennuslehti.fi/2017/09/rakennusalalla-tyon-tuottavuus-ei-ole-kasvanut-40-vuodessa-onko-allianssista-tai-leanista-apua/>

Patentti kylpyhuonemoduulista 1931. E. Gugler Building construction. Hakupäivä 30.4.2022. <https://patents.google.com/patent/US2037895>

PDCA cycle. Lean Enterprise Institute. Hakupäivä 2.6.2022 <https://www.lean.org/lexicon/terms/plan-do-check-act/>

Pless, Shanti & Podder, Ankur & Kaufman, Zoe & Klammer, Noah & Dennehy, Conor & Muthumanickam, Naveen Kumar & Rothgeb, Stacey & Louis, Joseph & Swanson, Colby & Wallace, Heather, & Blazek, Cedar. The Energy in Modular (EMOD) Buildings Method: A Guide to Energy-Efficient Design for Industrialized Construction of Modular Buildings. United States: N. p., 2022. Web. doi:10.2172/1875070.. Hakupäivä 16.5.2023 <https://www.osti.gov/biblio/1875070>

Qi, Bing & Razkenari, Mohamed & Costin, Aaron & Kibert, Charles & Fu, Meiqing 2021. A systematic review of emerging technologies in industrialized construction. Journal of Building Engineering Volume 39 July 2021. Hakupäivä 16.5.2023 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710221001212>

Rácz, Tamás & Olofsson, Thomas 2011. Decision support for configuration systems of industrialized constructions. Luleå University of Technology. Hakupäivä 16.5.2023 https://www.researchgate.net/profile/Thomas-Olofsson-2/publication/320405989_Decision_Support_for_Configuration_Systems_of_Industrialized_Constructions/links/59fa41d50f7e9b61546ea2f9/Decision-Support-for-Configuration-Systems-of-Industrialized-Constructions.pdf

Rother, Mike 2009. Toyota Kata Hakupäivä 16.5.2023 https://www.researchgate.net/profile/Mike-Rother/publication/216744993_Toyota_Kata_Managing_People_for_Improvement_Adaptiveness_and_Superior_Results/links/0fcfd50c5d868cf94d000000/Toyota-Kata-Managing-People-for-Improvement-Adaptiveness-and-Superior-Results.pdf

Salminen, Kaisa 2023. Esivalmistuksen ja leanin opit yhteen – Southland uudistaa rakennusalan prosesseja Yhdysvalloissa. Rakennuslehti 27.1.2023. Hakupäivä 1.2.2023

<https://www.rakennuslehti.fi/2023/01/esivalmistuksen-ja-leanin-opit-yhteen-southland-uudistaa-rakennusalan-prosesseja-yhdysvalloissa/>

Sipiläinen, Inkariina 2020. Katsaus teolliseen puurakentamiseen – puuelementit. Työ- ja elinkeinoministeriö ISBN PDF: 978-952-327-510-2 Hakupäivä 17.1.2023 https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162338/TEM_2020_16.pdf?sequence=1

Thajudeen, Shamnath 2023. A product platform approach to support the design phase of industrialised house building: A framework conceptualisation when using mixed production strategies. Jönköping University Dissertation Series No. 074 – 2023. Hakupäivä 4.5.2023 <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1736851&dswid=2280>

Umar, Safdar 2017. Who can I ask? How psychological safety affects knowledge sourcing among new product development team members. The Journal of High Technology Management Research Volume 28. Issue 1, 2017, Pages 79-92. Hakupäivä 16.5.2023 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S104783101730007X>

Zhou, Shanjing & Monsa, Luigi & Whyte, Jennifer 2021. How the reliability of external competences shapes the modularization strategies of industrialized construction firms. Construction management and economics. Hakupäivä 16.5.2023 <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01446193.2023.2187071>