

Tuottavuuden parantaminen virheistä oppimalla

Matias Honkarila

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Matias Iiro Alekski Honkarila	
Työn nimi Tuottavuuden parantaminen virheistä oppimalla	
Päiväys 16.5.2012	Sivumäärä/Liitteet 39
Ohjaaja(t) Pt. tuntiopettaja Juha Pakarinen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Rakennuspäällikkö Annina Peisa, Lemminkäinen Infra Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä insinööri työ tehtiin Lemminkäinen Infra Oy:n pohjarakentamisen yksikölle. Tutkimuksen aiheena oli tutkia mahdollisuuksia infrarakentamisen tuottavuuden parantamiseen Lean filosofiaan pohjautuvan viiden miksi-kysymyksen analyysin sekä virheistä oppimisen näkökulmasta. Tavoitteena on kehittää kustannusseurantajärjestelmä, jolla voidaan tutkia työmaalla tapahtuneiden virheiden aiheuttamia korjaus- ja aikataulukustannuksia sekä niihin johtaneita syitä. Lisäksi insinööri työssä pyrittiin antamaan lukijalle perustietoa virheistä oppimisesta sekä ongelmanratkaisumenetelmistä.</p> <p>Tutkimus toteutettiin Lemminkäinen Infra Oy:n pohjarakentamisen yksikön työmailta kerättyjen poikkeamatietojen pohjalta. Tutkimustyön olennaisena osana luotiin kustannusseurantajärjestelmä infrarakennustyömaan tuottavuuden ja tehokkuuden arviointiin. Kustannusseurantajärjestelmän perustaksi luotiin Excel-pohjainen taulukko, joka sisältää tutkimustyön kannalta keskeisiksi havaittujen tietojen kirjaus- ja raportointisarakkeet. Kustannusseurantajärjestelmä toimii yrityksen apuna sekä pohjana virheistä ja kustannuksista raportoinnille että toimintamallina virheistä oppimiselle. Järjestelmä luotiin pitkälti teoriaan ja työn tilaajalta saatuihin tietoihin pohjautuen. Virheistä aiheutuneiden kustannusten seurantajärjestelmän toimivuutta raportointi- ja seurantatyökaluna koekäytettiin esimerkkitaulukon avulla.</p> <p>Insinööri työn tuloksena saatiin virheistä aiheutuneiden kustannusten seurantajärjestelmä, jolla yritys pystyy sekä raportoimaan että seuraamaan infrarakennustyömailla tapahtuneita virheitä ja niistä aiheutuneita kustannuksia. Lisäksi esimerkkitaulukossa esitetyistä aiemmin tapahtuneista virheistä saatiin paljon hyödyllistä tietoa ja niille muodostetuista vastatoimenpiteistä pyrittiin hyötymään virheistä oppimisen kulttuurin kehityksessä. Tuloksena saatu järjestelmä on kokonaisuudessaan helppokäyttöinen ja yksinkertainen, mutta samalla tehokas työkalu koko organisaation hyödynnettäväksi.</p>	
Avainsanat Lean, Tuottavuuden parantaminen, Virheistä oppiminen, Kustannusseuranta.	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Matias Iiro Aleksii Honkarila			
Title of Thesis Improving Productivity through Learning from Mistakes			
Date	16 May 2012	Pages/Appendices	39
Supervisor(s) Mr. Juha Pakarinen, Lecturer			
Client Organisation/Partners Ms Annina Peisa, Construction Manager, Lemminkainen Infra Oy			
<p>Abstract</p> <p>This thesis was commissioned by the foundation engineering department of Lemminkainen Infra Oy. The main objective was to explore the possibilities for infrastructure construction to improve productivity and learning from mistakes. The aim was to develop the cost-control system for examining the costs of the construction site errors. Another goal was to give the reader some basic information about learning from mistakes and problem-solving methods.</p> <p>The study was conducted based on the data collected at Lemminkainen Infra Oy's construction sites. An integral part of the research work was to create a cost-control system for productivity and efficiency evaluation. The cost-control system works as the basis for reporting errors and costs, but it also functions as a model for learning from mistakes. The system was mostly created as a result of a theoretical investigation. The cost-control system as a reporting and control method was tested using an example table.</p> <p>As a result of this study was developed a cost-control system which can be used for controlling and reporting the costs and mistakes on construction sites. The system proved to be easy to use and it can also be used as a tool in teaching on how to improve productivity and learning from mistakes.</p>			
Keywords Productivity, Learning from mistakes, Cost-control system			



SAVONIA

ALKUSANAT

Tämä insinöörityö tehtiin Lemminkäinen Infra Oy:lle. Haluan kiittää Lemminkäinen Infra Oy:tä, ja erityisesti rakennuspäällikkö Annina Peisaa mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta sekä kiireellisen aikatauluni huomioimisesta. Lisäksi haluan kiittää pt. tuntiopettaja Juha Pakarista opinnäytetyöni ohjaamisesta.

Kuopiossa 16.5.2012

Matias Honkarila

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	LEAN FILOSOFIA.....	9
2.1	Lean periaatteet.....	10
2.1.1	Tunnista arvo.....	11
2.1.2	Arvovirta.....	11
2.1.3	Jatkuva virtaus	11
2.1.4	Imuohjaus	11
2.1.5	Täydellisyyteen pyrkiminen.....	12
2.2	Lean menetelmiä	12
2.2.1	Andon	12
2.2.2	Viiden miksi-kysymyksen analyysi sekä jatkuva parantaminen	13
3	VIRHEET JA VIRHEISTÄ OPPIMINEN INFRARAKENTAMISESSA.....	16
3.1	Virhetyypit infrarakennustyömaalla.....	16
3.1.1	Kalustoon liittyvät virheet	17
3.1.2	Työn toteutukseen liittyvät virheet	17
3.1.3	Dokumentointiin liittyvät virheet.....	18
3.2	Virheistä oppiminen.....	18
3.2.1	Viiden miksi-kysymyksen analyysi ongelmanratkaisumenetelmänä	20
3.2.2	Demingin PDCA-ympyrä, Plan – Do – Check – Act	20
4	INFRARAKENTAMISEN KUSTANNUSHALLINTA	23
5	VIRHEISTÄ AIHEUTUVIEN KUSTANNUSTEN SEURANTAJÄRJESTELMÄ	25
5.1	Seurantajärjestelmän suunnittelu	25
5.2	Virheistä Oppiminen – Taulukko	26
5.3	Kuvaaja – Virheiden laatu	28
5.4	Kuvaaja – Kustannukset	29
5.5	Keskimääräiset kustannukset	30
5.6	Esimerkkitaulukko	30
6	JOHTOPÄÄTÖSET JA POHDINTA.....	36
	LÄHTEET	38

1 JOHDANTO

Liiketoiminnan perusajatuksena on maksimaalisen arvon tuottaminen niin asiakkaalle kuin omistajallekin. Infrarakentamisessa vallitseva kova kilpailutilanne on johtanut yritykset pohtimaan erilaisia vaihtoehtoja kannattavuuden parantamiseen. Lisäksi useiden työvaiheiden monimutkaistuminen maa- ja vesirakennusosalalla hidastaa tuottavuuden kehitystä. Erilaiset rajoitteet sekä jatkuvasti kehittyvä infra-ala asettaakin aina vain suurempia haasteita yrityksen kilpailukyvyyn säilyttämiselle. (Nippala 2007, 25 – 28.)

Rakentaminen jo itsessään on erittäin altis häiriötekijöille, mikä johtaa usein siihen, että rakentamisprossien läpivieminen suunnitellusti on haastavaa. Tästä syystä tuotantoon pyritään jatkuvasti kehittämään uusia menetelmiä luoda prosesseista luotettavampia sekä samalla kehittää kokonaisille organisaatioille jatkuvan kehittymisen malli, jolla säilyttää kilpailukyky kovenevilla markkinoilla.

Opinnäytetyön tarkoituksena on laatia Lean filosofiaan pohjautuva virheistä aiheutuvien kustannusten seurantajärjestelmä Lemminkäinen Infra Oy:lle. Lisäksi työssä kootaan esimerkkitaulukko Lemminkäinen Infra Oy:llä aikaisemmin sattuneista kalusto-, dokumentointi- ja työteknisistä virheistä, niihin johtaneista syistä, virheistä oppimisesta sekä virheistä aiheutuvista kustannuksista. Työn perimmäisenä tavoitteena on luoda menetelmä, jolla virheistä oppimisen prosessia voidaan kehittää sekä samalla tuottavuutta ja laatua parantaa.

Työssä perehdytään lähdekirjallisuuden avulla Toyotan autotehtaan kehittämään Lean filosofiaan, josta syvennytään erityisesti viiden miksi-kysymyksen analyysiin. Kustannusseurantajärjestelmä luodaan pääosin käytännön kokemukseen ja lähdekirjallisuudesta saatavaan tietoon perustuen. Kalusto-, dokumentointi- ja työteknisistä virheistä muodostettava esimerkkitaulukko laaditaan työmailta saatujen kokemusten perusteella ja virheiden syitä sekä kustannuksia analysoidaan Leanin tapaan.

Lemminkäinen Infra Oy on suurin Suomessa toimivista infra-alan yrityksistä. Yritys on myös vakiinnuttanut asemansa yhtenä suurimmista infrarakentamisen toimijoista päämarkkina-alueellaan Itämeren ympäristössä. Noin puolet infrarakentamistoimialan liiketoiminnasta koostuu kansainvälisestä liiketoiminnasta. Yhtiön liikevaihto vuonna 2011 oli 1 179 miljoonaa euroa sekä liikevoitto 63,9 miljoonaa euroa.

Lemminkäinen Infra Oy:n palveluksessa työskenteli vuoden 2011 aikana keskimäärin 3 900 henkilöä. (Lemminkäinen Oyj 2011, 32 - 35.)

Lemminkäinen Infra Oy:n liiketoiminta on organisoitu seuraaviin palveluihin: päällystys ja urheilurakentaminen, betonituotteet ja -rakentaminen, kiviainestoiminta, hoito- ja kunnossapitotoiminta, maa- ja väylärakentaminen, kalliorakentaminen sekä pohja- ja insinöörirakentaminen. Lemminkäinen Infra tytäryhtiöineen toimii Suomen lisäksi myös Ruotsissa, Norjassa, Tanskassa, Venäjällä, Virossa, Latviassa ja Liettuaassa. (Lemminkäinen Oyj 2011, 32 - 35.)

2 LEAN FILOSOFIA

Lean on kokonaisvaltainen filosofia, joka eroaa pitkäjänteisyydellään monesta muusta filosofiasta. Lean ajattelun perustana voidaan pitää Toyotan vuosikymmenien kovan työn, yrityksen ja erehdyksen kautta kehittämää Toyota Production System (TPS) – filosofiaa. Toyotan tuotantojärjestelmä antoi yritykselle avaimet korkeaan laatuun sekä tehokkaaseen tuotantoon. Alun perin autoteollisuuden käyttöön kehitetystä Lean filosofiasta on ajan myötä kehittynyt tunnettu ja paljon käytetty ajattelutapa, jota pyritään hyödyntämään nykyisin myös monilla muilla toimialoilla. (Liker 2010, 4 - 5.)

Niukkaa tarkoittava termi "lean" muodostui alkujaan, kun uusi toimintametodi mahdollisti tavan tuottaa aiempaa enemmän, aiempaa vähemmällä resursseilla. Leania noudattava organisaatio yhdistää käsityömaisen tuotannon ja massatuotannon etuudet sekä pyrkii eroon molempien menetelmien negatiivisista puolista. (Merikallio & Haapasalo 2009, 8.)

Lean filosofian keskeinen ajatus on maksimoida asiakkaalle luotava arvo sekä eliminoida prosessista kaikki arvoa lisäämätön toiminta eli hukka. Asiakasarvon ymmärtäminen, jatkuva kehittyminen, pyrkimys täydellisyyteen ovat periaatteita, jotka ohjaavat Lean organisaatiota kohti parempaa suoritusta ja virheetöntä toimintaa. Toimivan lean-yrityksen päämääränä on luoda ensiluokkaista arvoa asiakkaalle ja samalla mahdollistaa paras mahdollinen arvo omistajille ylivertaisten, arvoa tuottavien sekä hukattomien prosessien kautta. Luodakseen tehokkaan ja menestyvän organisaation, tulee Lean yrityksen omaksua kyky kehittää johtajuutta, tiimejä, ja kulttuuria, laatia strategioita, rakentaa suhteita tavarantoimittajien kanssa ja ylläpitää oppivaa organisaatiota. (Lean Enterprise Institute.)

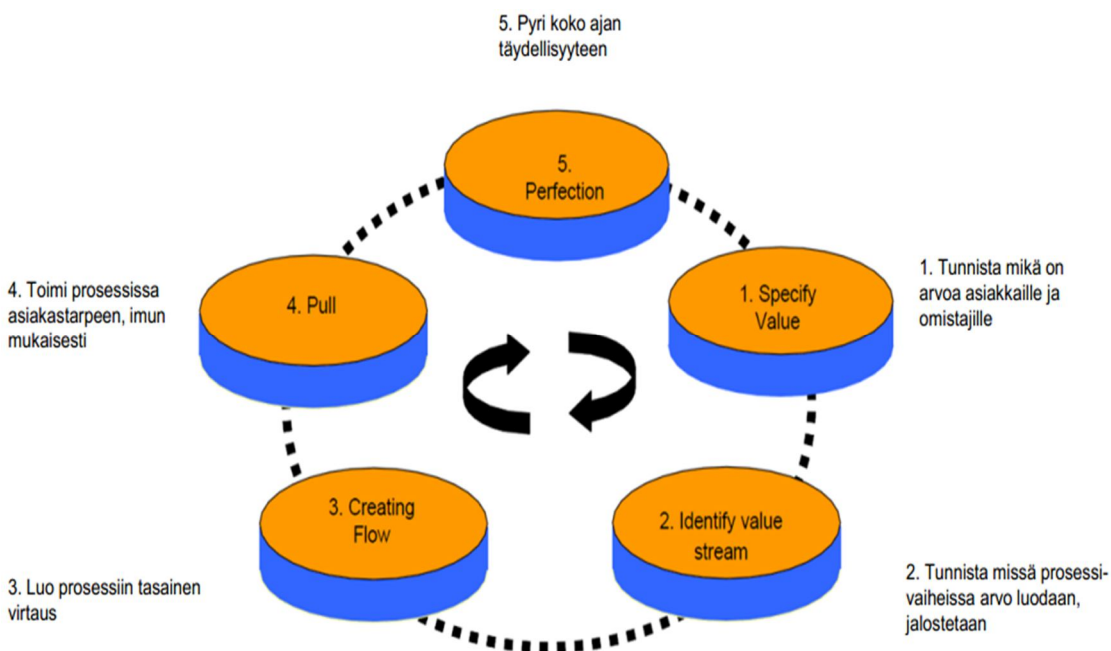
Toyota Production Systemin (TPS) perustaja, Taiichi Ohno tiivistä Leanin periaatteen lyhyesti ja ytimekkäästi: *"Me katsomme ainoastaan aikajanaa siitä hetkestä, kun asiakas antaa meille tilauksen, siihen pisteeseen, kun keräämme rahat. Ja me pienennämme tuota aikajanaa poistamalla lisäarvoa tuottamattoman hukan."* (Liker 2010, 7.)

Lean vaikuttaa ensisilmäyksellä helpolta ja yksinkertaiselta menetelmältä, mutta sen toteutus ja kehittäminen muodostuu lopulta yrityksille haastavaksi. Lean filosofiassa on ensiarvoisen tärkeää hahmottaa järjestelmä kokonaisuutena, pitkän aikavälin

prosessina. Lean ei ole yksittäinen projekti, vaan pikemminkin strategia, jolla tavoitellaan jatkuvaa täydellisyyttä eliminoimalla kaikki hukka prosessin aikana. (Merikallio & Haapasalo 2009, 8.) Monet omien sanojensa mukaan Lean tuotantojärjestelmää toteuttavat yritykset eivät ole ymmärtäneet ideologiaa kokonaisesta koko organisaatioon ulottuvasta järjestelmästä, vaan ne toteuttavat vain osia lean-työkaluista. (Liker 2010, 7.)

2.1 Lean periaatteet

Lean ajattelun peruseriaatteet arvoa tuottamattoman toiminnan poistamiseksi prosesseista voidaan jakaa viiteen vaiheeseen. Niitä ovat arvoa tuottavien ja arvoa tuottamattomien toimintojen tunnistaminen, arvovirran yksilöiminen, jatkuvan virtauksen järjestäminen, imuohjaus sekä loputon täydellisyyteen pyrkiminen. Kehitystyön kokonaisvaltainen toteutus vaatii jokaisen viiden vaiheen huolellista läpikäyntiä, kun kaikki vaiheet on käyty läpi, aloitetaan sama prosessi tarpeen vaatiessa yhä uudelleen. (Womack & Jones 2003, 7.)



Kuvio 1. Lean periaatteet (Moisio (s.a.)a, 4.)

2.1.1 Tunnista arvo

Lean organisaation päämäärä on tunnistaa ne toiminnot, jotka luovat arvoa niin asiakkaalle kuin omistajallekin. Aluksi on siis tärkeää tunnistaa mitä arvo todella on. Yrityksen tulee pyrkiä tuottamaan asiakkaalle juuri niitä palveluja ja tuotteita, joista he ovat valmiita maksamaan ja joilla heidän vaatimustasonsa sekä tarpeensa täytetään. (Lean Enterprise Institute.)

2.1.2 Arvovirta

Arvovirta on tapahtumaketju, jolla kuvataan kaikki prosessiin kuuluvat vaiheet, jotka tarvitaan palvelun tai tuotteen toimittamiseksi asiakkaalle. Arvovirran kyseenalaistaminen on tärkeää ja liiallisten monimutkaisuuksien sekä tarpeettomien toimintojen ja ominaisuuksien poistaminen on merkittävä osa prosessia. Perusajatuksena on parantaa ja lisätä arvoketjun arvoa tuottavia toimintoja sekä poistaa hukka eli karsia siitä kaikki lisäarvoa tuottamaton pois. Arvovirralla saadaan luotua kokonaiskuva niistä prosesseista, joista asiakkaalle luotu arvo muodostuu. (Merikallio & Haapasalo 2009, 11.)

2.1.3 Jatkuva virtaus

Päämääränä on luoda pysähtymätön ja viiveetön virtaus, jolla kuvataan palvelun tai tuotteen etenemistä arvoketjun läpi. Kaikki pysähdykset ja odotus ovat arvoa tuottamatonta aikaa, hyvä virtaus rakentuu ilman pysähdyksiä. Jatkuvan virtauksen luomia etuja ovat lyhyt läpimenoaika ja toimitusaika asiakkaalle, pienemmät varastot, laaduntarkkailun nopeutuminen, kassavirran paraneminen sekä toiminnanohjauksen helpottuminen. Jatkuva parantaminen on oleellista myös virtauksessa, kerran luotu virtaus ei välttämättä toimi seuraavassa, vaan virtausta tulee jatkuvasti kehittää. (Konsultointi Laaksoharju.)

2.1.4 Imuohjaus

Imuohjauksen tarkoituksena on tarjota juuri sitä, mitä asiakas haluaa, juuri silloin kun asiakas haluaa ja täsmälleen sen verran kuin asiakas haluaa. Toyotan tavassa ei ole kyse varaston luomisesta tai hallinnasta, vaan varaston poistamisesta. Ihannetilanne Lean filosofian mukaan olisi, kun asiakas tilaa tuotteen, valmistetaan tilattu tuote ja

lopuksi se toimitetaan asiakkaalle. Seurauksena täysin kysyntäpohjainen järjestelmä nollavarastolla. (Liker 2010, 104.)

2.1.5 Täydellisyyteen pyrkiminen

Pyri koko ajan täydellisyyteen. Kun aikaisemmat neljä vaihetta on saatu määriteltyä ja toteutettua, aloitetaan jälleen alusta, entistä tarkemmin ja huolellisemmin. Poistetaan esiintyvät hukcatekijät heti, kun niitä ilmenee, havainnoidaan kilpailijoita ja opitaan heidän parhaista puolista, lopullisena päämääränä täydellisyys ja oman toiminnan jatkuva kehittäminen. (Merikallio & Haapasalo 2009, 11.)

2.2 Lean menetelmiä

Ilman edellisessä luvussa esiteltyjen Lean tuotannon peruseriaatteiden kokonaisvaltaista ymmärtämistä ja omaksumista organisaatio ei myöskään voi hyödyntää Lean työkaluja. Nämä periaatteet ovat tekijöitä, jotka pitävät johtajuuden ja tuotantojärjestelmän työkaluja ja menetelmiä käynnissä

Seuraavissa alaluvuissa esiteltävät työkalut, *andon* sekä *viiden miksi-kysymyksen analyysi* ovat kuitenkin hyödyllisiä apuvälineitä pyrkimyksenä tehostamaan organisaation tuotantoa ja tuottavuutta.

2.2.1 Andon

Luo kulttuuri, jossa pysähdytään korjaaman ongelmia, jotta laatu saataisiin kuntoon heti ensimmäisellä kerralla. Lean tuotannossa varastot pyritään pitämään pieninä, tällöin laatuongelmien ilmetessä ei myöskään ole puskuria, johon turvautua. Tästä syystä onkin ensiarvoisen tärkeää, että tuotteet tai palvelut valmistetaan kunnolla jo ensimmäisellä kerralla. Tuotannon eri vaiheissa esiintyvien häiriöiden välittömät vaikutukset eivät välttämättä vaikuta kovin suurilta, mutta taustasyiden jälkikäteen tarkastelu sekä korjaustoimenpiteet syövät aikaa ja rahaa, ovat lisäarvoa tuottamatonta toimintaa. (Liker 2010, 130.)

Länsimaisessa ajattelussa virheen tekeminen ja sen myöntäminen koetaan usein heikkoudeksi, jopa häpeälliseksi. Tästä syystä ongelmat pyritäänkin ratkaisemaan itse ja vasta viimekädessä ollaan valmiita kutsumaan apuvoimia. Ongelmatilanne saattaa vielä entisestään pahentua, mikäli itsekseen ongelmia ratkovalla työntekijällä

on puutteita tiedoissaan ja taidoissaan. Tapahtuneista virheistä ilmoittamatta jättäminen johtaa myös siihen, että poikkeamat jäävät huomioimatta, eikä niiden mahdollisia ratkaisuja pystytä hyödyntämään saman virheen uusiutuessa.

”Minä kerron tiiminjäsenille, että täällä on kaksi tapaa ajautua ongelmiin: ensinnäkin ettei saavu töihin ja toiseksi, että ei vedä köydestä, kun tulee ongelma vastaan. Velvollisuuden tunne laadun varmistamiseksi jokaisella työasemalla on todella olennaista.” Gary Convis, Toyotan Georgetownin tehtaan toimitusjohtaja. (Liker 2010, 130.)

Andon on kontrollointimenetelmä, jolla jokainen prosessissa mukana oleva voi tarvittaessa kutsua apua ja pysäyttää tuotannon. Andonin idea piilee siinä, että havaitessaan virheen tuotannossa työntekijä pystyy hälyttämään apua, jotta tapahtunut virhe saadaan korjattua, eikä se näin pääse etenemään pidemmälle prosessissa. Seuraava vaihe on pysäyttää koko tuotantoprosessi, mikäli virhettä ei ole mahdollista korjata normaalissa tahtiajassa. Linjan pysäytys ehkä heikentää tuotantoa hetkellisesti, mutta samalla kokonaistehokkuus lisääntyy, sillä jokainen prosessin pysäytykseen johtanut virhe analysoidaan tarkasti ja sen uusiutuminen pyritään estämään. Andon on työkalu hyvän laadun saavuttamiseen. (Merikallio & Haapasalo 2009, 23.)

2.2.2 Viiden miksi-kysymyksen analyysi sekä jatkuva parantaminen

Yksi tärkeimmistä osatekijöistä matkalla lean-tuotantoon on jatkuvan parantamisen prosessin väsymätön soveltaminen, jonka tuloksena opitaan lukemattomia pieniä asioita. Lean on paljon enemmän kuin liuta työkaluja ja erilaisia tekniikoita, Lean on työkalupakki yrityksen tiedoille ja taidoille. Virheistä oppiminen, ongelmien aiheuttajan määrittäminen, tehokkaiden vastatoimenpiteiden tarjoaminen, mahdollisuus toteuttaa vastatoimenpiteitä sekä uuden tiedon siirtäminen oikeille ihmisille ovat seikkoja josta jatkuvassa parantamisessa on todella kyse. Viiden miksi-kysymyksen analyysi ohjaa tiiminjäseniä ajattelemaan kriittisesti sekä havaitsemaan ongelmia ja ratkaisemaan niitä. Tarkoituksena on saada ihmiset analysoimaan, oppimaan ja kehittymään. (Liker 2010, 251.)

Oppivan organisaation ja jatkuvan parantamisen ydin on kaikkien johtajien ja työntekijöiden, koko tiimin asenne ja ajattelutapa – itsearviointi, jopa arvosteleva asenne, kiihkeä halu parantaa. Virheiden myöntäminen ja kritiikki nähdään

länsimaalaisessa kulttuurissa monesti heikkoutena ja negatiivisena asiana, usein pyritäänkin syyttelemään muita ja välttämään vastuu, kun asiat menevät pieleen. Lean tuotannossa asia on juuri päinvastainen, vahvuuden merkki on ottaa vastuu ja esittää vastatoimenpiteitä, joilla pieleen menneet asiat eivät enää uusiutuisi. (Liker 2010, 251 - 252.)

Viiden miksi-kysymyksen analyysi on olennainen osa jatkuvaa parantamista. Useimmat ongelmat vaativat tunnollista, yksityiskohtaista ajattelua ja analyysia ongelmanratkaisutilanteissa, eikä niinkään monimutkaisia tilastollisia analysointejä. Pohjimmiltaan kyse on kurinalaisuudesta, asenteesta ja kulttuurista. Alkuperäinen taustasyys on usein piilossa pintasyyn takana, siksi pintasyyn sijaan todellinen ongelmanratkaisu edellyttääkin varsinaisen taustasyyn tunnistamista. (Liker 2010, 252.)

Yksinkertaisuudessaan viiden miksi-kysymyksen analyysi on ongelmanratkaisumenetelmä, jossa kysytään miksi niin monesti, että todellinen ja korjattavissa oleva ongelmanaiheuttaja löydetään. Ideana ei niinkään ole kysyä tasan viittä kertaa miksi, ongelma voi ratketa jo toisella kysymyksellä tai vasta kymmenennellä, pääsääntönä on ettei koskaan tule tyytyä ensimmäiseen vastaukseen. (Merikallio & Haapasalo 2009, 23.)

Taulukossa 1 esitetään kuvitteellinen esimerkki viiden miksi-kysymyksen analyysista. Kuvatussa esimerkissä joka ikinen miksi-kysymys johtaa takaisinpäin prosessissa ja yhä syvemmälle organisaatioon. Mitä syvemmälle taustasyyn kaivaudutaan, sitä erilaisemmiksi vastatoimenpiteet muodostuvat. Esimerkiksi öljyn torjuminen tai poistaminen toimisi yksinkertaisena väliaikaistoimenpiteenä, ennen kuin öljyä vuotaa lisää. Kestävämpi ratkaisu olisi koneen korjaaminen, mutta tiivisteiden heikentyminen jatkuisi edelleen, mikä toisi lisää öljyä lattialle. Tiivisteiden teknisten ominaisuuksien muokkaaminen ratkaisisi mahdollisesti ongelman kyseisten tiivisteiden kohdalla, mutta syvempi taustasyys jäisi edelleen ratkaisematta. Myös muita osia on voitu ostaa halvemmalla hinnalla, jotka ovat ominaisuuksiltaan yhtä huonolaatuisia kuin tiivisteetkin, koska ostovälittäjien arviointi tehdään lyhyen aikavälin kustannussäästöjen perusteella. Vastaavanlaatuisten ongelmien ilmeneminen voidaan estää vain korjaamalla todellinen taustasyys, tässä tapauksessa ostovälittäjien palkkiojärjestelmä. (Liker 2010, 253.)

TAULUKKO 1. Esimerkki viiden miksi-kysymyksen analyysistä (Liker 2010, 253.)

	Ongelman taso	Vastaava vastatoimenpiteiden taso
Miksi?	Työmaalla on öljylammikko	Poista öljy
Miksi?	Koska koneesta valuu öljyä	Korjaa kone
Miksi?	Koska tiiviste on heikentynyt	Vaihda tiiviste
Miksi?	Koska ostimme huonoista raaka-aineista valmistettuja tiivisteitä	Muuta tiivisteiden teknisiä ominaisuuksia
Miksi?	Koska saimme hyvän hinnan kyseisille tiivisteille	Muuta hankintakäytäntöä
	Koska ostovälittäjiä arvioidaan lyhyen aikavälin kustannussäästöjen pohjalta	Muuta myyntivälittäjien arviointikäytäntöä

3 VIRHEET JA VIRHEISTÄ OPPIMINEN INFRARAKENTAMISESSA

Termillä virhe on monta erilaista tulkintatapaa tieteenalasta ja asiayhteydestä riippuen. Virhetilanteissa asiat eivät toteudu suunnitelmien mukaan. Virheet ovat luonnollinen osa inhimillisyyttä, ja vain harvoin työtehtävät pystytään toteuttamaan täysin virheettömästi. Virheiden tekeminen ei ole kenenkään päämäärä, silti kaikkeen toimintaan sisältyy aina erehtymisen mahdollisuus. Virheet eivät ole onnettomuuksia, vaan ihmiset tekevät niitä eri syistä. Virheitä aiheuttavia tekijöitä voivat esimerkiksi olla kiire, uupumus, liiallinen työmäärä tai vaikkapa huolimattomuus.

Virheiden luokittelu voidaan tehdä usealla tavalla. Virheet voivat olla pieniä taikka suuria, toistuvia tai yksittäisiä, itse aiheutettuja tai ulkopuolisten aiheuttamia. Yksittäisten, harvoin tapahtuvien virheiden ennakoiminen voi olla vaikeaa, mutta mikäli samaa virhettä toistetaan jatkuvasti yrityksen toiminnassa, tulisi ongelmaan löytää toimiva ratkaisu, jonka avulla virheiden toistuvuus pystyttäisiin ennaltaehkäisemään. Pieni ja jokseenkin mitätön virhe, ilman merkittäviä aikataulu- tai kustannustappioita, voi vaikuttaa nopeasti ajateltuna varsin vähäpätöiseltä. Jos sama pieni virhe kumminkin toistuu moneen kertaan projektin tai useampien projektien aikana, voi tämän kaltaisella virheellä olla merkittävätkin seuraukset laajempaa kokonaiskuvaa tarkasteltaessa.

Virheet ja niiden korjaaminen aiheuttavat projekteilla lähes aina niin kustannus- kuin aikataulutappioitakin. Lisäksi työssä mahdollisesti ilmenevät virheet, laadun poikkeamat, voivat muodostaa työn tilaajalle negatiivisen mielikuvan urakoitsijasta, riippumatta virheen laadusta tai aiheuttajasta. Kauaskatseisemmin virheillä voi olla vaikutusta myös tulevaan tilauskantaan, mikäli työn tilaaja on ollut tyytymätön saamansa laatuun ja välittää näkemystään eteenpäin omassa yhteysverkostossaan.

3.1 Virhetyypit infrarakennustyömaalla

Rakennusprosessi on iso kokonaisuus, joka kulkee pitkän polun suunnitteluvaiheesta aina luovutukseen saakka. Tälle välille mahtuu useita eri työvaiheita sekä -menetelmiä, joissa kaikissa on virheen mahdollisuus. Toyotan tavan mukaan tyypillisimpiä virheiden aiheuttajia ovat tilanteet, joissa poiketaan määritellyistä työtavoista, prosessista puuttuvat komponentit, sopivaa osaa tai materiaalia ei saatavilla. Lisäksi virheitä voivat aiheuttaa väärät asetukset tai työkalut, virheellinen

informointi tai dokumentaatio, lukemavirheet, tulkintavirheet tai se, että ongelma tunnustetaan, mutta sitä ei saada korjattua. (Moisio (s.a.)b, 51 – 52.)

Tässä opinnäytetyössä käsitellään seuraavia työn tilaajan kanssa ennakkoon sovittuja virhetyyppejä:

- kalustoon liittyvät virheet
- työn toteutukseen liittyvät virheet
- dokumentointiin liittyvät virheet.

3.1.1 Kalustoon liittyvät virheet

Kalustoon liittyvät virheet määritellään tässä työssä virheiksi, jotka suoraan tai epäsuorasti johtavat työmaalla käytettävien työkoneiden tai niiden osien rikkoontumiseen ja siten koko työmaan seisahtumiseen. Kyseiset virheet voivat esimerkiksi johtua huolimattomasta käytöstä, puutteellisesta tietotaidosta, huonosti tehdystä tai kokonaan laiminlyödyistä huolloista, osien toimittajista tai vaikkapa vain liiallisesta kiireestä.

Esim. *Suihkuinjektioinnissa tarvittavan injektointiaseman ruuvikuljettimen sähköjohto oli kytketty suoraan 125 A:n keskukseen, ohi laitteen oman sähkökeskuksen. Moottorisuoja oli näin ohitettu ja tämän seurauksena sähkömoottori paloi. Injektointiaseman ruuvikuljettimen moottori jouduttiin vaihtamaan ja tästä syystä koko työmaa seiso i yhden päivän.*

3.1.2 Työn toteutukseen liittyvät virheet

Työn toteutukseen liittyviksi virheiksi eli työteknisiksi virheiksi luetaan ne virheet, joissa työn toteuttaja on virheellisellä toiminnallaan syystä tai toisesta aiheuttanut työmaan pysähtymisen. Syitä tämän tyyppisiin virheisiin voivat olla esimerkiksi huolimattomuus, puutteelliset tai virheelliset lähtötiedot, suunnitelmien virheellinen tulkinta tai inhimillinen erehdys.

Esim. *Stabiloinnissa stabilointipilarin sijainti oli 40 cm väärin, koska mittalaitteessa käytettävä GPS-ohjelma oli asennettu väärin.*

Ohjelmistoon oli asennettu väärä koordinaatisto, joka lopulta johti pilarin väärään sijaintiin.

3.1.3 Dokumentointiin liittyvät virheet

Dokumentointiin liittyvät virheet ovat virheitä, jotka tapahtuvat suoritettun työn raportointivaiheessa. Nämä virheet voivat olla virheellisiä merkintöjä tai tuloksia suoritteissa, puutteellisia työmaapäiväkirjoja, virheitä, jotka hankaloittavat tai pahimmassa tapauksessa estävät työmaan raportointia ja laskutusta. Tämän tyyppisten virheiden selvittäminen voi olla hyvin hankalaa myöhemmässä vaiheessa, koska asiakirjat voivat kadota, tiedot unohtua sekä työntekijöiden liikkuvuus projekteilta toisille on nykyisin nopeaa. Tästä syystä työmaan dokumentointi pitäisi pyrkiä pitämään koko ajan tasalla kulloisenkin työvaiheen kanssa. Tässä työssä dokumentointiin liittyviksi virheiksi lasketaan myös suunnitteluasiakirjoissa ilmenevät virheet.

Esim. *Suihkuinjektioinnissa täytetty pöytäkirja ei täsmää suunnitelmien kanssa, eikä myöskään aikaisemmin tehdyn pontitusraportin tietoihin. Jossain vaiheessa raportointia on tapahtunut virhe, joka tulee selvittää ennen kuin tilaaja hyväksyy työvaiheet laskutettavaksi. Mahdollisia kyseisen dokumentointivirheen aiheuttajia olivat koneen tietokoneen tekemä mittavirhe, koneen mittalaitteen virheellinen kalibrointi tai virheellinen merkintä raportin käsittelyvaiheessa.*

3.2 Virheistä oppiminen

Oppiminen on asioiden ymmärtämisestä ja soveltamista, prosessi, jonka seurauksena ajattelu- ja toimintatavat muuttuvat. Oppiminen on systeemin kykyä korjata ja kehittää käyttäytymistä kykeneväksi vastaamaan muuttuviin olosuhteisiin. Jatkuva itsearviointi, rohkeus sekä kyky suhtautua asioihin kriittisesti ovat tekijöitä matkalla oppivaan organisaatioon. (Laatuakatemia.)

Tunnuspiirteenä oppivalle organisaatiolle on jatkuva kohteiden etsiminen parannustoimille, jolloin prosessien suorituskyvyn parantaminen luodaan jatkuvaksi toiminnaksi. Jatkuva oppiminen ja innovointi ovat tällä hetkellä yksi yritysten tärkeimmistä kilpailuvalteista. Yritykset pyrkivät jatkuvasti kehittämään malleja, joilla

saavuttaa oppiva organisaatio. Tehdyistä ratkaisuista ja niiden seurauksista oppiminen on ensiarvoisen tärkeää ja niiden seuraamiseksi onkin kehitetty erilaisia mittareita ja analysointimenetelmiä, joilla kehityksen eteneminen saadaan näkyviin. (Laatuakatemia.)

”Me pidämme virheitä mahdollisuuksina oppia. Yksittäisten työntekijöiden moittimisen sijasta organisaatio ryhtyy korjaaviin toimenpiteisiin ja jakaa tietoa jokaisesta kokemuksesta laajasti. Oppiminen on jatkuva organisaation laajuinen prosessi, jossa päälliköt motivoivat ja kouluttavat alaisiaan, jossa edeltävät tekevät saman seuraajille ja jossa tiiminjäsenet kaikilla tasoilla jakavat tietoa keskenään.” Toyota Way asiakirja, 2001, Toyota Motor Corporation. (Liker 2010, 250.)

Toyotan tavan 14. periaate on luoda yrityksestä oppiva organisaatio väsymättömällä arvioinnilla ja jatkuvalla parantamisella. Periaate perustuu ajatukseen, jossa yksittäistä työntekijää ei syyllistetä virheen aiheuttamisesta, vaan todellisen syyn on löydyttävä syvemältä. Virheistä oppiminen on koko työyhteisön yhteinen prosessi, jonka päämääränä on luoda tehokas ja menestyvä yritys, oppiva organisaatio. Oppiva organisaatio ei pelkästään omaksu ja kehittää uusia liiketoiminta- tai teknisiä taitoja, vaan se pyrkii samaan aikaan oppimaan uusia taitoja, tietoja ja kykyjä. Kyky oppia on ominaisuus, joka jokaisen organisaation jäsenen tulee omaksua matkalla menestyvään liiketoimintaan. (Liker 2010, 250 - 251.)

Henkilöstön sitoutumisella laadun parantamiseen on erityisen tärkeä merkitys, sillä työntekijöillä on suuri rooli organisaation toiminnan kehittämisessä. Yrityksen tarkoituksena on kannustaa sekä mahdollistaa työntekijöitä luomaan ja toteuttamaan keinoja tehokkuuden parantamiseksi ja virheiden minimoimiseksi, ilman pelkoa syyllistämisestä. Virheen ilmetessä ei ole tarkoitus löytää syyllistä, vaan varmistaa, ettei sama virhe pääse uusiutumaan. (Merikallio & Haapasalo 2009, 14.)

Virheistä oppiminen edellyttää, että pystytään tunnistamaan alkuperäinen taustasy, ongelma josta kaikki on lähtöisin. Miten alkuperäinen ongelma selvitetään? Tulee kaivautua koko ajan yhä syvemmälle löytääkseen ratkaisuja, eikä tyytyä ensimmäiseen saatuun vastaukseen. (Liker 2010, 253.)

3.2.1 Viiden miksi-kysymyksen analyysi ongelmanratkaisumenetelmänä

Viiden miksi-kysymyksen analyysi on osa Toyotalla käytössä olevaa seitsenvaiheista ongelmanratkaisumenetelmää, käytännöllistä ongelmanratkaisua. Käytännöllisen ongelmanratkaisun perusta on tilanteen täydellinen ymmärtäminen eli ongelman selvittäminen, vasta sen jälkeen voidaan siirtyä viiden miksi-kysymyksen analyysiin. Tilanteen avoimin mielin tarkastelu ja vertaaminen standardiin ovat lähtökohtia tilanteen ymmärtämiselle. Ongelman määrittämiseksi taas tulee mennä suoraan sinne, missä ongelma ilmenee ja pyrkiä selvittämään kaikki siihen johtaneet syyt. Kun prosessille on asetettu parannustavoitteet, on seuraava vaihe yrittää selvittää ongelmanaiheuttaja eli taustasy, jonka määrittämiseen voidaan hyödyntää viiden miksi-kysymyksen analyysia. Tämä tarkoittaa prosessissa takaisinpäin kulkua niin kauan kuin ongelman alkuperäinen aiheuttaja on löydetty. Lopullisena päämääränä on luoda ongelmalle vastatoimenpide ja arvioida saatuja lopputuloksia, mikäli vastatoimenpide toimii tehokkaasti, tehdään siitä osa uutta standardoitua menettelyä. (Liker 2010, 254 - 255.)

Uuden prosessin standardointi, käytännöllisen ongelmanratkaisun viimeinen, seitsemäs vaihe on erittäin tärkeä virheistä oppimisen kannalta. Jatkuvan parantamisen ideana on hyödyntää aikaisemmin standardoituja ongelmaratkaisuja tulevaisuudessa parannuksissa, mikäli parannettua prosessia ei kuitenkaan ole standardoitu, menetetään oppimisen hyöty ja saadut tiedot sekä taidot katoavat tyhjyyteen. Tällöin myös jatkuva parantaminen menettää tarkoituksensa. (Liker 2010, 255.)

Viiden miksi-kysymyksen analyysi on yksinkertaisuudessaan menetelmä, joka pyrkii etsimään ongelmaan syvällisempiä ja järjestelmällisempiä syitä vastatoimenpiteiden löytämiseksi. Tärkeintä on, että miksi-kysymyksiä jatketaan niin kauan kuin todellinen taustasy on löydetty. Vain tällöin on mahdollista päästä suorittamaan vastatoimenpiteitä syvimmällä mahdollisella syyn tasolla ja estää ongelmien uudelleen ilmenemistä. (Liker 2010, 254.)

3.2.2 Demingin PDCA-ympyrä, Plan – Do – Check – Act

Amerikkalainen W. Edwards Deming esitteli japanilaisille ja sitä kautta myös Toyotalle systemaattisen lähestymistavan ongelmanratkaisuun, PDCA-, Suunnittele - Tee – Tarkasta – Toimi – ympyrän. PDCA tai Demingin ympyrä on kulmakivi jatkuvaan parantamiseen. (Liker 2010, 23.)

Demingin ympyrän perusajatuksena on jatkuva, systemaattinen parannustoiminta, jossa yhden projektin valmistuttua aloitetaan uusi tai jatketaan edellisen prosessin parantamista, kunnes asetetut tavoitteet saavutetaan. Ongelman ei tarvitse olla suuri tai laaja-alainen, Demingin mukaan on aivan yhtä arvokasta kehittää järjestelmällisesti jokapäiväisiä työmenetelmiä saavuttaakseen parhaan mahdollisen suorituskyvyn. (Laadunhallinnan lyhyt oppimäärä.)

Laatuajattelussa Deming korostaa koko yrityksen henkilöstön osallistumisen tärkeyttä laadunparannustyössä. Deming suosittelee tilastollisten menetelmien hyödyntämistä kehitysprojekteissa ja toiminnan seurannassa, sillä ainoastaan niiden avulla pystytään luotettavasti löytämään ongelma ja siihen johtaneet syyt. Laadunkehitysohjelmaansa Deming on koonnut 14 periaatetta, jotka luovat perusteet yritystoiminnan jatkuvalla parantamiselle: (Laadunhallinnan lyhyt oppimäärä.)

- Luo yritykseen jatkuvan parantamisen ilmapiiri.
- Varmista, että henkilöstö ymmärtää laatuongelmien ennaltaehkäisyperiaatteen.
- Luovu laajasta tarkastustoiminnasta varmistaen, että laatu syntyy jo valmistusprosessissa.
- Ota laatu huomioon hankintatoiminnassa, hinta ei ole ainut ostoperuste.
- Kehitä jatkuvasti tuotteiden suunnittelun ja valmistuksen prosesseja nostaaksesi laatua ja tuottavuutta sekä vähentääksesi kustannuksia.
- Järjestä työpaikkakoulutusta ja varmista, että työhönopastus on ajantasaista.
- Kehitä ihmisten johtamista, ilmapiirin pitää tukea laadukkaan työn tekemistä – johtaminen käskävästä valmentavaksi.
- Poista pelko ja epävarmuus laatutyötä kohtaan, asenne laadun kehittämiseen on oltava myönteinen – kannusta aloitteita.
- Poista osastojen väliset raja-aidat, osastojen on tuettava toistensa toimintaa ja toimittava yhteisen päämäärän mukaan – käytä prosessiajattelutapaa.
- Poista turhat iskulauseet, julisteet ja kehotukset sekä merkityksettömät tavoitteet.
- Varmista, että määrälliset (numeraaliset) tavoitteet ovat henkilökunnan saavutettavissa.
- Poista kaikki esteet, jotka haittaavat hyviä työsuorituksia.

- Ylläpidä jatkuvaa ja tehokasta laatukoulutusjärjestelmää.
- Johdon on sitouduttava laatutyöhön ja tuettava edellä esitettyjen periaatteiden toteutumista.

(Laadunhallinnan lyhyt oppimäärä.)

4 INFRARAKENTAMISEN KUSTANNUSHALLINTA

Infra-alalla vallitseva suhdannetilanne on yksi vaikuttava tekijä rakentamisen kustannuseroihin. Talouselämä ja maailmanlaajuisesti vaihteleva taloustilanne vaikuttavat suoraan rakentamisen kysyntään sekä välillisesti myös infrarakentamisen hintatasoon ja suhdanteisiin. Rakentamisen voidaan sanoa olevan erittäin riippuvainen yhteiskunnan taloudellisesta tilasta. Taloustilanteen ollessa hyvä, ovat yritykset valmiimpia investoimaan rakentamiseen. (RIL 231-1-2006 Infrarakentamisen kustannushallinta, 2006.)

Infrarakentamisen kustannushallinta voidaan jakaa kahteen eri teoriaan: arviointi- ja ohjausteoriaan. Arviointiteoriassa hankkeen osapuolille muodostetaan kuva hankkeen tilasta, jonka jälkeen prosessi jatkuu ja päättyy mahdollisesti sattumanvaraiseen lopputulokseen. Ohjausteoria taas perustuu hankeelle asetettuun tavoitteeseen, jonka toteutumista seurataan ja testataan ennalta määritetyin aikavälein. Havaitut eroavaisuudet tavoitteeseen analysoidaan ja hanke pyritään ohjaamaan kohti asetettua tavoitetta. (RIL 231-1-2006 Infrarakentamisen kustannushallinta, 2006.)

Kustannushallinta on yksi tärkeimpiä tekijöitä hankkeen onnistuneen lopputuloksen kannalta. Mikäli hankkeen kustannukset ovat karanneet hallitsemattomiksi, voidaan laadukastakin lopputulosta pitää ainakin osittain epäonnistuneena. Tavoitteena ei ole toteuttaa hanketta minimaalisin kustannuksin, vaan paremminkin optimoida hanke ja lopputuotteen ominaisuudet niin, että asetettujen kustannustavoitteiden puitteissa pystytään saavuttamaan mahdollisimman laadukas lopputulos. (RIL 231-1-2006 Infrarakentamisen kustannushallinta, 2006.)

Hankkeen kustannushallinnan lähtökohtia ovat:

- rakennuttamisprosessin kulku ja päätöksenteko
- hankkeen kompleksisuus
- riskit
- omat resurssit
- rahoitus
- markkinatilanne.

(RIL 231-1-2006 Infrarakentamisen kustannushallinta, 2006.)

Jatkuva kustannuslaskenta tukee hankkeen kaikkia vaiheita ja sen tuloksia hyödynnetään kustannussuunnittelussa. Olennaisena osana kustannuslaskentaa on

suhdetilanteen analysointi ja arvio suhdanteiden vaikutuksesta kustannuksiin sekä riskien tunnistaminen ja niistä mahdollisesti aiheutuvien kustannusvaikutusten arvioiminen. Tavoitteena on etsiä kustannustehokkaita ratkaisuja ja samalla pyrkiä estämään turhia ja kohtuuttomia kustannuksia. (RIL 231-1-2006 Infrarakentamisen kustannushallinta, 2006.)

Kustannusohjauksella pyritään vaikuttamaan kustannuseroja aiheuttaviin tekijöihin ja näin ollen estämään tarpeettomien kustannuksien syntyminen. Kustannusohjaus on pohjimmiltaan päätöksiä tekemistä:

- hankkeita koskevien tavoitteiden asettamista
- suunnitelmien sisällön ja taloudellisuuden ohjausta
- hankkeen sisällöllisten ja taloudellisten tavoitteiden varmistamista suunnittelu-, tarjous- ja toteutusvaiheissa.

(RIL 231-1-2006 Infrarakentamisen kustannushallinta, 2006.)

Infrarakentamisessa onnistunutta hanketta voidaan kuvata lopputuloksella, jossa syntyvälle tuotteella mahdollistetaan tarpeen mukainen toiminta, täytetään asetetut vaatimukset ja saavutetaan halutunlaiset vaatimukset. Infrahankkeessa tilaajan tärkein tehtävä onkin huolehtia kyseisen tavoitetilan määrittäminen, yksittäisten tavoitteiden kuvaaminen sekä varmistaa niiden toteutuminen. Kustannushallinnan näkökulmasta hankkeen päätavoite on saavuttaa asetettu päämäärä kohtuullisin kustannuksin ja pyrkiä estämään ylimääräiset kustannukset. (RIL 231-1-2006 Infrarakentamisen kustannushallinta, 2006.)

5 VIRHEISTÄ AIHEUTUVIEN KUSTANNUSTEN SEURANTAJÄRJESTELMÄ

Tämän insinööriyön tavoitteena oli kehittää Excel-ohjelmistoon pohjautuva virheistä aiheutuvien kustannusten seurantajärjestelmä Lemminkäinen Infra Oy:n käyttöön. Tässä luvussa paneudutaan kustannusten seurantajärjestelmään, sen sisältöön ja tavoitteisiin. Lisäksi seurantajärjestelmän toimivuutta kuvaamaan on luotu esimerkkitaulukko, joka havainnollistaa järjestelmän käytettävyyttä ja tuloksia.

Nykyinen Lemminkäinen Infra Oy:n virheiden dokumentointi, niistä oppiminen sekä niiden aiheuttamien kustannusten seuranta on melko vähäistä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että työmailla tapahtuvia kalusto-, työtekniisiä ja dokumentointivirheitä raportoidaan hyvin vähän ja tästä syystä niiden uusiutumisen ennaltaehkäisy tulevilla projekteilla tai työvaiheilla on hankalaa. Virheistä aiheutuvien kustannusten seurantajärjestelmällä pyrittiin luomaan yritykselle hyödyllinen työkalu kohti tuottavampaa ja tehokkaampaa rakentamista.

Virheistä aiheutuvien kustannusten seurantajärjestelmä toteutettiin Excel-pohjaisena taulukkona, josta ilmenee virheen laatu, siihen johtaneet syyt, korjaustoimenpiteet, ennaltaehkäisy tulevaisuutta varten sekä siitä aiheutuneet kustannukset. Saatua tuloksia havainnoimaan luotiin erilliset kuvaajat niin virheen laaduille kuin kustannuksillekin, jotka päivittyvät seurantajärjestelmää täyttäessä. Excel-ohjelmistoon luotiin välilehdet *Virheistä Oppiminen – Taulukko-*, *Kuvaaja – Virheiden laatu-*, *Kuvaaja – Kustannukset-* sekä *Keskimääräiset kustannukset-* välilehdet.

Lisäksi virheistä aiheutuvien kustannusten seurantajärjestelmästä kehitettiin yritykselle työkalu, jota se pystyy hyödyntämään myös virheistä oppimisen kulttuurin kehittämisessä. Virheistä oppimisella pystytään ennaltaehkäisemään jo tehtyjen virheiden uusiutuminen sekä niistä aiheutuvat kustannukset.

5.1 Seurantajärjestelmän suunnittelu

Virheistä aiheutuvien kustannusten seurantajärjestelmän toteutukseen vaikuttavia tekijöitä ovat jo aikaisemmin määritetyt insinööriyön tavoitteet sekä lean-filosofiaan pohjautuva viiden miksi-kysymyksen analyysi. Lisäksi työn suunnitteluun vaikuttivat myös seuraavat tilaajan kanssa yhteistyössä määritetyt toiminnot:

- virheiden raportointi
- virheistä oppiminen

nro.-sarakkeessa toteutetaan juoksevana numerointina virheiden ilmenemisajankohdan, *Pvm*-sarakkeen mukaan.

Seuraava vaihe on määrittää tapahtuneen virheen laatu. Onko virhe aiheutunut kalustosta, väärästä työtavasta vai virheellisestä dokumentoinnista? Kyseiset virhetyypit on esimerkein määritelty luvussa 3.1. Taulukko on ohjelmoitu laskemaan yhteen jokainen virhetyyppi sekä lopuksi summaamaan kaikki tapahtuneet virheet kokonaisuudeksi.

Virhetyypin määrittämisen jälkeen virhe pyritään kuvailemaan mahdollisimman tarkasti *Virheen kuvaus*-sarakkeessa. Tähän sarakkeeseen kuvataan mitä on tapahtunut ja miten on tapahtunut. Virheen kuvauksen yksityiskohtainen selvittäminen on ensiarvoisen tärkeää, jotta samantyyppiset virheet pystytään tunnistamaan myös tulevaisuudessa. Virheen kuvauksia havainnollistetaan esimerkkien kautta lisää insinööriyön myöhemmässä vaiheessa.

MIKSI virhe tapahtui-sarake on taulukon tärkein sarake virheistä oppimisen kannalta, mutta usein myös hankalin. Siinä pyritään selvittämään virheen todellinen taustasyys Lean filosofiaan pohjautuvan viiden miksi-kysymyksen analyysin perusteella (luku 2.2.2). On erittäin tärkeää, että viiden miksi-kysymyksen analyysi aloitetaan mahdollisimman pian virheen tapahduttua, jolloin virheen syy on vielä selvitettävissä. Kun viiden miksi-kysymyksen analyysi on suoritettu huolellisesti ja ajatuksella, sen jatkojalostaminen esimerkiksi opetuskäyttöön on kallisarvoista.

Virheen tapahduttua on sille muodostettava myös jonkinlainen korjausmenetelmä. *Virheen korjaus*-sarakkeeseen kirjataan miten virheeseen on vastattu, miten se on korjattu. Mikäli korjausmenetelmä on huolellisesti kuvattu taulukkoon, voidaan sitä mahdollisesti hyödyntää tulevaisuudessa samantyyppisten ongelmatilanteiden ratkaisuun. Siksi onkin tärkeää, että tieto työmailla saadaan eteenpäin, eikä se jää vain virheen korjaajan omaan tietoisuuteen.

Miten virheen uusiutuminen estetään-sarakkeeseen kerätään tieto vastatoimenpiteistä, joilla virheen uusiutuminen pyritään estämään tai vähintäänkin ennaltaehkäisemään. Vastatoimenpide saadaan yleensä muodostettua viiden miksi-kysymyksen analyysin pohjalta, virheen todellisesta taustasyystä. Taustasyyhyn vastaaminen, sille vastatoimenpiteen muodostaminen antaa keinoja tunnistaa mahdollinen virhe ja reagoida siihen jo ennalta.

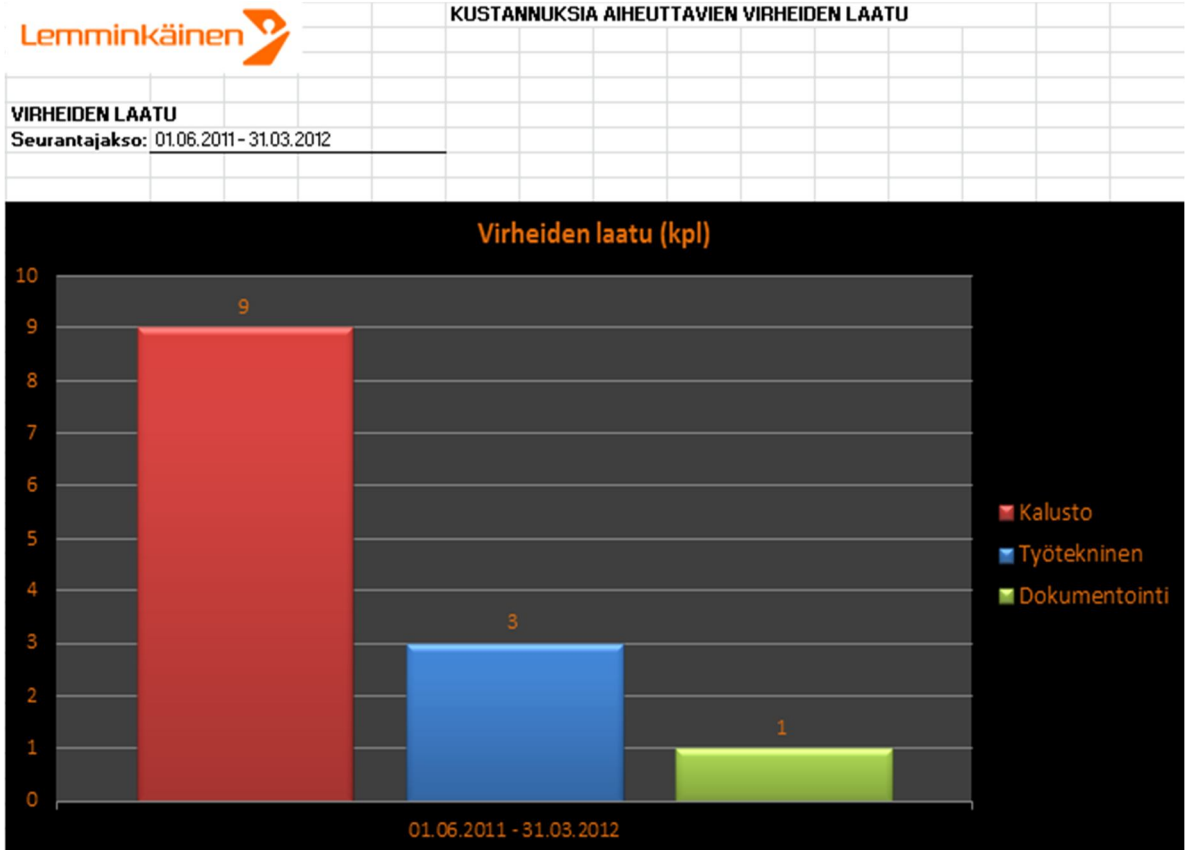
Virheistä aiheutuu usein niin aikataulu- kuin kustannustappioitakin. *Menetetty aika*-sarakkeeseen merkitään se aika minkä työmaa on joutunut seisomaan virheen takia. Joskus seisokit voivat kestää useita päiviä, jopa viikkoja, jolloin aikatappiolla on suora yhteys myös kustannuksiin. Sarake on ohjelmoitu summaamaan kaikki menetetty työaika, jotta saatuja arvoja voidaan hyödyntää kustannustappioiden erittelyssä.

Taulukon viimeisenä sarakkeena on *Virheistä aiheutuvat kustannukset*. Tässä sarakkeessa on eritelty virheen korjauksesta aiheutuvat kustannukset, menetetystä työajasta aiheutuneet kustannukset sekä lopuksi kokonaiskustannukset. Korjauksesta aiheutuneet kustannukset saadaan yleensä suoraan työmaalta, korjaus- sekä osalaskuista. Menetetystä työajasta aiheutuneet kustannukset määritetään menetetyn työajan avulla ja siinä on huomioitava kaikki ne tekijät johon työn seisahtuminen on vaikuttanut, esimerkiksi koneet, työntekijät ja aikataulu. Seurantajärjestelmä on ohjelmoitu summaamaan erikseen sekä korjauksesta aiheutuneet kustannukset, että menetetystä työajasta aiheutuneet kustannukset ja lopuksi yhdistämään ne kokonaiskustannuksiksi. Virheistä aiheutuvat kustannukset hahmotetaan lopuksi kuvaajien avulla, jotka esitellään tämän työn myöhemmässä vaiheessa.

5.3 Kuvaaja – Virheiden laatu

Virheistä Oppiminen - Taulukko-välilehteä kiinteästi seuraamaan ohjelmoitiin *Kuvaaja – Virheiden laatu*-välilehti. *Kuvaaja – Virheiden laatu*-välilehdellä on edellisessä luvussa esiteltyyn *Virheen laatu*-sarakkeeseen pohjautuen luotu kaksi erilaista kuvaajaa havainnollistamaan eri virhelaatujen määrää niin kappaleina kuin prosentuaalisestikin. Kun *Virheen laatu*-saraketta päivitetään, niin samalla myös *Kuvaaja – Virheiden laatu*-välilehti päivittyy automaattisesti.

Ensimmäisessä kuvaajassa on kuvattu pylväsdiagrammin avulla virheiden määrää kappaleina, kuinka monta kertaa kukin virhetyyppi on esiintynyt tietyn seurantajakson aikana. Kyseisessä kuvaajassa on eritelty työssä esiintyvät kalusto-, työtekniset ja dokumentointivirheet sekä niiden esiintyvyys. Kuvassa 2 on kuvattu virheiden laatu- taulukon pylväsdiagrammin ulkoasua ja sisältöä.



Kuva 2. Kuvaaja - Virheiden laatu

Kuvaaja – Virheiden laatu-välilehden toisessa kuvaajassa on pyritty kuvaamaan tapahtuneiden virheiden prosentuaalista määrää kokonaisvirhemäärästä. Kyseinen kuvaaja on toteutettu ympyräkaavion avulla.

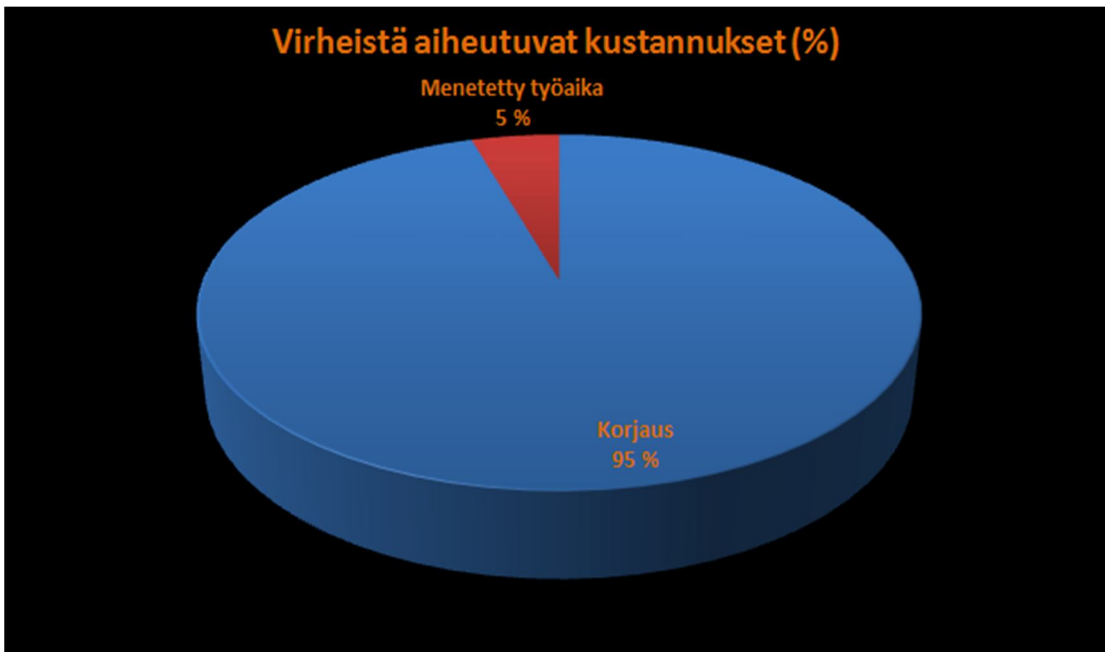
5.4 Kuvaaja – Kustannukset

Kuvaaja – Kustannukset-välilehti luotiin kuvaamaan virheistä aiheutuvia kustannuksia, perustuen luvussa 5.2 esitellyssä sarakkeessa *Virheistä aiheutuneet kustannukset* saatuihin arvoihin. Kustannukset on jaoteltu niiden syntyvän mukaan korjaus-, menetetyn työajan- sekä kokonaiskustannuksiin, joita pyritään kuvaamaan niin pylväs- kuin ympyrädiagrammillakin. *Kuvaaja – Kustannukset*-välilehti on suoraan yhteydessä *Virheistä aiheutuneet kustannukset*-sarakkeen tietoihin ja päivittyy aina samaan aikaan kuin kustannustaulukkin.

Pylväsdiagrammissa virheistä aiheutuneet kustannukset esitetään euromääräisinä ja jokainen kustannustyyppi on erikseen kuvattu. Ensimmäisenä kuvataan kokonaiskustannukset, jotka muodostuvat korjaus- ja menetetyn työajan

kustannuksien summasta. Seuraavana esitetään korjauskustannukset ja lopuksi vielä menetetyistä työajasta aiheutuneet kustannukset.

Toinen *Kuvaaja* – *Kustannukset*-välilehdellä kustannuksia kuvaava kuvaaja esittää ympyräkaavion avulla molempien kustannustyyppien prosentuaalisen osuuden kokonaiskustannuksista. Kuvassa 3 on pyritty selventämään ympyräkaavion sisältöä sekä kustannuksien prosentuaalista jakautumista.



Kuva 3. Kuvaaja - Kustannukset

5.5 Keskimääräiset kustannukset

Virheistä aiheutuvien kustannusten seurantajärjestelmän viimeinen osa on *Keskimääräiset kustannukset*-välilehti, jossa on esitetty yhden virheen keskimääräinen hinta euroina. Ensimmäiseksi on laskettu yhden virheen aiheuttamien korjauskustannuksien keskimääräinen hinta, seuraavaksi yhtä virhettä kohden muodostuva työajan menetystä vastaava keskimääräinen hinta ja lopuksi keskimääräinen kokonaiskustannus yhtä virhettä kohden.

5.6 Esimerkkitaulukko

Työn yhtenä tavoitteena oli luoda Lemminkäinen Infra Oy:n työmailta satunnaisesti kerättyjen virheiden avulla esimerkkitaulukko virheistä aiheutuvien kustannusten

seurantajärjestelmästä. Tällä esimerkkitaulukolla pyritään havainnollistamaan seurantajärjestelmän käyttöä ja sen hyödyntämistä virheistä aiheutuvien kustannusten raportoinnissa.

Esimerkkitaulukko sisältää kaikkiaan kolmesta eri virhettä, mutta tässä luvussa otetaan jokaisesta aikaisemmin määritellyistä virhetyypistä yksi tapaus tarkemmin tutkittavaksi. Virheet käydään yksitellen *Virheistä aiheutuvien kustannusten seurantajärjestelmän* periaatteiden mukaisesti läpi ja samalla konkretisoidaan järjestelmän tarkoitus.

Case 1. Työmaalla oleva hitsauskone ei toimi

Ensimmäisenä esimerkkinä on kalustoon liittyvä virhe, jossa työmaalla oleva hitsauskone ei toiminut. Tässä tapauksessa virheen luonne on siis *kalusto* ja virheen kuvauksena *työmaalla oleva hitsauskone ei toimi*.

Kun virheen luonne ja virheen kuvaus oli saatu työmaalta saatujen tietojen avulla selvitettyä, seuraavana vaiheena oli selvittää virheen taustasyyn viiden miksi-kysymyksen analyysin avulla. Taulukossa 2 on kuvattu tämän virheen pohjalta koottu viiden miksi-kysymyksen analyysi.

TAULUKKO 2. Viiden miksi-kysymyksen analyysi, Case 1

	Ongelman taso	Vastaava vastatoimenpiteiden taso
Miksi?	Työmaalla oleva hitsauskone ei toimi	Korjaa kone
Miksi?	Koska koneen säädöt oli aseteltu väärin	Korjaa säädöt
Miksi?	Koska koneessa uusia ominaisuuksia, joista ei ollut tietoa	Perehdy uusiin ominaisuuksiin
Miksi?	Koska koneelle ei ole järjestetty käyttökoulutusta, eikä käyttöohjeeseen ole perehdytty	Järjestä perehdytys
Miksi?	Virheellinen oletus hitsaajan ammattitaidosta. "Luulisi, että ammattihitsaaja osaa käyttää konetta	Varmista hitsaajan ammattitaito ennen työskentelyä
	Koska koneen mukana tulee käyttöohje	Varmista kaikkien koneen kanssa työskentelevien perehdytys ja vaadi käyttöohjeen lukemista

Taulukossa 2 alettiin tutkia viiden miksi-kysymyksen analyysin avulla syytä siihen, että työmaalla oleva hitsauskone ei toimi. Mikäli olisi tyydytty jo ensimmäiseen vastaukseen, olisi kone varmasti saatu korjattua. Tämä olisi kuitenkin ollut vain väliaikainen toimenpide, kunnes säädöt olisi taas aseteltu väärin. Säättöjen uudelleen asettelu voisi kestää taas jonkin aikaa, mutta seuraavalla kerralla säädöt aseteltaisiin mahdollisesti taas väärin. Vain korjaamalla todellinen taustasy – työntekijöiden puutteellinen perehdyttäminen – voi estää vastaavien ongelmien ilmenemisen uudelleen tulevaisuudessa.

Seuraava vaihe on kirjata virheen korjausmenetelmä, kuva 4. Tässä tapauksessa virhe korjattiin huoltamalla hitsauskone. Virheelliset asetukset säädettiin kohdalleen ja näin hitsauskone saatiin jälleen käyttökuntoiseksi.

Virheen laatu (X)					Virheen kuvaus	MIKSI virhe tapahtui? (5 kertaa MIKSI?)	Virheen korjaus	Miten virheen uusiutuminen estetään?
Vihento.	Pvm.	Kalusto	Työtekijä	Dokumentointi				
10	27.3.2012	X			Työmaalla oleva hitsauskone ei toimi.	1. Säädöt oli aseteltu väärin, MIKSI? 2. Koneessa uusia ominaisuuksia, joista ei ollut tietoa, MIKSI? 3. Koneelle ei ole järjestetty käyttökoulutusta, eikä käyttööheeseen ole perehdytty, MIKSI? 4. Virheellinen oletus hitsaajan ammattitaidosta. "Luulisi, että ammattihitsaaja osaa käyttää konetta.", MIKSI? 5. Koska koneen mukana tulee käyttöohje	Hitsauskone huollettu käyttökelpoiseksi.	Kaikille uusille koneille tulee järjestää käyttökoulutus ennen käyttöönottoa, eikä vain perustaa työntekijöiden ammattitaitoa tai oma-aloitteista perehdytystä käyttööheeseen pelkälle oletukselle.

Kuva 4. Virheistä aiheutuvien kustannusten seurantajärjestelmä, esimerkkitaulukko

Virheen uusiutumisen kannalta olennaisimpia seikkoja on virheen uusiutumisen estäminen ja ennaltaehkäisy. Kyseisessä esimerkkitapauksessa saatiin viiden miksi-kysymyksen analyysin avulla taustasyiksi työntekijöiden perehdytyksen puute. Tästä opittuna samantyyppisten virheiden uusiutuminen tulee pyrkiä estämään järjestämällä kaikille uusille koneille sekä laitteille käyttökoulutus ja huolellinen perehdytys ennen käyttöönottoa. Lisäksi työntekijöiden ammattitaitoa tai oma-aloitteista perehdytystä käyttööheeseen ei saa perustaa pelkälle oletukselle, vaan työnantajan on erikseen varmistettava jokaisen koneiden kanssa työskentelevän ammattitaidosta ja tiedoista.

Työmaalla olleen toimimattoman hitsauskoneen aiheuttamat aikatapit eli menetetty työaika oli tässä esimerkkitapauksessa yksi työpäivä.

Kustannuksia hitsauskoneen toimimattomuus aiheutti menetettynä työaikana. Hitsauskone huollettiin itse, joten korjauskustannukset pystyttiin välttämään. Sen sijaan koneen toimimattomuus aiheutti yhden työpäivän mittaisen työmaan seisahduksen, joka aiheutti menetetyn työajan kustannuksia noin 1 050 €. Virheen kokonaiskustannukset olivat näin ollen samat kuin menetetyn työajan kustannukset eli noin 1 050 €.

Case 2. Kaksi porapaalua porattu väärään kulmaan

Toisena esimerkkitapauksena havainnollistetaan *työtekniistä* virhettä, jossa kaksi porapaalua oli porattu väärään kulmaan. Virheen kuvauksena on siis *kaksi porapaalua porattu väärään kulmaan*.

Taustasyyn määrittäminen aloitettiin jälleen kysymyksellä miksi. Miksi porapaalut oli porattu väärään kulmaan? Koska porauskulma oli katsottu väärin. Miksi? Koska astepassissa oli väärä kulma. Miksi? Koska astepassi näyttää väärän tuloksen. Miksi? Koska astepassi on niin sanottu halpaversio. Miksi? Koska hankintaperusteena on vain hinta. Miksi? Koska yrityksen hankintaperusteet ovat vääränlaiset. Lopulta saavutettiin taustasyyn, josta ilmeni yrityksen hankintaperusteiden virheellisyys. Yritys pyrkii tekemään hankinnat lyhyen aikavälin kustannussäästöjen pohjalta ja näin ollen ostaa halvalla huonoa laatua. Vain muuttamalla hankintaperusteitaan, yritys voi ennaltaehkäistä vastaavanlaisten ongelmien uudelleen esiintymistä.

Virheen korjaustoimenpiteenä kaksi väärään kulmaan porattua paalua jouduttiin purkamaan, poratut reiät valamaan umpeen ja lopuksi poraamaan uudet paalut oikeaan kulmaan. Virheestä aiheutui kahden päivän työkatko työmaalla sekä ylimääräistä työtä korjaustoimenpiteissä.

Miten virheen uusiutuminen estetään? Yrityksen hankintaperusteita tulee muuttaa, muuten ongelman uusiutumisen mahdollisuus säilyy ja esimerkissä saatua tietoa ei pystytä hyödyntämään. Lisäksi yrityksen työnjohdon tulee painottaa tarkkuutta työn suorituksessa, tässä tapauksessa mittaustöissä.

Työajan menetystä väärään kulmaan poratut porapaalut aiheuttivat kaksi työpäivää, jonka kustannuksiksi muodostui noin 2 400 €. Lisäksi jo aiemmin mainituista

korjaustoimenpiteistä kustannuksia kertyi noin 1 400 €. Näin ollen kyseisen virheen kokonaiskustannuksiksi muodostui noin 3 800 €.

Case 3. Suunnitteluvirhe, painelaatan ankkurointi

Kolmantena ja viimeisenä virhetyyppinä tässä työssä esiintyy dokumentointiin liittyvät virheet, joihin lasketaan myös suunnittelussa tehdyt virheet. Tässä esimerkissä syvennytään suunnitteluvirheeseen painelaatan ankkuroinnissa.

Virheen kuvaus kyseisessä tapauksessa on *Suunnitteluvirhe, painelaatan ankkurointi. Yhden ankkurin kallioreikä menisi alla olevan (toisen urakoitsijan) tunnelin katon läpi, jos poraus toteutettaisiin suunnitellulle paikalle.*

Syytä virheeseen alettiin selvittää viiden miksi-kysymyksen analyysin kautta. Ensimmäinen vastaus oli, että suunnitelmia ei ollut yhteen sovitettu ajoissa. Syytä tähän oli viestinnän puute suunnittelijoiden kesken. Suunnittelijat eivät yksinkertaisesti olleet ehtineet kommunikoidaan keskenään, koska prosessilla oli kiire. Kiire taas oli muodostunut liian tiukasta aikataulusta, joka johtui liian lyhyestä aikavälistä työmaan saannin ja työmaan aloitusajankohdan välillä. Taustasyiksi siis muodostui liian lyhyt projektin suunnittelu- sekä valmistelu-aika, joka johti kiireeseen ja lopulta työmaan seisauttaneeseen virheeseen.

Välittömänä korjaustoimenpiteenä jo käynnissä olleet poraukset keskeytettiin ja suunnitelmat jouduttiin tekemään uudelleen. Tulevaisuutta ajatellen, *miten virheen uusiutuminen estetään*, tulisi kiinnittää enemmän huomioita aikatauluttamiseen ja aikaan, joka jää projektin valmisteluille ja suunnittelulle. Työmaan nopea käynnistäminen saattaa hetkellisesti vaikuttaa toimivalta ratkaisulta, mutta usein kiire aiheuttaa liikaa painetta ja samalla lisää virheiden tekemisen riskiä

Menetetty työaika (d)	Virheestä aiheutuvat kustannukset (€)		
	Korjaus	Menetetty työaika	Kokonaiskustannukset
0,5	0,00	836,50	836,50

Kuva 5. Virheestä aiheutuvat kustannukset, Case 3

Kokonaiskustannukset painelaatan ankkuroinnin suunnitteluvirheestä olivat noin 850 €, kuva 5. Korjauskustannuksia ei virheestä aiheutunut, sillä poraukset ehdittiin keskeyttää ajoissa. Suunnitteluvirheestä johtunut menetetty työaika oli tässä tapauksessa puoli työpäivää ja se aiheutti noin 850 €:n kustannukset. Lisäksi kustannuksia aiheutti uudelleensuunnittelukulut, joita tässä tapauksessa ei mainittu.

Yhteenveto esimerkkitaulukosta

Virheistä aiheutuvien kustannusten seurantalomake esimerkkitaulukon tehtävänä oli havainnollistaa järjestelmän periaatteita ja käytettävyyttä.

Esimerkkitaulukko sisälsi 13 erilaista virhettä, joiden alkuperää ja kustannuksia pyrittiin selvittämään sekä raportoimaan. Järjestelmän ollessa vasta kehitysvaiheessa ja työmailla tapahtuvan virheiden seurannan sekä eteenpäin raportoinnin kulttuurin kehittymättömyyden seurauksena ei kaikkia haettuja tietoja saatu täydennettyä taulukkoon.

Virheistä yhdeksän oli kalustoon liittyviä, kolme työtekniisiä ja yksi dokumentointiin liittyvä. Pääosa kalustoon liittyvistä virheistä oli huolimattoman käytön seurausta ja ohjeiden noudattamatta jättämisestä, mutta taustasyitä löytyi myös huonoista hankintaperusteista sekä huollon laiminlyönnistäkin. Työtekniisissä virheissä yleisin taustasyys oli kiire ja siitä aiheutuva huolimattomuus. Lisäksi liiallinen oletaminen työntekijöiden tietoja ja ammattitaitoa kohtaan aiheutti virheitä. Esimerkkitaulukon ainut dokumentointiin liittyvä virhe oli suunnitteluvirhe, jonka taustasyys selvisi kiire sekä kommunikoinnin puute.

Tehdystä esimerkkitaulukosta on selkeästi havaittavissa, että suurin osa kyseisellä seurantajaksolla taulukoiduista virheistä on kalustoon liittyviä. Kalustoon liittyvien virheiden korjaaminen on usein suuritöistä ja aikaa vievää, jonka seurauksena menetetyt työajan kustannukset voivat kasvaa suuriksi. Lisäksi niiden aiheuttamat korjauskustannukset ovat usein kalliita.

6 JOHTOPÄÄTÖSET JA POHDINTA

Insinööriyön keskeisenä tavoitteena oli etsiä ratkaisuja infrarakentamisen tuottavuuden parantamiseen virheistä oppimisen kautta. Yksittäiset virheet eivät vaikuta kovinkaan suurilta kokonaiskuvaa katsottaessa, mutta niiden toistuvuus sekä kustannusten kerrannaisuus voivat aiheuttaa suuret tappiot pidemmällä aikavälillä. Kustannusten lisäksi virheiden korjaaminen sitoo työvoimaresursseja ja aiheuttaa aikataulutappioita.

Yrityksen päämääränä tulisi olla pyrkimys luoda maksimaalista arvoa asiakkaalle ja luovuttaa tälle sopimuksen mukainen palvelu, aikataulussa ja laadukkaana. Hyvän laadun ei välttämättä tarvitse olla synonyymi virheettömälle tuotannolle, sillä virheiden havainnointi ja niiden korjaaminen ovat osa laadukasta tuotantoa sekä virheistä oppimista.

Tutkimuksessa keskityttiin erityisesti virheiden syihin ja niiden ennaltaehkäisyyn viiden miksi-kysymyksen analyysin avulla. Kaikkia virheitä ei tuotannosta pystytä koskaan poistamaan, mutta ennaltaehkäisemällä niitä voidaan vaikuttaa merkittävästi hankkeen kustannuksiin ja tuottavuuden parantamiseen. Virheiden analysointi ja prosessista poistaminen on huomattavasti helpompaa, mikäli yrityksellä on oikeanlaiset työkalut ja menetelmät käytettävissään.

Työssä ilmeni useita ongelmakohtia liittyen työmaatoimintaan sekä virheistä raportointiin. Yksi suurimpia epäkohtia oli, ettei virheistä oltu aikaisemmin raportoitu lähes mitenkään, minkä takia niiden syihin ja vastatoimenpiteisiin ei myöskään ollut systemaattisia ratkaisuja ennestään. Yleisellä tasolla viiden miksi-kysymyksen analyysi oli työmailla melko vieras ja tästä syystä hankala toteuttaa.

Tulevaisuutta ajatellen yrityksen olisi erittäin tärkeää painottaa työntekijöiden sitoutumista virheistä raportointiin ja niistä oppimiseen. Ilman tiivistä yhteistyötä ja koko organisaation käsittävää asennekulttuurin muutosta, ei kehitystä saada tapahtumaan. Lisäksi työntekijöille olisi tärkeää konkretisoida tutkimuksella saadut tulokset sekä havainnollistaa niiden käytännön hyöty. Mahdollisia keinoja työntekijöiden motivointiin olisi esimerkiksi järjestelmä, jossa työntekijöitä voitaisiin palkita virheettömistä projekteista tai työvaiheista.

Opinnäytetyön tuloksena kehitetyt virheistä aiheutuvien kustannusten seurantajärjestelmä ja esimerkkitaulukko tulevat olemaan hyödyllisiä apuvälineitä ja työkaluja jatkuvan parantamisen tiellä. Työn lopullinen onnistuminen ja arvo määrittyvät kuitenkin vasta ajan kanssa, sillä asenne- ja yrityskulttuurin muutos ovat pidemmän aikavälin prosesseja, joiden todelliset hyödyt tulevat ilmenemään vasta vuosien kuluttua.

LÄHTEET

Konsultointi Laaksoharju. Mitä Lean on. Lean on virtauksen lisäämistä. [viitattu 16.3.2012]. Saatavissa: <http://www.laaksoharju.fi/>

Laadunhallinnan lyhyt oppimäärä. Laatuajattelun kehittyminen ja laatugurujen teesit. [viitattu 1.4.2012]. Saatavissa: <http://www.veini.net>

Laatuakatemia. Laatu – käsite ja tehtävät. [viitattu 28.3.2012]. Saatavissa: <http://www.kotiposti.net/tuurala>

Lean Enterprise Institute. What is Lean? [viitattu 14.3.2012] Saatavissa: <http://www.lean.org>

Lemminkäinen OYJ. 2011. Vuosikertomus 2011. Helsinki: Libris Oy

Liker, J. 2010. Toyotan Tapaan. Helsinki: WS-Bookwell Oy

Merikallio, L & Haapasalo H. Projektituotantojärjestelmän strategiset kehittämiskohteet kiinteistö- ja rakennusalalla. [verkkodokumentti]. [viitattu 18.4.2012]. Saatavissa: <http://tuta.oulu.fi/lean%20kehitysprojektin%20raportti%20final.pdf>

Moisio, J. (s.a.)a. Kehitä toimintaa ja tuottavuutta lean periaatteita soveltaen. [verkkodokumentti]. Qualitas Fennica Oy. [viitattu 4.3.2012.] Saatavissa: www.ims.fi/sites/default/files/21112_Artikkeli_Lean_JIT_ym.pdf

Moisio, J. (s.a.)b. Lean Management – Osa 1. Toyotan vinkit tehokkuuden tiellä. [verkkodokumentti]. Qualitas Fennica Oy. [viitattu 8.4.2012]. Saatavissa: http://www.ims.fi/sites/default/files/Lean_management_osa_1_Toyotan_vinkit_tehokkuuden_tiella..pdf

Nippala, E. Infra-alan tuottavuutta moitittu – aiheestako? [verkkodokumentti]. [viitattu 11.4.2012]. Saatavissa: www.infrary.fi/files/1734_tuottavuusNippala.pdf

RIL 231-1-2006 Infrarakentamisen kustannushallinta. 2006. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto.

Womack, J & Jones, D. 2003. Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation, Revised and updated. New York: Free Press