



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

TEEMU ALATALO
TULENKESTÄVÄN VUORAUKSEN ASENNUS-
TYÖN LAATUVIRHEIDEN KARTOITTAMINEN
KAAKKOIS-AASIAN TYÖOLOSUHTEISSA

Diplomityö

Tarkastaja: professori Asko Riitahuhta
Työ jätetty tarkastettavaksi
20. toukokuuta 2014

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Tuotantotekniikan laitos

Alatalo, Teemu: Tulenkestävän vuorauksen asennustyön laatuvirheiden kartoittaminen Kaakkois-Aasian työolosuhteissa

Diplomityön nimi englanniksi: Refractory lining installation quality defects charting in Southeast Asia working conditions

Diplomityö, 58 sivua

Toukokuu 2014

Pääaine/painotus: Tuotantotekniikka / Tuotekehitys

Tarkastaja: Professori Asko Riitahuhta

Avainsanat: Tulenkestävä vuoraus, asennustyö, asennus, laatu, laatuvirheet, Kaakkois-Aasia

Asennustyö on merkittävä osa tulenkestävän vuorauksen toimitusprosessia. Projekteissa, joissa asennustyö tapahtuu Kaakkois-Aasiassa ja siellä vallitsevissa työolosuhteissa, asennuksen tehokas ja laadukas onnistuminen on erityisen haasteellista. Tässä työssä toteutettiin toimintatutkimus asennuksen aikaisten laatuvirheiden kartoittamiseksi kahdessa Filippiineillä tapahtuvassa asennusprojektissa.

Tutkimuksessa kartoitettiin kahdeksan (8) asennustyön toimintaympäristön ja yleisen organisoinnin aiheuttamaa laatuvirheluokkaa sekä 15 virheellistä asennusmenetelmäluokkaa. Laatuvirheille määriteltiin oikeat organisointi- ja työmenetelmät sekä hyväksymiskriteerit. Työssä kehitetyillä työmenetelmillä oli pääasiassa positiivinen vaikutus laatuvirheiden poistumisen suhteen.

Tutkimuksella kerättiin arvokasta tietopohjaa jota voidaan käyttää perustana tulevien asennusprojektien suunnittelun ja toteutuksen kehittämiseksi. Tutkimusta täydennettiin yrityksen avainhenkilöiden teemahaastatteluilla.

Työn perusteella annettiin suosituksia toimitusprosessin osa-alueiden kehittämiseen. Suunnitteluvaiheeseen esitetään tutkimusta, (1) uudenlaisen muottien tuentaratkaisun kehittämiseksi, (2) esivalmistettujen muottien pintavanerin materiaalin kehittämiseksi sekä (3) työpiirustusten selkeyden kehittämiseksi. Hankintavaiheeseen esitetään materiaalityösuhteen syventämistä käytännön tukipalvelun järjestämiseksi työmaan aikaisiin materiaalinkäyttötymisiin liittyviin ongelmiin.

Työn perusteella asennustyön valmisteluun ja organisointiin suositellaan asennustyötä toteuttavan aliurakoitsijan valintaa keskittyen sen työnjohdon arviointiin. Lisäksi suositellaan erillisten toimintasääntöjen ja -tapojen laatimista alihankkijan kanssa tässä työssä esitetyn teemalistan pohjalta.

Työn perusteella asennuksen käytännön ohjaamiseen ja tarkastusten toteuttamiseen suositellaan päävaiheiden ohjausta ja tarkastusta työssä laaditun tarkastusasiakirja ja työnohjauskortin avulla. Tähän suositellaan liitettävän sekoitustapahtuman tiedot tallentavan pöytäkirjan, josta työssä esitetään lisäksi malli. Lisäksi työssä esitetään useita osavaiheiden työmenetelmiä, joiden käyttöönottoa asennuksessa suositellaan.

ABSTRACT

Installation work is a significant part of the refractory lining delivery process. In projects where the installation takes place in South-East Asia, and its prevailing working conditions, efficient and qualitative success of the installation is particularly challenging. This work carried out activity analysis during two installation projects in the Philippines to identify installation quality defects.

The study identified eight (8) installation work environment and general organization quality defect categories, as well as 15 installation method quality defect categories. Correct organization and working methods were defined to the quality defects as well as criteria of acceptance. The working methods developed in this work had mainly a positive impact to nullify the quality defects.

As a result of the study valuable knowledge was collected that can be used as a basis for future installation projects planning and implementation. The study was complemented by the company's key personnel theme interviews.

On the basis of the work recommendations were given to develop the delivery process. The design and planning phase is suggested to research and develop, (1) a new kind of mould support solution, (2) different pre-fabricated mould surface plywood, and (3) design drawings clarity.

To the preparation and organization of the installation work it is recommended to focus on the evaluation of the subcontractor's labour management and supervisors when choosing the subcontractor to carry out the installation work. It is also recommended to draft separate rules and methods of operation with the subcontractor based on the list presented in this work.

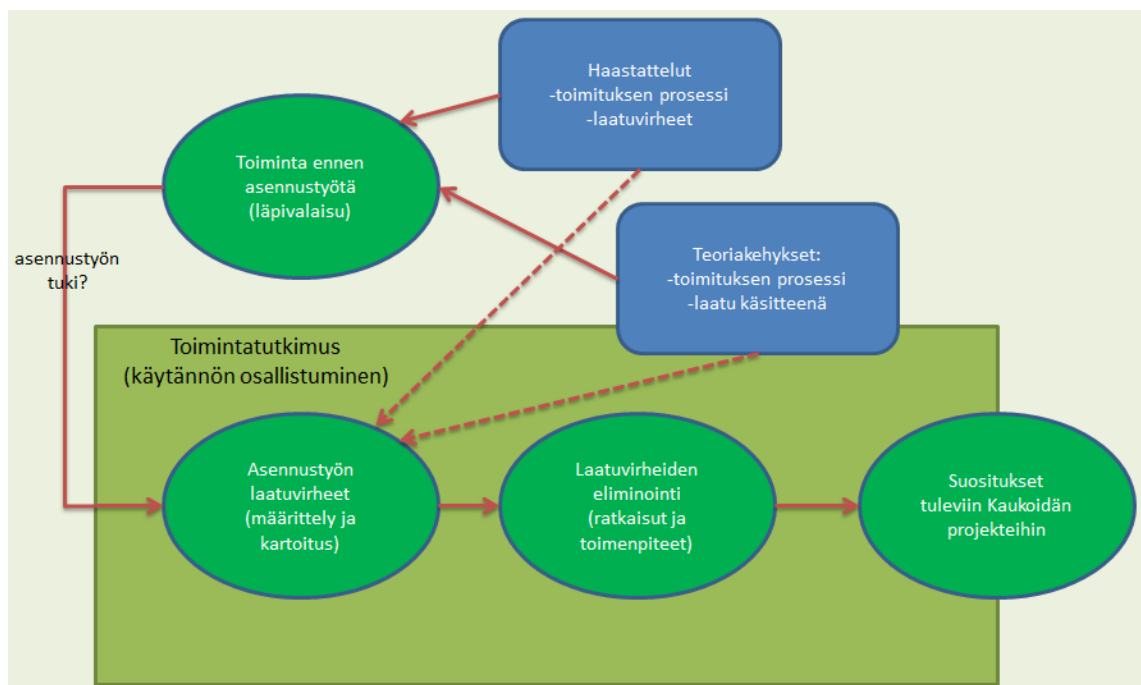
To the hands-on control and inspection of the installation it is recommended to implement and follow up inspection document and supervision card drawn up in this work to guide the main phases and control of the installation. To this it is also recommended to connect a mixing diary, from which a model is presented in the work. In addition, this paper provides a number of working methods for different phases along the installation which are recommended to put into operation.

SISÄLLYS

1	Johdanto	5
1.1	Tutkimuksen tilaajajäritys	5
1.2	Tulenkestävän vuorauksen toimintaympäristö.....	6
1.3	Tutkimuksen motivaatio ja tausta	8
1.4	Tutkimusongelma, tutkimustehtävä ja tutkimuksen tavoite.....	9
1.5	Työn rajaukset.....	10
1.6	Tutkimusmenetelmät.....	11
1.7	Tutkimuksen aineisto	12
1.8	Tutkimuksen rakenne	13
2	Teoreettinen tausta	15
2.1	Toimitusprosessi	15
2.1.1	Tuotteen kehittäminen	15
2.1.2	Toimitusketju	17
2.2	Laatu käsitteenä.....	19
2.2.1	Laadun määritelmä	20
2.2.2	Laatukustannukset	22
2.2.3	Laadun mittaaminen	24
3	Tutkimusmenetelmät ja aineisto	25
3.1	Toimintatutkimus	25
3.1.1	Toimintatutkimuksen teoria ja vaiheet	25
3.1.2	Toimintatutkimuksen pohjustus.....	27
3.1.3	Asennustyön toimintaympäristöstä syntyvät laatuvirheet	28
3.1.4	Asennustyön konkreettiset ja suorat laatuvirheet	34
3.1.4.1	Mittaukset ja merkinnät -päävaiheen laatuvirheet	34
3.1.4.2	Hitsaukset -päävaiheen laatuvirheet.....	38
3.1.4.3	Eristykset -päävaiheen laatuvirheet.....	40
3.1.4.4	Muotitus -päävaiheen laatuvirheet	43
3.1.4.5	Massaus -päävaiheen laatuvirheet.....	48
3.2	Teemahaastattelut.....	51
4	Tulokset ja niiden tarkastelu	53
4.1	Tulokset.....	53
4.1.1	Tulokset toimintatutkimuksen perusteella.....	53
4.1.2	Tulokset haastatteluiden pohjalta	58
4.2	Tulosten tarkastelu	59
5	Johtopäätökset.....	60
5.1	Toimenpidesuosituksien.....	61
5.2	Työn onnistumisen arviointi ja jatkotutkimustarpeet.....	62
	Lähteet.....	63
	Liitteet	67

1 JOHDANTO

Tämä työ on tehty Tampereen teknillisen yliopiston Tuotantotekniikan laitokselle diplomityönä. Työn aiheena on kartoittaa työn tilaajayritykselle AG-Port Oy:lle Kaakkois-Aasian työolosuhteissa tulenkestävien vuorausten asennustyön aikana syntyviä laatuvirheitä, sekä esittää toimenpiteet laatuvirheiden eliminoimiseksi. Asennustyön aikainen laatuvirheiden kartoitus ja virheiden eliminointi toteutettiin toimintatutkimukseen pohjautuvalla tutkimusotteella. Työn osana annetaan suosituksia tuleviin Kaakkois-Aasian projekteihin.



Kuva 1.1. Työn aiheen kuvaus.

Työn toimintatutkimusta täydennetään läpivalaisemalla yrityksen toimintaa ennen varsinaista asennustyötä. Läpivalaisuun toteuttamiseksi ja tueksi tutustutaan toimitusprosessin teoriaan. Teoriaosuudessa tutustutaan lisäksi laatuun käsitteenä tukemaan sekä toimitusprosessin läpivalaisuun että itse toimintatutkimusta. Työssä haastateltiin lisäksi yrityksen avainhenkilöitä toimitusprosessin läpivalaisuun varten sekä laatuvirheiden kartoittamiseksi.

1.1 Tutkimuksen tilaajayritys

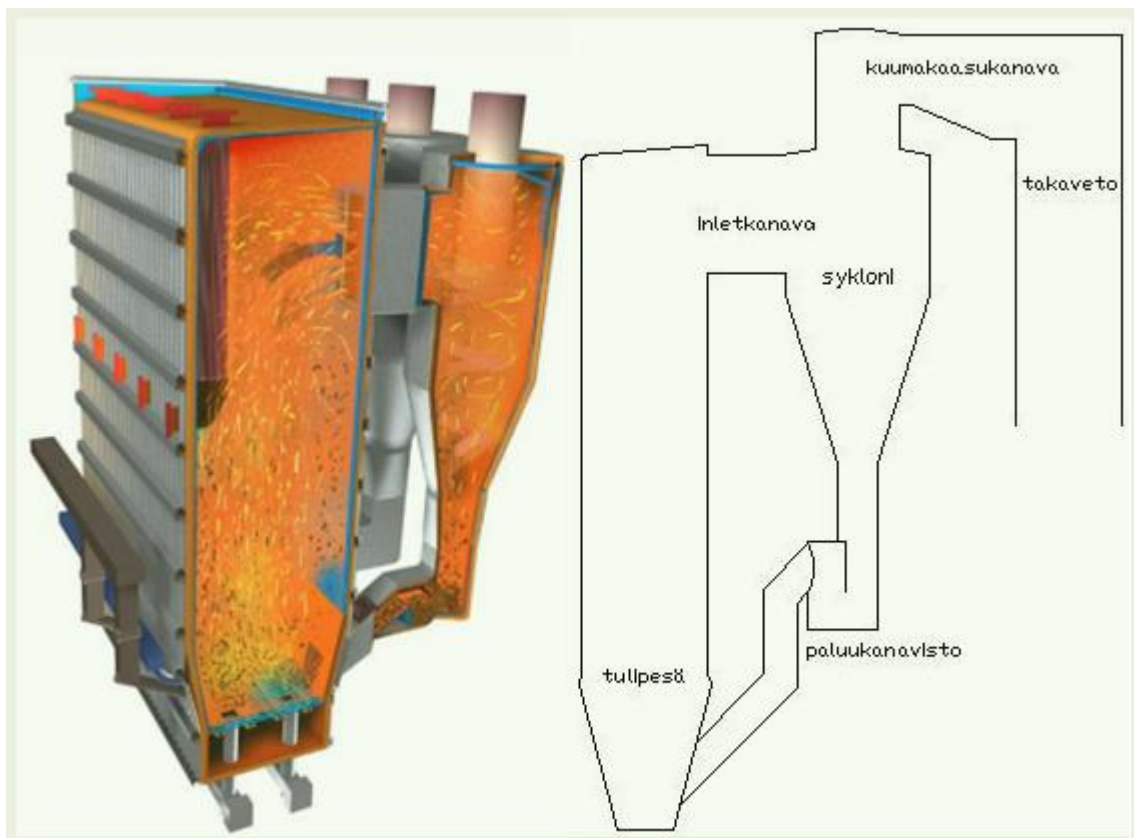
Tutkimuksen tilaajayritys AG-Port Oy toteuttaa energialaitosten ja kattiloiden vaativia tulenkestäviä vuorauksia. Yritys on perustettu vuonna 1989 ja sen perustajana on nykyi-

nen toimitusjohtaja Jorma Pitkänen. Pääpalveluina yritys tarjoaa tulenkestäviä vuorauksia kiinteätä polttoainetta hyödyntäviin voimalaitoksiin. Tulenkestävän vuorauksen toteutuksia yritys tarjoaa avaimet käteen -tyyppisesti jolloin yritys suunnittelee vuorauksen yksityiskohtaisesti ja vastaa toteutuksesta materiaalien, työkalujen, tarvikkeiden, muottien ja asennustyön osalta. Lisäksi yritys tarjoaa vuorausten kuntotarkistuksia ja korjaustöitä.

1.2 Tulenkestävän vuorauksen toimintaympäristö

Tässä työssä kohteena ovat yrityksen uusien tulenkestävien vuorauksien toimitukset, ei korjaustyöt. Uusista tulenkestävien vuorauksien toteutuksista työssä on keskitytty kiertoleijukattiloiden (engl. circulating fluidized bed boiler) tulenkestäviin vuorauksiin, mutta tulokset ovat hyödynnettävissä myös esimerkiksi kaasutuslaitosten vuorausprojekteissa.

Khan et al. (2009) mukaan kiertoleijukattilan toiminta perustuu polttoainemateriaalin kierrättämiseen kattilasysteemin sisällä. Tällainen tilanne saavutetaan nostamalla leijutuskaasun virtausnopeus suuremmaksi kuin partikkelien terminaalinopeus (yleensä 3,0–6,0 m/s). Kiertoleijukattilaa on havainnollistettu kuvassa 1.2.



Kuva 1.2. Kiertoleijukattilan periaatekuvia (vas. Niskakangas, 2005, oik. AG-Port Oy).

Tulipesän pohjasta puhalletaan ilmaa suurella nopeudella polttoaineen ja hiekan sekoitukseen, jolloin palamisreaktio tapahtuu tehokkaasti jatkuvassa hiekkamyrskyssä.

Seurauksena peti muuttuu turbulenttiseksi, kiinteää ainesta eli hiekkaa, tuhkaa ja palamatonta polttoainetta kulkeutuu leijutuksen ja ylöspäin nousevien palokaasujen mukana tulipesän yläosaan. Tulipesän yläosassa olevasta aukosta osa kiinteää ainesta ja kuumaa kaasuvirtaa pakenee inletkanavaan joka johtaa syklonierottimelle, jossa kiinteä aines erotetaan kaasuista. Erotus tapahtuu gravitaatiota hyödyntämällä. Inletkanavasta tuleva kiinteä aines ja kaasuvirta tulevat sykloniin siten, että ne ohjautuvat kiertoliikkeeseen suurella nopeudella (tyypillisesti noin 25 m/s). Kiertäessään syklonin seiniä kiinteä aines painautuu ulkokehälle seinää vasten ja alkaa laskeutua gravitaation vaikutuksesta alaspäin. Kaasuja varten syklonin katossa on keskellä aukko jonka veto imee kaasut syklonin ulkopuolelle kuumakaasukanavaan. Erotettu kuuma kaasu johdetaan edelleen kuumakaasukanavasta takavedolle, jossa suurin osa sen sisältämästä lämpöenergiasta kerätään hyötykäyttöön erilaisten lämmönsiirtimien avulla. Kiinteä aines tippuu syklonin usein kartion malliseen alaosaan josta se palautetaan takaisin tulipesän alaosaan palukanavastoa pitkin. Tulipesässä palamattomat polttoaineet ja hiekka osallistuvat uudelleen jatkuvaan palamisreaktioon ja tuhkaa erotetaan petimateriaalista kattilan alla sijaitsevalla tuhkanerottimella. Polton hyötysuhde voi tehokkaan sekoittumisen ja polttoaineen kierrättämisen vuoksi olla jopa 97,5–99,5 %. (mukaillen Khan et al. 2009, Kattelus. 2010)

Pitkänen (2010) ja Niskakangas (2005) mukaan tulenkestävä vuoraus toteutetaan muun muassa seuraavista syistä:

- tulenkestävä vuoraus on suojakerros, joka asennetaan kattilan sisäpuolelle eristämään ja suojaamaan kattilan teräsrakennetta korkeilta lämpötiloilta
- tulenkestävä vuoraus varastoi lämpöä ja toimii lämpöä heijastavana ja voimakkaasti säteilevänä pintana, jonka vaikutuksesta palamisen ylläpitäminen pysyy keskeytymättömänä
- tulenkestävä vuoraus suojaa kattilaa kiintoaineiden ja palamiskaasujen virtauksen aiheuttamalta eroosio- tai abraasiorasitukselta
- tulenkestävä vuoraus suojaa kattilaa palamiskaasujen aiheuttamalta teräsosien korroosiolta
- oikein valitut tulenkestävät materiaalit suojaavat käytetyn polttoaineen kaasuuntuvilta yhdisteiltä, jotka reagoidessaan vuorausmateriaalin kanssa aiheuttaisivat kemiallista korroosiota eli rapautumista
- joissakin tapauksissa oikein valituilla tulenkestävillä materiaaleilla alennetaan vuorauksen pintalämpötilaa, jolla vältetään petihiekan sintraantumisen johtuva kiinnitarttuminen vuorauksen pintaan
- tulenkestävällä vuorauksella voidaan ohjata hiekan tai kaasun virtauksia haluttujen päämäärien mukaisesti
- tulenkestävä vuoraus suojaa lämpöiskuilta, jotka ovat rakenteessa tai materiaalissa syntyviä rasituksia tai kuormituksia jotka ovat seurausta nopeasta lämpötilan muutoksesta (Pitkänen 2010, Niskakangas 2005).

Tulenkestäviä vuorauksia käytetään lukuisissa teollisuuden sovelluksissa kuten rauha-, teräs-, valimo-, alumiini- ja värimetalli-, lasi-, sementti-, kalkki- ja energiateollisuus-

nessa. Kiertoleijukattiloissa tulenkestäviä vuorauksia käytetään useilla alueilla ja tästä johtuen vuorausten kustannukset ovat merkittävän korkeat. Vuoraukset joutuvat erityisesti kovalle eroosiorasitukselle ja ne ovat kriittisiä ja herkkiä rakenteellisille virheille. Vuorauksen laatuvirheistä seuraa useimmiten painerungon putkivaurio, jolloin kattilan käyttö joudutaan pysäyttämään korjauksen ajaksi. Jokainen putkivaurio poistaa kattilan tuotannosta vähintään viikoksi. Tällaisesta seisokista johtuvat sähkön myynnin keskeytymisen kustannukset ovat aina sadoissa tuhansissa euroissa. (Pitkänen. 2014)

1.3 Tutkimuksen motivaatio ja tausta

Tutkimuksen motiivina on tilaajayritys AG-Port Oy:n Kaakkois-Aasian liiketoimintojen kasvu ja kasvupotentiaali. Tutkimuksen kirjoitushetkellä yrityksellä on yhteistyötä tai tunnusteluja seuraavissa maissa: Filippiinit, Thaimaa, Indonesia, Malesia ja Etelä-Korea. Yrityksessä on havaittu, että työolosuhteissa näissä maissa on paljon samaa ja niistä on mahdollista tehdä *Kaakkois-Aasian yleistyksiä*. Yrityksessä tiedostetaan, että asennustyön organisoinnissa ja toteuttamisessa Kaakkois-Aasian projekteissa on paljon kehitysmahdollisuuksia.

Tutkimuksen taustalla vaikuttaa pyrkimys toteuttaa tulevaisuuden Kaakkois-Aasian asennusprojekteja mahdollisimman menestyksekkäästi. Tällöin nousee ensiarvoisen tärkeäksi, että asennustyön lopputulos 8000 kilometrin päässä Suomesta saadaan vastamaan Suomessa laadittuja työpiirustuksia. Asennustyö itsessään tulee suorittaa suunnitelmien mukaisesti sekä tehokkaasti, turvallisesti ja laadukkaasti. Työn perusteella muodostettuja suosituksia pyritään myös hyödyntämään mahdollisissa tulevaisuuden projekteissa, joissa asennustyö suoritetaan sellaisissa olosuhteissa jotka ovat rinnastettavissa läheisesti tämän työn asennusolosuhteisiin. Tällaisia olosuhteita esiintyy muun muassa Brasiliassa, Intiassa, Kiinassa ja Venäjällä.

Yritys on toteuttanut 25 vuoden toiminta-aikanaan jo joitakin projekteja Kaakkois-Aasiassa ja Intiassa. Aikaisemmista projekteista, niiden olosuhteista, haasteista ja erityisesti laatuvirheistä ei ole laadittu kuitenkaan sellaisenaan eksplisiittisiä sisäisiä dokumentteja. Tulenkestävien vuorausten toimiala on ollut näiden vuosien aikana voimakkaassa kehityksessä, jota on usein leimannut ”yritys ja erehdys” -tyyppinen murros. Liiketoimintojen yleisesti kansainvälistyessä myös tulenkestävien vuorausten toimitusprosessit ovat muuttuneet yhä globaalimmiksi. Tällä hetkellä toimitusprosessista suunnittelu, sekä suuri osa työkaluista, tarvikkeista ja muoteista toteutetaan tai saadaan Suomesta. Ulkomailta hankitaan pääasiassa materiaaleja. Lisäksi ulkomaille tapahtuvissa projekteissa, erityisesti Kaakkois-Aasian projekteissa asennushenkilöstö hankitaan paikallisesti. Yrityksessä uskotaan, että ulkomaan projektien lopputulos on ollut suunniteltu. Asiakaspalaute kertoo samaa. Toimintaympäristön jatkuvasti muuttuessa on kuitenkin oleellista etsiä myös keinoja järkeistää ja kehittää koko oman toiminnan kenttää. Kaakkois-Aasian projekteissa laadukas, tehokas ja turvallinen asennustyö on nykytilanteessa merkittävä toiminnan kehittämiskohde.

Nykyisessä toimintamallissa asennustyö Kaakkois-Aasiassa toteutetaan sopimusperusteisesti täysin paikallista aliurakoitsijaa käyttäen, AG-Port Oy:n valvojan tai valvoji- en alaisuudessa. Paikallinen aliurakoitsija käyttää omassa toiminnassaan paikallista työjohtoa ja henkilöstöä, jolla ei välttämättä ole merkittävää jos lainkaan ammatillista kokemusta toteutettavasta asennustyöstä. Asennustyön onnistumisen kannalta ihmisten johtaminen ja projektiosaaminen monikulttuurisessa toimintaympäristössä ja haastavissa työolosuhteissa ovat olennaisia tekijöitä. Näitä ominaisuuksia kysytään erityisesti omilta asennusvalvojilta, joiden rooli kyseisissä työkohteissa on osoittautunut olevan paljon muutakin kuin varmistaa asennustyön ja suunnitelmien vastaavuus.

1.4 Tutkimusongelma, tutkimustehtävä ja tutkimuksen ta- voite

Tutkimuksen ongelma, johon työssä pyritään paneutumaan, on että Kaakkois-Aasian olosuhteissa paikallisen yhteistyökumppanin kanssa toimittaessa asennustyön aikana ilmenee ja syntyy jatkuvasti erilaisia asioita ja tekijöitä, jotka pyrkivät viemään toteutus- ta ja haluttua lopputulosta pois alkuperäisistä suunnitelmista. Näitä asioita ja tekijöitä käsitellään tässä työssä laatua heikentävinä niin sanottuina *laatuvirheinä*. Myös tehok- kuus- ja turvallisuusnäkökulmat pyritään sisällyttämään laatuvirheiden käsitteeseen. Tässä työssä kartoitetaan mitä edellä mainitut laatuvirheet ovat ja minkälaisin ratkaisuin niitä voidaan eliminoida. Tämän pohjalta pyritään antamaan suosituksia projektien to- teuttamiseen.

Tutkimusongelmaa lähdetään tutkimaan laajemmalla pääkysymyksellä:

”Mitä laatuvirheitä asennuksessa Kaakkois-Aasian työolosuhteissa esiintyy”

Tutkimusongelmaa tutkitaan lisäksi osakysymyksillä:

”Mikä on laatuvirheiden juurisyy ja mitkä tekijät vievät haluttua asennustyön toteutusta pois suunnitellusta?”

”Miksi, missä ja koska nämä tekijät syntyvät?”

Laatupoikkeaman suuruuteen perustuvalla ajattelulla voidaan havainnollistaa tutkimus- ongelmaa konkreettisemmin:

”Mikäli asennustyön aikaiset laatuvirheet vievät lopputulosta liikaa pois suunnitellusta ja alkuperäisistä työpiirustuksista tällöin kyseessä on, ei hyväksyttävä asennustyön laa- tu.”

Sama asia voidaan ilmaista väittämällä:

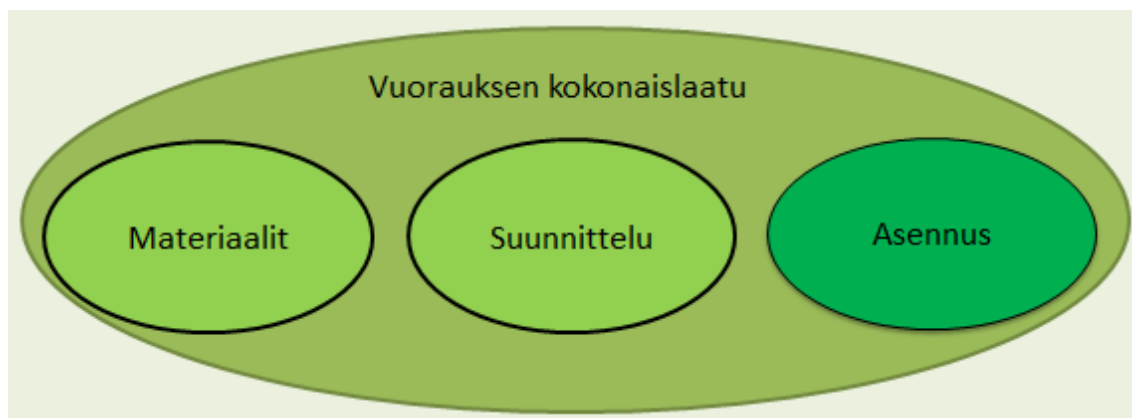
”Mikäli laatuvirheet ovat tunnistettavissa ja eliminoitavissa, todennäköisesti myös hyväksyttävä asennustyön laatu saavutetaan.”

Koska laatuvirheiden käsitteeseen pyritään sisällyttämään myös tehokkuus- ja turvallisuusnäkökulmat, johdattelee ja motivoi se ottamaan huomioon myös tekijöitä ennen asennustyön aloittamista. Ennen asennustyön aloittamista olevilla tekijöillä tarkoitetaan yrityksen niitä prosesseja ja toimintaa jotka johtavat toimitusprosessissa siihen pisteeseen, että asennus voidaan aloittaa. Esimerkiksi ei ole mielekästä ajatella ainoastaan täydellistä asennustyön ja sen tuloksena syntyvän tuotteen (tulenkestävä vuoraus) laatua, eikä ottaa lainkaan huomioon asennustyön toteuttamiseen käytettyä aikaa. Asennus on toimitusprosessissa yrityksen osalta käytännössä viimeinen vaihe sillä tuote syntyy kiinteästi siihen paikkaan jossa asennus toteutetaan. Tätä vaihetta edeltää kuitenkin toimitusprosessissa vaiheita joiden toiminnalla on suoria ja välillisiä vaikutuksia asennukseen. Työssä toimitusprosessi pyritään läpivalaisemaan tavoitteena löytää sieltä lisäksi asennustyön laatuun vaikuttavia tekijöitä. Asennustyön suorien laatuvirheiden lisäksi pyritään siis löytämään epäsuoria toiminnan laatuvirheitä työn lopuksi annettavia suosituksia varten.

Tuleviin projekteihin pyritään yleisien suositusten lisäksi rakentamaan asennustyön osalta oma toimintamalli jota voidaan konkretisoida omana asennuksen tarkastusasiakirjana ja työnohjauskorttina. Yleiset suositukset pyritään siis pitämään ohjeistavina, mutta eräänlaisen työnohjauskortin avulla asennukseen pyritään luomaan normatiivisempaa sisältöä. Motiivina on, että sen puitteissa voidaan käytännön asennustyön laatua mitata siihen integroiduilla varmistimilla ja mittareilla. Näin saadaan ja kerätään tietoa asennustyön kehittämiseksi. Tarkastusasiakirja ja työnohjauskortti lisäksi ohjeistaa toimimaan tietyllä tavalla ja auttaa eliminoimaan mahdollisia laatuvirheitä. Asennustyön laadun ymmärtäminen ja laadunhallinta on myös käytännön liiketoiminnassa vahvuus yritykselle, joka voi edesauttaa tulevaisuudessa positiivisesti projektien tilaajien päätökseen valitusta tulenkestävän vuorauksen toteuttajasta.

1.5 Työn rajaukset

Tutkimuksen puitteissa ei ole tarkoitus rakentaa sellaisenaan valmista laatujärjestelmää yritykselle. Tarkoitus ei ole myöskään keskittyä tilaus-toimitusketjuun vaikka toimitusprosessia työssä käsitelläänkin. Tulokulma työssä on edelleen asennustyön laatuvirheiden kartoittamisessa. Toimitusprosessia hahmottaa Pitkäsen (2010) käyttämä malli, jonka mukaan vuorauksien toteutus, josta myös kokonaislaatu syntyy, voidaan jakaa kolmeen osakokonaisuuteen seuraavasti:



Kuva 1.3. Vuorauksen kokonaislaadun syntyminen (Pitkänen 2010).

Kuvassa 1.3 esitetyt osakokonaisuudet tarkoittavat tarkemmin ilmaistuna:

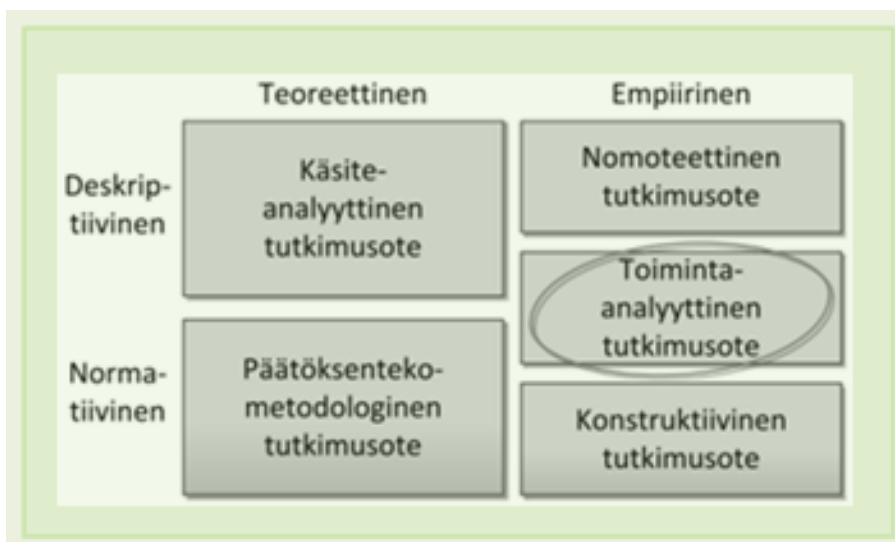
- Materiaalit. Valittujen ja käytettävien tulenkestävien materiaalien tarkoitukseen sopivuus ja soveltuvuus jokaisessa vuorattavassa kattilan kohdassa.
- Suunnittelu. Vuorauksen rakennekonstruktiot ja ratkaisut, jotka määrittelevät halutun lopputuloksen.
- Asennus. Vuorauksen asennustyön toteutus ja laatu suunnittelusta saatavia piirustuksia ja asennusohjeita noudattaen. (Pitkänen. 2010)

Tutkimuksessa pyritään keskittymään asennustyön näkökulmasta vuorauksen toteuttamiseen. Painopiste on erityisesti asennustyön aikaisissa käytännön seikoissa. Materiaalien asennettavuus kuuluu kuitenkin olennaisena osana asennukseen ja se huomioidaan asennustyön näkökulmasta. Materiaalien tulenkestäviin ominaisuuksiin lopullisessa käytössään ei oteta kantaa. Työssä suunnittelun oletetaan tarjoavan validit asennustyön työpiirustukset eikä tähän oteta kantaa. Kuitenkin työpiirustuksien ymmärrettävyys, luettavuus ja niistä tehtävät tulkinnat ovat olennainen osa asennuksen aikaista toimintaa ja tämä huomioidaan myös asennustyön näkökulmasta. Toimitusprosessista samalla tapaa asennustyön näkökulmasta pyritään huomioimaan muita prosessin osia (usein myös prosesseja itsessään) kuten, osa- ja esivalmistus (esim. tarvikkeet ja muotit), logistiikka, varastointi ja käyttöönotto.

Edellistä rajauksellisen täsmällisyyden haastetta voidaan ilmaista myös laadullisessa mielessä. Laatuun liittyy itsessään vahvasti myös jatkuva toiminnan kehittäminen. Virheettömyyttä oleellisempaa on laadun kannalta kuitenkin oikeiden asioiden tekeminen ennaltaehkäisevästi. Tällä on suurempi merkitys yrityksen liiketoiminnalliseen kannattavuuteen.

1.6 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusongelmaan pyritään vastaamaan tutkimusmenetelmällä joka pohjautuu toiminta-analyyttiseen tutkimusotteeseen. Toiminta-analyyttinen tutkimusote nojautuu vahvasti empiriaan sekä on deskriptiivisen ja normatiivisen välillä.



Kuva 1.4. Tutkimusotteiden nelikenttä (mukaillen, Kasanen et al. 1991, s. 317).

Empiirinen tutkimus rakentuu käytännön työhön. Tutkimuksen yleinen tavoite voi olla kuvaileva, kartoittava tai määrittävä (Saunders et al. 2009). Tässä työssä tarkoitus ei ole keskittyä kohteen kuvaamiseen, kuten deskriptiivisemmässä nomoteettisessa tutkimusotteessa. Tarkoitus ei ole myöskään luoda normeja ja konkreettisia toimintamalleja kuinka tulisi toimia, kuten normatiivisessa otteessa. Tämän tutkimuksen tarkoitus on kartoittaa tutkittavaa kohdetta ja luoda ohjeita tai suosituksia, kuten yleensä toiminta-analyttisessä tutkimusotteessa. Toiminta-analyttisen tutkimuksen toimintaympäristö on AG-Port Oy ja tutkimuskohde Kaakkois-Aasian Filippiineillä tapahtuvat kaksi tulenkestävien vuorausten asennusprojektia.

Tutkija kartoittaa kohdeyrityksen kehittämiskohtia ja Kaakkois-Aasian tulenkestävien vuorausten asennuksien laadunparannuksen mahdollisuuksia. Tutkijan pyrkimys on tutkimuksessa muuttaa ja kehittää tutkittavaa kohdetta. Tämä toteutettiin olemalla itse aktiivinen ja osallistumalla asennusprojekteihin. Tutkimusongelmaan vastaamisessa, laadunparannusmahdollisuuksien kartoittaminen ja laatuvirheiden eliminointiratkaisujen esittäminen ovat pääosassa. Toiminta-analyttisen tutkimuksen lisäksi tutkimuksen teemahaastatteluilla kartoitetaan yrityksen nykytilannetta ja etsitään yleisiä sekä asennukseen mahdollisesti heijastuvia kehittämiskohtia.

Tutkimuksen suhde teoriaan on induktiivinen. Teorian pohjalta pyritään löytämään avaimet uusien suosituksien ja toimintatapojen esittämiseksi. Teoriatieto auttaa lisäksi käsittelemään tutkimuskohdetta objektiivisesti.

1.7 Tutkimuksen aineisto

Tutkimuksessa on hyödynnetty tekijän kokemuseräistä tietoa. Kokemusta on kerrytetty tutkimuksen aikana ja muutamia kuukausia ennen tutkimuksen aloittamista. Tekijä on toiminut asennusvalvojana kahdessa tulenkestävän vuorauksen asennusprojektissa Kaakkois-Aasian Filippiineillä tutkimuksen tekemisen ohella. Toimintatutkimus oli olennaisessa osassa laatuvirheiden löytämisessä ja laatuvirheiden eliminoinnissa. Teo-

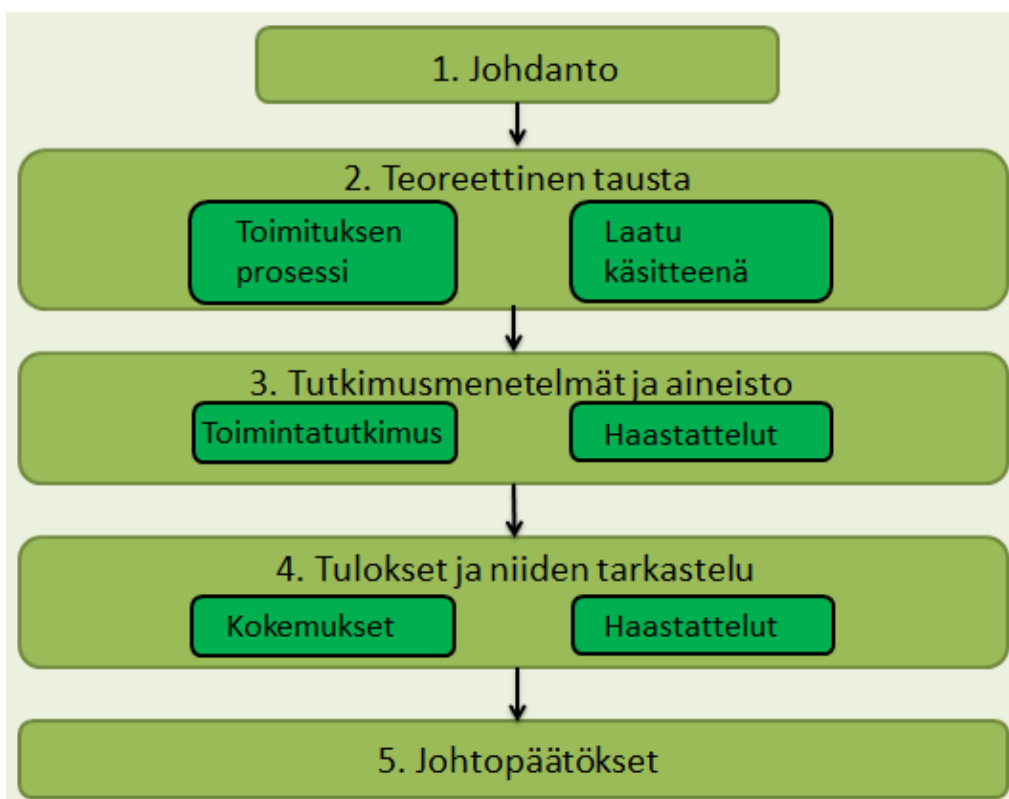
rian ja toimintatutkimuksen perusteella luotiin suosituksia tuleviin Kaakkois-Aasian projekteihin.

Laatuvirheitä tutkija on kartoittanut toimintatutkimuksen aikana eksplisiittiseksi luetteloksi. Luetteloituna ovat lisäksi laatuvirheiden eliminointiratkaisut. Lisäksi tutkimustietoa on kerätty teemahaastatteluin yrityksen toimitusjohtajalta Jorma Pitkäseltä sekä liiketoimintajohtajalta Veli-Matti Niskakankaalta. Kartoituksen pohjustukseksi, sekä niistä tehtävän jäsentelyn ja suositusten tueksi on haettu kirjallisuudesta tietoa, joka käsittelee toimitusprosessia ja laatua.

1.8 Tutkimuksen rakenne

Tutkimus koostuu viidestä luvusta jotka noudattavat tyypillistä tutkimusrakennetta. Ensimmäisenä on johdanto joka perehdyttää tutkimukseen ja jäsentelee sen.

Johdannon jälkeen toisena on tutkimuksen teoreettinen tausta. Sen tarkoitus on luoda pohja käytännön osallistumiselle, sekä myöhemmin tehtävälle kokemuseräisen tiedon ja haastattelujen käsittelylle. Luku on jaettu kahteen alalukuun kuvan 1.5 osoittamalla tavalla.



Kuva 1.5. Tutkimuksen rakenne.

Luvussa kolme esitellään tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen aineisto. Toimintatutkimuksen alaluvussa esitellään käytännön projekteihin osallistumisen aikana kerätty tietoinen. Haastattelut alaluvussa esitellään haastatteluiden aineisto.

Tulokset ja niiden tarkastelu luvussa kerätään yhteen konkreettisesti löydetyt asennustyön laatuvirheet, sekä tutkimuksen aikana syntyneet muut havainnot laatuvirheistä. Lisäksi esitetään tulokset toimitusprosessin läpivalaisun kautta löydetyistä asennustyön laatuun vaikuttavista seikoista. Tutkimus päättyy viimeisessä luvussa suoritettuihin johtopäätöksiin, jossa esitetään tutkimuksen suositukset.

2 TOOREETTINEN TAUSTA

Tässä luvussa esitellään kirjallisuudesta saatu teoria ja muodostetaan tutkimuksen kannalta oleelliset taustatiedot. Toimitusprosessi alaluvussa pyritään ymmärtämään kuinka tuote syntyy ja miten toimitus tapahtuu. Laatu käsitteenä alaluvussa selvitetään laadun määritelmää sekä laatukustannuksia ja -mittareita.

Teoreettinen tausta luvun tarkoitus on muodostaa tutkimuksen teoriakehitys myöhemmin käsiteltävien asioiden taustalle. Teorian tunteminen auttaa ymmärtämään, jäsentämään ja analysoimaan työn empiiristä aineistoa.

2.1 Toimitusprosessi

Toimitusprosessi alaluvussa pyritään ymmärtämään yleisesti kuinka uusi tuote syntyy ja miten toimitus tapahtuu tutkimalla tuotekehitystä tuotteen kehittämisen prosessin teorian kautta, sekä tutkimalla toimitusketjun teoriaa.

2.1.1 Tuotteen kehittäminen

Krishnan & Ulrich (2001) määrittelee uusien tuotteiden kehittämisen (*NPD*) ”markkinamahdollisuuden ja joukon oletuksia tuotteen teknologiasta muuttamisena myytäväksi tuotteeksi”. Se on tietoa ja tietämystä intensiivisesti hyödyntävää työtä (Clark & Fujimoto 1991). Hong et al. (2004) esittää yritysten paremman tuotekehityksen kyvykkyyden olevan peräisin niiden kyvystä luoda, jakaa ja hyödyntää tietämystä perusteellisesti ja läpikotaisin tuotteiden kehitysprosessissa. Ulrich & Eppinger (2008) jakavat tuotekehitysprojektit neljään eri tyyppiin:

- 1) uudet tuotealustat
- 2) johdannaiset olemassa olevista tuotealustoista
- 3) vähittäiset parannukset olemassa oleviin tuotteisiin, ja
- 4) täysin uudet tuotteet.

Uudet tuotealustat kehitysprojektit sisältävät merkittäviä kehitysponnisteluja, jossa luodaan uusi tuoteperhe perustuen uuteen yhteiseen alustaan. Tuotteet on suunnattu tutuille markkinoille. Tuotealusta on tuoteperheen teknologinen perusta ja se palvelee arkkitehtuurisena pohjana joukolle johdannaisia tuotteita. (Meyer et al. 1997). *Johdannaiset olemassa olevista tuotealustoista* kehitysprojektit sen sijaan laajentavat olemassa olevaa tuoteperhettä yhdellä tai useammalla tuotteella. Kehitysprojektilla tavoitellaan myös yhä tuttuja markkinoita (Ulrich & Eppinger 2008). Tuoteperhe voidaan määritellä joukkona lopputuotteita joita yksittäinen yritys tarjoaa, jotka ovat osittain vaihdettavissa vaati-

muksiltaan, sisältävät samanlaisuuksia toiminnallisuudessaan, ja jakavat samoja yhteisiä suunnittelu- ja kokoonpanoprosesseja. (Salvador et al. 2002, Gupta & Krishnan 1998). *Täysin uudet tuotteet* kehitysprojektit sisältävät radikaalisti erilaisten tuotteiden tai valmistusteknologioiden kehitystä ja voivat kohdistua uusille tai tuntemattomille markkinoille. Tällaiset projektit sisältävät yleensä korkean riskin, mutta voivat kuitenkin parantaa pitkän aikavälin menestystä (Ulrich & Eppinger 2008).

Vähittäiset parannukset olemassa oleviin tuotteisiin kehitysprojektit sisältävät olemassa olevien tuotteiden joidenkin ominaisuuksien muuttamista tai ominaisuuksien lisäämistä. Tavoite on pitää tuoteryhmä ajankohtaisena ja kilpailukykyisenä. Tavoite voi olla myös vastata asiakastilauksen perusteella asiakaskohtaisesti varioidulla tuotteella. Tällaisen kehitysprojektin tuotteita kutsutaankin usein systemaattisesti räätälöitäviksi tuotteiksi. Kehitysprosessin vaiheistus saattaa olla hyvin hienojakoinen, tilauskohtaisen informaation kuljettaminen ja käsittely kehitysprosessissa on myös keskeinen haaste (Ulrich & Eppinger 2008).

Huhtala ja Pulkkinen (2009) huomauttavat, että erilaiset tuotteen kehittelyn jaottelut eivät sulje pois sitä mahdollisuutta, ettei esimerkiksi asiakasvarioituva tuote voisi olla esimerkiksi tuotealustaan perustuva. Luokittelun sijaan usein on tärkeämpää tunnistaa se suunta, jota kohti kehityksen tulisi kulkea.

Kehitysprojektit voidaan jakaa kompleksisuutensa mukaan karkeasti pienen ja suuren kokoluokan projekteihin. Mikäli kehitysprojekti voidaan kokonaisuudessaan toteuttaa kasvatusten tyyppisesti, kyseessä on pieni kehitysprojekti. Vastaavasti mikäli kehittäjien määrä ja etäisyydet vaativat eri organisaatiotasojen välistä yhteistyötä tai viestintäteknologiaa kyseessä on suuren kokoluokan kehitysprojekti (Fine 1998). Kehitysprojektiä voidaan hallinnoida *Stage-Gate mallilla*, jolloin kehitysprojekti on ositettu ennalta määrättyihin joukkoihin vaiheita. Jokainen vaihe sisältää joukon tiettyjä rinnakkaisia ja eri tehtäviä yhdistäviä toimintoja. Ennen jokaista vaihetta suoritetaan tarkastus jossa projektin jatkosta päätetään. Vaiheen ratkaisuihin voidaan käyttää nimityksiä sisäänmeno- tai ulostuloportti (Cooper 1994).

Standardi (SFS-EN ISO 9000 2005) korostaa kehitysprojekteihinkin sovellettavissa olevaa yleistä prosessiajattelua joka sisältää sarjan toimenpiteitä, joissa käytetään resursseja muutettaessa panoksia tuotoksiksi. Tuotteen jalostuessa, edellisen prosessin tuotos muodostaa suoraan panoksen seuraavalle prosessille. Toimiakseen vaikuttavasti organisaation on tunnistettava ja johdettava useita toisiinsa liittyviä ja vuorovaikutteisia prosesseja. Organisaation käyttämien prosessien järjestelmällistä tunnistamista ja hallitsemista ja erityisesti näiden prosessien vuorovaikutusten hallintaa kutsutaan *prosessimaiseksi toimintamalliksi*. Standardi kannustaa prosesseihin perustuvien järjestelmien soveltamiseen organisaation toiminnassa.

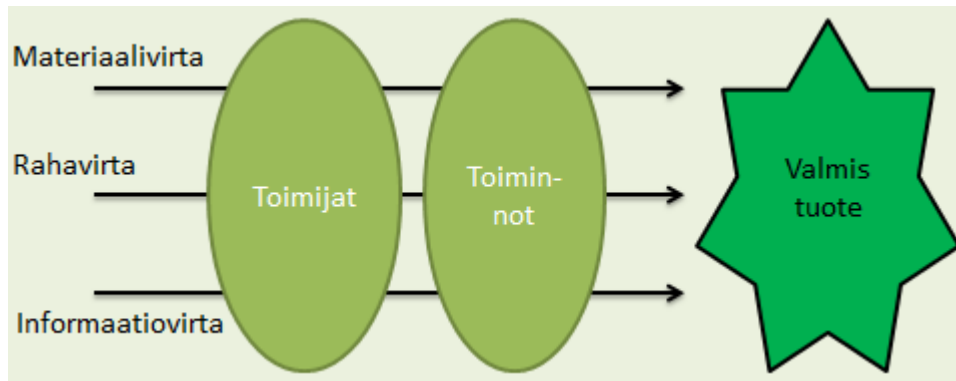
Lohtander (2009) on analysoinut valmistettavuutta uuden tuotteen kehityksessä. Globaalissa tuotannossa kaikki toimijat suunnittelusta valmistukseen voivat olla eri mantereilla. Nykyaikainen tapa suunnitella ja valmistaa tuotteita johtaa tilanteeseen, jossa suunnittelijoiden tietotaito ja ymmärrys valmistuksen osalta väistämättä pienenee, koska valmistus ei ole fyysisesti lähellä suunnittelua. Ongelma voidaan ratkaista valmis-

tusystävällisellä suunnittelulla. Valmistettavuuden näkökulmia listattuna ovat muun muassa:

- osien määrän minimointi
 - monen käyttötarkoituksen luominen yhdelle osalle; toimintojen yhdistäminen
 - materiaalin tarpeen minimointi
 - edullisten materiaalien käyttö
 - tarkkojen toleranssien välttäminen
 - käsittelyvaiheiden minimointi
 - itsepaikoittavien rakenteiden käyttö
 - eri työkalujen määrän minimointi
 - hankalasti käsiteltävien materiaalien tai osien välttäminen
 - helpon kokoonpantavuuden varmistaminen
 - tasoitain yhdestä suunnasta tapahtuva kokoonpano
 - standardiosien ja -komponenttien hyödyntäminen
 - osien suunnittelu siten, ettei väärin asentaminen onnistu
 - erilaisten kiinnittimien tai kiinnityselimien välttäminen
 - symmetrisyyden hyödyntäminen
- (mukaillen, Lohtander 2009).

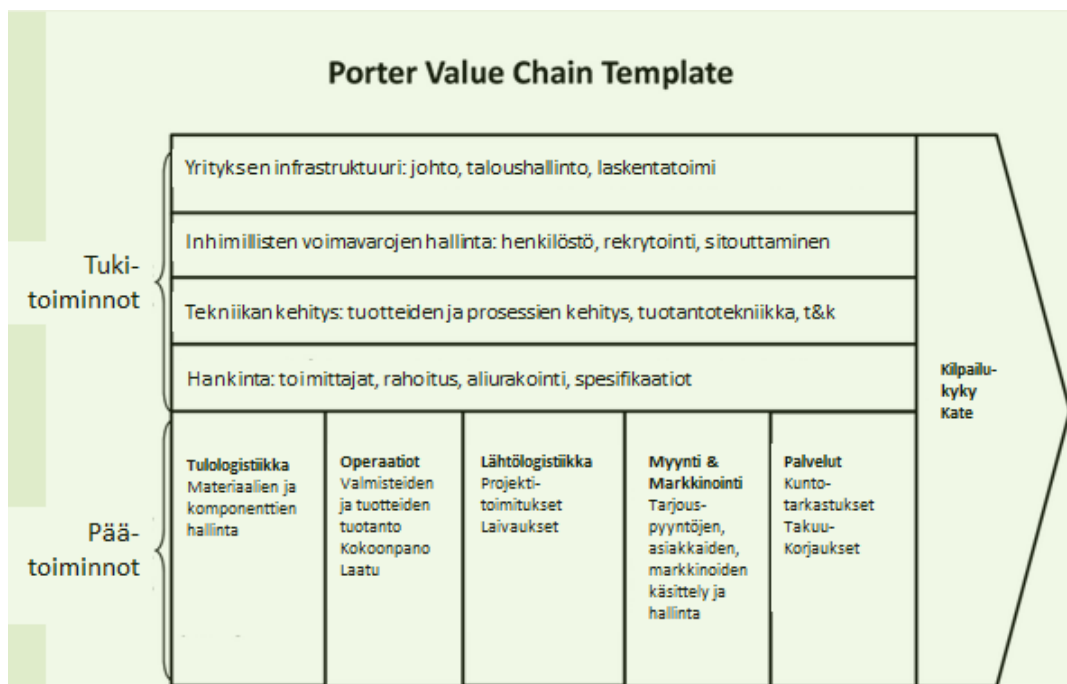
2.1.2 Toimitusketju

Kirjallisuudessa esiintyy aihepiiristä riippuen useita toimitusketjun määritelmiä. Beamonin (1998) mukaan toimitusketju on integroitu prosessi jossa useat toimijat (toimittajat, valmistajat, jakelijat, jälleenmyyjät) työskentelevät yhteisen päämäärän puolesta joka voi olla: (1) hankkia raaka-aineita tai komponentteja, (2) muuttaa näitä raaka-aineita tai komponentteja määritellyiksi lopputuotteiksi, ja (3) toimittaa näitä lopputuotteita jälleenmyyjille. Myöhemmin muut teoriat, muun muassa Lambert & Cooper (2000) sekä Christopher (2011) ovat korostaneet, että kokonaissysteemissä on useita eri toimijoita ja asiakkaita, joten *ketjun* sijaan tulisi käyttää termiä *verkosto*. Mentzer et al. (2001) mukaan toimitusketju on kolmen tai useamman toimijan muodostama kokonaisuus joka vaikuttaa suoraan ylenevästi tai alenevasti tuotteiden, palveluiden, rahojen ja informaation virtoihin lähteestä asiakkaalle. Nagurneyn (2006) mukaan toimitusketju on eri toimijoiden, toimintojen, informaation, materiaalien ja taloudellisten resurssien järjestelmä jossa tuote tai palvelu toimitetaan toimittajilta asiakkaille. Toimitusketjun toiminta muuttaa luonnonvaroja, raaka-aineita ja komponentteja valmiiksi tuotteeksi joka toimitetaan loppukäyttäjälle. Toimitusketju linkittää arvoketjuja yhteen. Nagurneyn määritelmä voidaan kuvata seuraavasti:



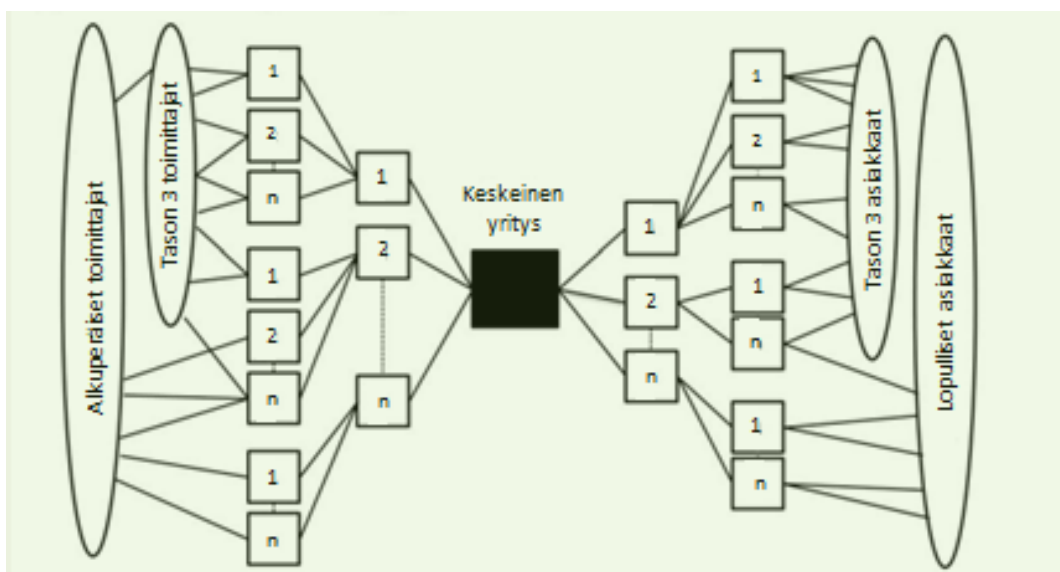
Kuva 2.1. Toimitusketjun määritelmä (mukailen Nagurney 2006).

Porter on esittänyt arvoketjun määritelmän, jota pidetään toimitusketjun taustalla vaikuttavana viitekehysenä (Skjøtt-Larsen et al. 2007). Porter (1985) kuvaa sarjan päätoimintoja jotka lisäävät arvoa yrityksen tuotantotulokseen: tulologistiikka, operaatiot, lähtölogistiikka, markkinointi ja myynti, sekä palvelut. Päätoimintoja tukevat tukitoiminnot: infrastruktuuri, inhimillisten voimavarojen hallinta, tekniikan kehitys sekä hankinnat. Saavuttaakseen kilpailuetua yrityksen täytyy tuottaa lisäarvoa asiakkailleen suorittamalla nämä toiminnot tehokkaammin kuin sen kilpailijat tai suorittaa toiminnot luomalla erikoistumista kilpailijoista. Porterin mallissa painopiste on yrityskeskeinen. Christopher (2011, p. 11) toteaa, että ulkoistamisista johtuen arvoketju ulottuu keskeisen yrityksen rajojen ulkopuolelle ja toimitusketjusta on tullut arvoketju. Näin ollen arvoa ei enää luoda ainoastaan keskeisen yrityksen toimesta verkostossa vaan kaikkien toimijoiden toimesta jotka ovat yhteydessä toisiinsa.



Kuva 2.2. Arvoketjun määritelmä (kohdeyritystä mukailen Porter 1985).

Mentzer et al. (2001) hahmottelevat toimitusketjun monimutkaisuutta. He erottavat toisistaan *suoran toimitusketjun*, *laajennetun toimitusketjun* ja *laajimman toimitusketjun*. Suora toimitusketju koostuu keskeisestä yrityksestä ja sen suorista toimittajista ja asiakkaista. Laajennettu toimitusketju sisältää suorien toimittajien omat toimittajat ja suorien asiakkaiden omat asiakkaat. Laajin toimitusketju käsittää kaikki organisaatiot jotka ovat mukana jollain tasolla tuote-, palvelu-, raha- tai informaatiovirtaa alkuperäisen toimittajan ja lopullisen asiakkaan välillä (Mentzer. 2001). Croxton et al. (2001) huomauttavat, että toimitusketju näyttää erilaiselta riippuen yrityksen sijainnista toimitusketjussa. Lambert et al. (1998) ovat hahmotelleet laajimman toimitusketjun rakennetta kuvan 2.3 mukaisesti:



Kuva 2.3. Toimitusketjun rakenne (mukaillen Lambert et al. 1998)

Mabert & Venkataramanan (1998) esittävät viisi päävaihetta toimitusketjussa. Ensimmäinen vaihe, *hankinta*, sisältää materiaali- ja valmistuskomponenttien hankkimisen myyjien verkostosta, sekä tuotteiden kehittämisen tukitoiminnot osavalmisteiden ja työkalujen suunnittelun ja hankkimisen osalta tuotteen jalostamiseksi. *Tulologistiikka* keskittyy tarvittavien materiaalien ja komponenttien liikuttamiseen ja varastointiin tuotannon mukaisesti. *Tuotanto* pyrkii valmistamaan korkealaatuisia ja kilpailukykyisiä tuotteita. *Lähtölogistiikka* keskittyy valmiiden tuotteiden liikuttamiseen jakeluverkoston kautta loppukäyttäjille globaaleilla markkinoilla. Viimeinen vaihe, *jälkimarkkinapalvelut*, tunnistaa tuotteen tukitarpeet varaosien sekä huolto-, korjaus-, ja asiakaspalveluiden osalta.

2.2 Laatu käsitteenä

Laatu käsitteenä alaluvussa määritellään mitä laatu tarkoittaa, sekä käsitellään laatukustannuksia ja laadun mittaamista.

2.2.1 Laadun määritelmä

Lecklin (2006) mukaan laatua voidaan määritellä monella eri tulkintatavalla riippuen tarkastelun näkökulmasta. Yleisesti laadulla ymmärretään asiakkaan tarpeiden täyttymistä yrityksen kannalta mahdollisimman kannattavalla ja tehokkaalla tavalla. Andersson ja Tikka (1997) toteavat, että käsitys mikä on laadukasta ja hyvää riippuu kysytäänkö sitä tuotteen valmistajalta, myyjältä vai sen ostajalta. Vertailuun perustuvaa laatuarviointia ei siis voida käyttää päätöksenteon pohjana. Oleellista on ymmärtää, että erinomaisuus on abstraktia ja subjektiivista. On tärkeää havaita näkökulma, josta laatua kulloinkin arvioidaan.

Eri näkökulmat voidaan jakaa neljään keskeiseen perspektiiviin seuraavasti:

1. Tuoteominaisuuksiin perustuva laadun määritelmä, jossa laatu perustuu tuotteiden ja palveluiden tason tai toiminnan kannalta keskeisten ominaisuuksien arviointiin.
2. Asiakasmielipiteeseen perustuva laadun määritelmä, jossa laatu perustuu lopullisen arviomiehen eli asiakkaan yksilölliseen käsitykseen siitä, mikä on hyvää ja laadukasta.
3. Arvoperustainen laadun määritelmä, jossa arvo muodostuu laatuun sijoitetun pääoman määrästä (arvo=laatu/hinta).
4. Tuotantoperustainen laadun määritelmä, jossa laadun ajatellaan tarkoittavan yhdenmukaisuutta, samanlaisuutta ja yhtenevyyttä normeihin ja vaatimuksiin, jotka on määritetty käyttäjän ja tuottajan näkemysten pohjalta. (Andersson & Tikka. 1997)

Moisio ja Tuominen (2008) mukaan kilpailukyvyn ylläpitäminen vaatii tuotteiden ja prosessien sekä laadun, ympäristönäkökohtien, työterveyden ja -turvallisuuden jatkuvaa kehittämistä. Jatkuva kehittäminen johtaa johdon, asiakkaan, henkilöstön ja yhteiskunnan luottamukseen siitä, että kaikki sidosryhmien tarpeet ja odotukset tullaan täyttämään laadukkaasti.

Lecklin (2006) mukaan hyvä laatu johtaa virheettömyyden seurauksena, tuotteissa ja toiminnassa, alhaisiin laadukustannuksiin ja merkitsee sen myötä myös kustannustehokkuutta, jonka kautta liiketoiminta on kannattavampaa. Hyvä laatu täyttää asiakkaan tarpeet, vaatimukset ja odotukset ja näiden seurauksena syntyy asiakastyytyväisyyttä. Usein pitkät asiakassuhteet ovat kannattavan liiketoiminnan kannalta tavoiteltavia. Laadun seurauksena asiakkaat luottavat yritykseen ja ovat uskollisia yritykselle sekä viestivät positiivista kuvaa yrityksestä muille potentiaalisille asiakkaille.

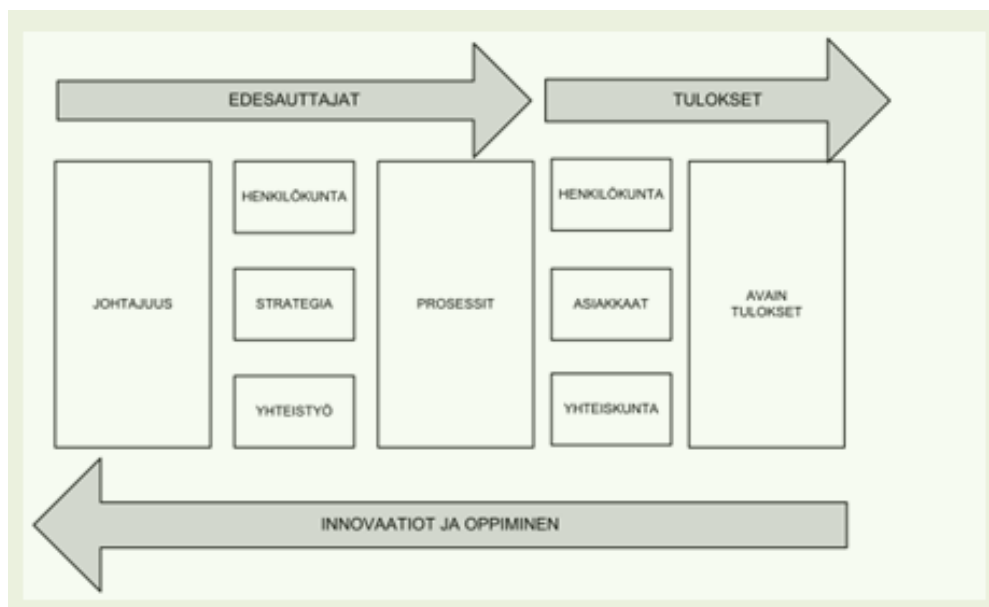
Standardi (SFS-EN ISO 9000 2005) määrittelee kahdeksan laadunhallinnan periaatetta, jotka tähtäävät organisaation entistä parempiin suorituksiin ja muodostavat perustan laadunhallintajärjestelmiä koskeville ISO 9000 -sarjan standardeille, seuraavasti:

1. Asiakaskeskeisyys. Organisaatiot ovat riippuvaisia asiakkaistaan. Tämän vuoksi niiden tulisi ymmärtää asiakkaiden nykyiset ja tulevat tarpeet, täyttää asiakkaiden vaatimukset ja pyrkiä ylittämään asiakkaiden odotukset.
2. Johtajuus. Johtajat määrittelevät organisaation tarkoituksen ja suunnan. Heidän tulisi luoda ja ylläpitää sisäistä ilmapiiriä, jossa henkilöstö voi täysipainoisesti osallistua organisaation tavoitteiden saavuttamiseen.
3. Henkilöstön sitoutuminen. Henkilöstö organisaation eri tasoilla on olennainen osa organisaatiota. Henkilöstön täysipainoinen osallistuminen mahdollistaa kykyjen hyödyntämisen organisaatiossa.
4. Prosessimainen toimintamalli. Haluttu tulos saavutetaan tehokkaammin, kun toimintoja ja niihin liittyviä resursseja johdetaan prosesseina.
5. Järjestelmällinen johtamistapa. Toisiinsa liittyvien prosessien muodostaman järjestelmän tunnistaminen, ymmärtäminen ja johtaminen parantavat organisaation vaikuttavuutta ja tehokkuutta ja auttaa sitä saavuttamaan tavoitteensa.
6. Jatkuva parantaminen. Organisaation pysyvänä tavoitteena tulisi olla kokonaisvaltaisen suorituskyvyn jatkuva parantaminen.
7. Tosiasioihin perustuva päätöksenteko. Vaikuttavat päätökset perustuvat tiedon ja informaation analysointiin.
8. Molempia osapuolia hyödyttävät toimittajasuhteet. Organisaatio ja sen toimittajat ovat riippuvaisia toisistaan ja molempia osapuolia hyödyttävät suhteet lisäävät kummankin osapuolen kykyä tuottaa lisäarvoa (SFS-EN ISO 9000 2005).

Andersson ja Tikka (1997) esittävät erään laatuajattelun tunnetun kansainvälisen kehittäjän Philip Crosby'n näkemyksiä laadusta. Crosby'n laatukäsite pyrkii nollavirhetasoon jolloin asiat tehdään kerralla oikein. Laatu tarkoittaa yhteensopivuutta vaatimusten kanssa. Vaatimukset täytyy esittää selkeästi ja ymmärrettävästi, ja ennen kaikkea mitattavasti. Mittaaminen on vaatimusten ja todellisuuden vertaamista. Laatuongelmat ovatkin todellisuudessa suunnittelu-, tuotanto-, yhteistoiminta- ja mitta-ongelmia. Crosby'n ajatus korostaa, että laatu on ilmaista. Ajatuksen taustalla on se, että asioita ei osata tehdä kerralla oikein. Ongelmissa tulisi keskittyä virheiden välttämiseen, eikä niiden korjaamiseen. Laatukustannus on suoritusindeksi, ja sitä on pystyttävä mittaamaan.

Kontio (2000) mukaan itsearviointi on eräs työkalu yrityksen laatutoiminnan kehittämiseen. Itsearviointiprosessissa käydään läpi organisaation eri osa-alueet. Tutkimuskohteena ovat asiakkaiden ja muiden sidosryhmien tarpeiden, odotusten ja vaatimusten täyttäminen, yrityksen muun toiminnan ohjaus sekä toiminnan tulokset ja päämäärät.

Tavoitteena on luoda kokonaiskuva yrityksen toiminnasta ja määrittää missä prosesseissa olisi yrityksen kannalta keskeisintä onnistua, jotta menestyään liiketoiminnassa. Itsearviointi on myös keino löytää vahvuudet ja ne alueet joissa on eniten parantamisen varaa. Keskeistä on myös kokonaisuuden ja prosessien välisen yhteyden ymmärtäminen.



Kuva 2.4. Itsearviointi (mukailten Kontio)

Lillrank (1998) mukaan laatu on systemaattista ajatustyötä, jossa käsitteellisiä työkaluja käyttäen ja havaintoihin nojautuen määritellään laatu ja sen elementit. Laatu ei ole yleistä filosofiaa, vaan liittyy aina johonkin tuotteeseen tai palvelun asiakkaaseen. Laatua ei synny ilman näihin asioihin liittyvää osaamista. Jos haluaa luoda tai tehdä jotakin hyvää on ensin ymmärrettävä mikä on hyvä, ja sen jälkeen muodostaa mittarit siihen pääsemiseksi. Tämän pohjalta voi miettiä ja testata menetelmiä ja toimenpiteitä.

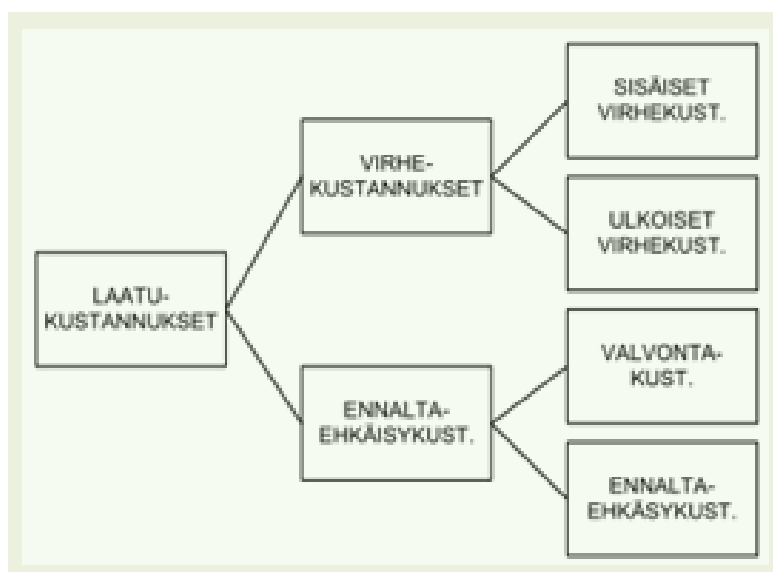
2.2.2 Laatumukautannukset

Juran ja Godrey (1999) esittää, kuten laatuajattelun tunnettu filosofi Juran on aikoinaan vuonna 1951 todennut, että virheiden aiheuttamat kustannukset muodostavat kulta-kaivoksen ja virheiden eliminoimisella voidaan saavuttaa koko organisaation laajuudella merkittäviä kustannussäästöjä. Juranin laatumukautannusten jakoa noudattelee myös Feigenbaumin (1991) esitys laatumukautannusten jakamisesta. Tämän mukaan laatumukautannukset voidaan jaotella yhdenmukaisuuden ja ei-yhdenmukaisuuden kustannuksiin. Yhdenmukaisuuden kustannuksiin kuuluvat ennaltaehkäisykustannukset ja valvontakustannukset eli kustannukset siitä, että tuote on yhdenmukainen asetettujen vaatimusten kanssa. Ei-yhdenmukaisuuden kustannuksiin kuuluvat sisäiset ja ulkoiset virhekustannukset eli laatumukautannuksista aiheutuvat kustannukset.

Ehkäisevän toiminnan kustannukset syntyvät kaikkien niiden toimien aiheuttamista kustannuksista, joiden tarkoituksena on estää vikojen ja virheet syntyminen jalostusket-

jussa. Valvontakustannukset aiheutuvat suoritetuista tarkastuksista, testeistä ja muista suunnitelmallisista arvioinneista sen määrittämiseksi, vastaako tuote sille asetettuja vaatimuksia. Sisäiset virhekustannukset koostuvat sellaisista laatuvirheiden seurauksena syntyvistä kustannuksista, jotka havaitaan ennen tuotteen toimittamista asiakkaalle. Näitä ovat muun muassa hylky sekä uudelleen tekemisestä syntyvät kustannukset. Ulkoiset virhekustannukset ovat asiakkaan tuotteessa havaitsemien puutteiden aiheuttamia menoja. Näitä ovat esimerkiksi takuukorjaukset ja menetetyn maineen vaikutus myyntiin. (Feigenbaum. 1991)

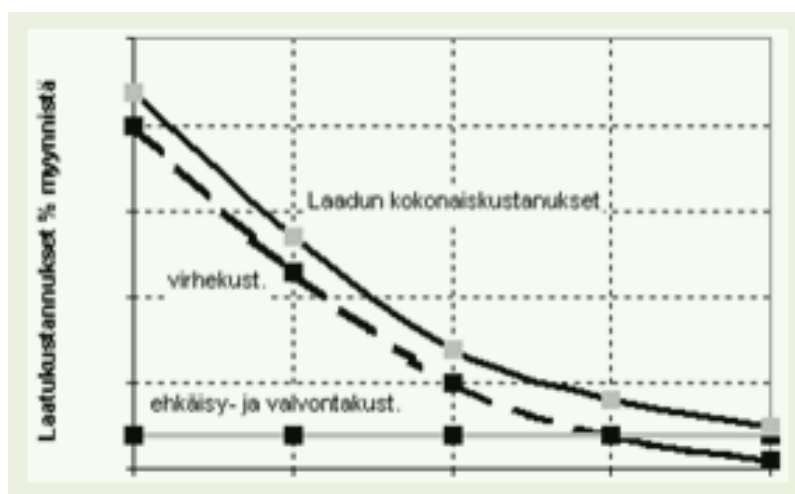
Juran ja Godrey (1999) mukaan sisäisiä laatuksittamuksia ovat huonosta suunnittelusta aiheutuvat kustannukset ja suoranaisista virheistä johtuvat kustannukset. Lecklin (1999) mainitsee sisäisten virhekustannusten aiheuttajiksi muun muassa tuotteiden virhekappaleet, aiheettomat poissaolot, toimittajien huonon laadun, ylityöt/joutoajan sekä ylipäättään virheiden tekemisen. Ulkoisista laatuksittamuksista Lecklin toteaa, että ulkoiset virheet ovat yrityksen kannalta kaikkein vahingollisimpia. Ulkoinen laatuksittamatus syntyy kun prosessin laadunvarmistus on pettänyt, laatuvirhe on päässyt asiakkaalle ja asiakkaan havaitsema virhe tai laaduttomuus korjataan. Mitä myöhemmin poikkeamat havaitaan, sen korkeammiksi kustannukset kasvavat. Tyypillisiä ulkoisia laatuksittamatusia ovat takuukustannukset, vahingonkorvaukset, myöhästymissakot ja valitusten käsittelykustannukset. Ne vaikuttavat vahingollisesti yrityksen imagoon ja sitä kautta asiakkaiden kiinnostavuuteen yrityksestä. (Lecklin. 2006)



Kuva 2.5 Laatuksittamatusien jakautuminen (mukaillen Andersson & Tikka. 1997)

Ennaltaehkäisykustannuksiin liittyen Lecklin (2006) toteaa, että tyypillisiä ennakointimenetelmiä ovat suunnittelu, kehittäminen ja koulutus. Suuntaamalla resurssit näihin toimintoihin, voidaan laadun tarkastusta ja ylläpitoa vähentää. Ehkäisykustannuksia aiheutuu laatuksittamatuskoulutuksesta, toiminnan suunnittelusta ja henkilöstön perehdytyksestä ja ylläpidosta. Kustannukset maksavat itsensä takaisin vähentyneinä virheinä.

Sippola (1997) esittää laadun kehitysprosessia laatukustannusmallilla, joka edellyttää laatukypsyysvaiheiden läpikäymistä ja laadun syvällistä omaksumista organisaatiossa.



Kuva 2.6. Laatukustannusmalli (Sippola 1997).

Malli pohjautuu ajatukseen, että lisääntyvä laatu ei välttämättä maksa mitään, kun se viedään prosessiin ja lähdetään siitä, että laadun tekeminen on myös asennekysymys. Valvontakustannukset säilyttävät tasonsa, kun laadun mittaamiseen ja valvontaan liittyvät investoinnit ja asetukset on tehty (Sippola. 1997).

2.2.3 Laadun mittaaminen

Nurmi (1999) korostaa mittaamisen merkitystä, mitä et mittaa, et voi verrata. Jos et vertaa, et voi kehittää. Mittaamisella tarkoitetaan sitä tiedon keräämistä ja analysointia, joka edistää yrityksen toiminnan laatua ja sen kehittämistä. Mittauksia ja analysointeja tulee tehdä sekä taaksepäin katsovilla tulostittareilla että eteenpäin katsovilla seurantamittareilla.

Moisio ja Tuominen (2008) mukaan laadunhallinta on usein vaihtelun hallintaa. Prosessista mitataan asioita sen mukaan, mitä halutaan tietää. Mittaamisesta ja mittareista saatavat hyödyt voidaan listata seuraavasti:

1. Mittaaminen auttaa ohjaamaan ihmisten toimintaa.
2. Mittaaminen tukee toiminnan suunnittelua.
3. Mittarien avulla voidaan seurata onnistumista ja edistystä.
4. Mittarit auttavat havaitsemaan ja tunnistamaan ongelmia, sekä korjaamaan niitä.
5. Mittarien avulla saadaan vertailupohjaa ja voidaan arvioida muutosten vaikutuksia.
6. Mittaamisen hyötynä on analysoinnin kautta tapahtuva oppiminen.
7. Mittarit ovat viestinnän väline ja niiden avulla asetetaan tavoitteita ja päämääriä.

(Moisio & Tuominen. 2008)

3 TUTKIMUSMENETELMÄT JA AINEISTO

Tässä kappaleessa kuvataan tutkimuksessa käytetyt menetelmät ja aineisto. Tutkimuksen menetelminä käytettiin toimintatutkimukseen pohjautuvaa tutkimusotetta sekä täydentäviä teemahaastatteluja. Kokonaisvaltaisen toimintatutkimuksen toteuttaminen sisältäisi työn tuloksina saatujen suositusten seuranta ja niiden vaikuttavuuden arviointia, joita ei kaikkien toimintatutkimuksen ratkaisujen osalta ollut aikataulullisissa puitteissa mahdollista toteuttaa. Tämän seurauksena käytännön osallistumisen tutkimusmenetelmää kuvataan toimintatutkimukseen pohjautuvana tai luonteeltaan toimintatutkimuksen tyyppisenä.

3.1 Toimintatutkimus

Toimintatutkimus on tapa tutkia jotakin ajatusta käytännössä tarkoituksella muuttaa tai kehittää jotakin, saada tilanteessa aikaan todellista muutosta. Se on prosessi, joka tähtää asioiden muuttamiseen ja kehittämiseen entistä paremmiksi. Toiminnan kehittäminen ymmärretään tällöin jatkuvaksi prosessiksi, joka ei pääty esimerkiksi entistä parempaan toimintatapaan. Toimintatutkimuksen tarkoituksena on kehittää uusia taitoja tai uutta lähestymistapaa johonkin tiettyyn asiaan sekä ratkaista ongelmia, joilla on suora yhteys johonkin käytännölliseen toimintaan. Toimintatutkimus on ryhmien ja yksilöiden omaa systemaattista tutkimusta niistä toimenpiteistä, joilla he muuttavat ja kehittävät kohteena olevaa käytäntöä sekä keinoista, joilla he itse reagoivat toimenpiteiden vaikutuksiin. (Kemmis & al. 1988)

3.1.1 Toimintatutkimuksen teoria ja vaiheet

Toimintatutkimuksen prosessi etenee teorian (Heikkinen & Jyrkämä. 1999) mukaan siten, että tutkimuksen aluksi kartoitetaan nykytilannetta ja selvitetään tutkimukseen vaikuttavia lähtökohtia. Kartoituksen pohjalta ideoidaan tutkimuksen toimintamalli eli vaikuttamisohjelma. Toteutetaan niin sanottuja interventioita eli vaikuttavia toimenpiteitä. seurataan ja havainnoidaan niiden vaikutuksia. Niin sanottu evaluaatio merkitsee erityistä toiminnan vaikuttavuuden arviointia.

Interventiolla tarkoitetaan kohdeorganisaatiossa tehtävää muutosta, jolla pyritään avaamaan uusia näkökulmia organisaation toimintatapoihin. Interventiolla ei sinänsä siis välttämättä uskota saavutettavan esimerkiksi toiminnan tehostumista tai parantumista vaan tuloksena voi olla myös uusi tapa ajatella, jonka tehty muutos mahdollistaa purkaessaan tottumukseksi muodostuneita ajattelu- ja toimintamalleja. Toimintatutkimuksen vaiheet ovat Kuulan (1999) mukaan:

1. Määritellään ongelma tai asetetaan tavoitteet. Mikä tarvitsee kehittämistä tai minkälaisen tulisi olla uuden ratkaisun?
2. Tehdään katsaus kirjallisuuteen tai muuhun lähdemateriaaliin, jotta voidaan todeta, onko aiemmin kohdattu samantyyppisiä ongelmia tai saavutettu kuvattun kaltaisia tavoitteita.
3. Määritellään testattavat ongelmat tai lähestymistavat selvästi, tarkasti ja käytännöllisesti.
4. Suunnitellaan toimintatutkimuksen asetelma ja määritellään tarvittavat prosessit ja olosuhteet. Millaisia ovat ne erityiset seikat, joita tutkimusprosessissa tulee toteuttaa, jotta tavoitteet saavutetaan?
5. Määritellään arviointikriteerit, mittausmenetelmät ja muut tarvittavat palautteen saamisen muodot.
6. Analysoidaan koottu tietoaines ja evaluoidaan tulokset.

Toimintatutkimus on ymmärrettävä - ei varsinaisena menetelmänä - vaan tutkimuksellisenä lähestymistapana, tutkimusorientaationa tai -strategiana, jossa hyödynnetään erilaisia kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen tutkimuksen menetelmiä. Sitä voidaan pitää myös teknologiana tai eettis-moraalisena lähestymistapana. Sille ei ole olemassa yksiselitteistä ja kaikkien hyväksymää määritelmää eikä sitä voi erottaa siinä käytettyjen tutkimus-tekniikkojen perusteella, koska ne vaihtelevat. (Kuula 1999, 218)

Tässä työssä toimintatutkimuksen runko muodostuu Kuulan (1999) esittämiä vaiheita mukaillen:

1. Toimintatutkimuksen ongelman määrittely: ongelma on analoginen työn johdannossa esitetyn tutkimusongelman kanssa: *”Mitä laatuvirheitä asennuksessa Kaakkois-Aasian työolosuhteissa esiintyy”*
2. Muuhun lähdemateriaaliin tutustuminen: selvennetään tutkimuksen lähtökohtia tutkimalla toimitusprosessin teoriaa ja laadun teoriaa.
3. Testattavien ongelmien määrittely: määritellään testattavat ongelmat jotka ovat tässä tutkimuksessa kartoitettuja ja valittuja *asennustyön laatuvirheitä*.
4. Suunnitellaan toimintatutkimuksen asetelma: määritellään seikat joilla tavoitteet saavutetaan eli määritellään ratkaisut ja toimenpiteet valittujen *asennustyön laatuvirheiden eliminoinmiseksi*.
5. Määritellään arviointikriteerit ja mittausmenetelmät ja muut tarvittavat palautteen saamisen muodot: määritellään *eliminointiratkaisujen* arviointitavat.
6. Analysoidaan koottu tietoaines ja evaluoidaan tulokset: arvioidaan *eliminointiratkaisujen* onnistuminen.

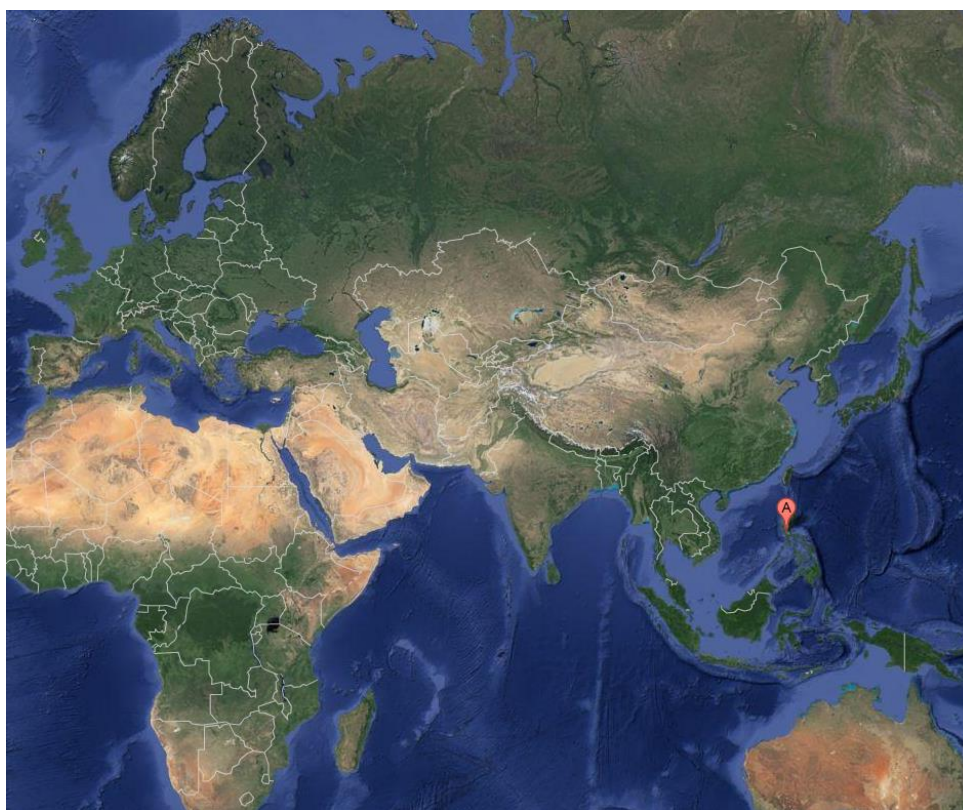
Toimintatutkimus toteutettiin osallistumalla konkreettisesti kahteen tulenkestävän vuorauksen asennusprojektiin Filippiineillä. Alun perin tutkijan osallistumisen pituudesta ei ollut tarkkaa määrittystä. Tähän vaikuttavia seikkoja olivat:

- toimintatutkimuksen ja normaalin työnkuvan toteuttamisen onnistuminen kohteessa
- projektin edistyminen kohteessa
- mahdolliset jatko projektit kohteessa
- tutkijan muut mahdolliset osallistumiseen vaikuttavat seikat projektin ulkopuolella

Seuraavassa kappaleessa pohjustetaan toimintatutkimuksen toteutus.

3.1.2 Toimintatutkimuksen pohjustus

Työnkuvassa tutkijan oli toimittava täysipäiväisenä asennusvalvojana uuden kierto-leijukattilan tulenkestävän vuorauksen asennuksessa Petronin öljynjalostamon yhteydessä, Limayssa, Bataanin maakunnassa, Filippiineillä.



Kuva 3.1. Toimintatutkimuksen toteutuksen sijainti (Google Maps).

Toimintatutkimuksen toteuttamisen kannalta merkityksellinen asennusvalvojan työnkuvan oppiminen tapahtui suhteellisen nopeasti. Oppimisen kannalta ensiarvoisen tärkeää alussa olivat:

- Suomessa saatu aikaisempi kokemus vastaavantyyppisen, mutta huomattavasti pienemmän kokoluokan projektin toteuttamisesta.
- Tutkijan oma motivaatio ja oppimisintressi.
- Intensiivinen vuorovaikutus työympäristön kanssa ja ulkopuolisten tekijöiden lähes kokonaisvaltainen sulkeminen.

Työnkuvan oppimisen seurauksena tutkija osallistui myös toiseen käytännössä analogiseen tulenkestävän vuorauksen asennusprojektiin joka toteutettiin samassa kohteessa. Lopulta tutkimuksen aktiiviseksi osallistumisjaksoksi voidaan laskea noin kuusi kuu-kautta. Toiseen projektiin osallistuminen oli toimintatutkimuksen toteuttamisen kannalta palkitsevaa, sillä tässä ensimmäisestä projektista kartoitettuihin laatuvirheisiin pystyttiin puuttumaan heti projektin alussa laatimalla toimenpiteitä eli interventioita. Toimenpiteiden eliminointiratkaisuille pystyttiin määrittämään selkeämmät arviointikriteerit ja pääasiassa myös toteuttamaan onnistumisen arvioinnit.

Aivan alussa tutkimusongelmaa lähestyttiin tässä työssä esitetystä hieman poikkeavasti *”tulenkestävän vuorauksen toteuttaminen Kaakkois-Aasian olosuhteissa suunnittelun määräävästi”*, joka tarkentui lähes itseohjautuvasti laatuvirheiden kartoittamiseen. Erityisesti tutkimusongelman osakysymykset *”Mikä on laatuvirheiden juurisyy ja mitkä tekijät vievät haluttua asennustyön toteutusta pois suunnitellusta?”* ja *”Miksi, missä ja koska nämä tekijät syntyvät?”* olivat päivittäisenä apuna.

Laatuvirheiden syntymisessä tekijöiden pääasiallinen nimittäjä oli käytetty paikallinen aliurakoitsija omalla toiminnallaan tai toimimattomuudellaan. Yrityksen aikaisemmista Kaakkois-Aasian projekteista saatujen tietojen perusteella oli tiedossa, että toimintaympäristö on haastavampi kuin esimerkiksi eurooppalaisin standardeihin verrattuna. Käytännön asennuksessa tämä näkyi erityisesti paikallisten työntekijöiden täysin erilaisena toimintakulttuurina ja ammatillisen johtamisen ja osaamisen puutteena. Asennusvalvojan roolissa olennaista on valvojan kyky sisäistää oma henkilökohtainen työnkuva osana tulenkestävän vuorauksen kokonaistoimitusta projektin ja suunnitellun tuotteen toteutuksen varmentajana. Toimintaympäristöstä johtuvista seikoista roolissa joutui kuitenkin usein tasapainottelemaan tämän *status quon* sekä muiden ylimääräisten tekijöiden kanssa.

Tutkijan konkreettisen osallistumisen aikana kartoitetut laatuvirheet voidaan jakaa kahteen kategoriaan; (1) asennustyön yleinen organisointi ja toimintaympäristö, sekä (2) konkreettisiin epäkohtiin ja virheisiin puuttuminen. Toimintatutkimuksen vaiheista *testattavien ongelmien määrittely* sisälsi siis suorat tekemisestä johtuvat laatuvirheet sekä kattavammin yleisestä toiminnasta johtuvat laatuvirheet.

3.1.3 Asennustyön toimintaympäristöstä syntyvät laatuvirheet

Tässä kappaleessa esitetään asennustyön toimintaympäristöstä ja yleisestä organisoinnista kartoitetut laatuvirheet. Tällaisia laatuvirheitä ovat vallitsevasta toimintaympäristöstä, paikallisen alihankkijan toimintakulttuurista ja -tavoista sekä asennustyön yleisestä johtamisesta ja organisoinnista johtuvat usein epäsuorat ja välilliset tekijät jotka pyrkivät viemään asennustyön toteutusta pois suunnitellusta, laskemaan asennustyön joutuisuutta tai heikentämään turvallisuutta. (katso taulukko 3.1).

Taulukko 3.1. Luettelo asennustyön toimintaympäristöstä kartoitetuista laatuvirheistä.

Ongelma/laatuvirhe

työntekijöiden ammatillinen osaaminen kapeakärkistä

alihankkijan oman työnjohdon näennäinen organisointi ja vastuunotto, sekä olematon, hidas tai näennäinen reagoiminen epäkohtiin ja ongelmiin

alihankintaorganisaation ja työntekijöiden haluttomuus kehittää itseään ja organisaatiota

työnjohdon ja -tekijöiden poissaolot ja katoamiset

ajoittainen työntekijöiden valehtelu, varastelu ja jälkien peittely

työntekijöiden heikko vastuu työkaluista ja materiaaleista

työntekijöiden heikko kielitaito, ohjeiden ymmärtäminen ja sisäinen kommunikointi

alihankkijan jäykkä, kaverisuhteisiin nojautuva ja kehittymistä vastustava hierarkia sekä sisäpiirien ulkopuolisten syrjintä

Ongelma *työntekijöiden ammatillinen osaaminen kapeakärkistä* näkyi alihankkijan asennustyön aikaisessa toiminnassa hyvin nopeasti kun parempi käsitys työntekijöistä yksilöinä alkoi muodostua. Alihankkija käytti projektin aikana yhteensä yli sataa työntekijää. Työntekijöitä joille oli muodostunut aikaisemman kokemuksen ja käynnissä olevan projektin aikana tapahtuneen oppimisen kautta selkeä ammatillinen osaaminen tulenkestävien vuorauksien asentamiseen oli arviolta kymmenkunta. Nämä henkilöt toimivat tai siirtyivät toimimaan yleensä nokkamiehinä tai ryhmänjohtajina (*skilled man, leading hand*) ja vastasivat ryhmän työpanoksesta ja edistymisestä valvontahenkilöstön kanssa sovittujen ohjeiden mukaisesti. Ongelmia syntyi, mikäli kyseinen henkilö oli poissa tai häntä tarvittiin joustavasti jonkin muun asennustyön työtehtävän parissa. Osissa ryhmiä toiminta lamaantui kokonaan kun henkilö joka oli vastannut ryhmän sisäisestä organisoinnista ja toteutettavasta työstä ei ollut paikalla. Osissa ryhmiä toiminta saatiin jollain tasolla jatkumaan valvontahenkilöstön tuen myötä. Näissä ryhmissä usein apuna oli se, että ryhmästä löytyi henkilö joka oli sisäistänyt asennustyön työvaiheita ja pystyi ottamaan vastuuta toteutettavasta työstä. Nämä henkilöt eivät kuitenkaan halunneet ottaa väliaikaisesti selkeätä ryhmän organisoijan roolia, sillä tämä olisi ollut vastoin vakiintunutta ryhmähierarkiaa.

Toimenpiteinä kapeakärkisyyden ongelmaan sen eliminoimiseksi, selvitettiin ja listattiin henkilöitä joilla oli enemmän ammatillista osaamista ja tiettyjä ominaisuuksia kuten oma-aloitteisuutta, ongelmanratkaisukykyä, kommunikointitaitoja. Näille henkilöille annettiin enemmän vastuuta ja mahdollisuuksia toteuttaa työtehtäviä ryhmänä jota henkilö yhteisesti sovittuna organisoi. Toimenpiteen arviointikriteereinä olivat kasvanut asennustyön joustavuus ja vähentynyt riippuvuus pienestä joukosta avainhenkilöitä. Järjestelyllä onnistuttiin kasvattamaan henkilöiden määrää jotka osasivat ottaa tarvittaessa vastuuta tehtävän toteuttamiseksi ja suoriutuisivat siitä. Poissaolojen merkitys pienentyi ja hetkellisten työtehtävien suorittamiseen pystyttiin muodostamaan uusia iskuryhmiä jotka voitiin purkaa ja palauttaa normaaliin päiväjärjestykseen tehtävän suorittamisen jälkeen. Järjestely aiheutti kuitenkin jossain määrin uusia ongelmia, sillä alihankkijan henkilöstön sisäiset hierarkiat, kaverisuhteet ja sisäpiirit olivat selkeitä, ja uudet järjeste-

lyt sohiivat vakiintunutta systeemidynamiikkaa aiheuttaen myös ajoittain sisäisiä jännitteitä.

Ongelma *työnjohdon näennäinen organisointi ja vastuunotto, sekä olematon, hidas tai näennäinen reagoiminen epäkohtiin ja ongelmiin* on havaittu ja esitetty selkeästi länsimaalaisesta näkökulmasta. Alihankkijan työnjohdon toiminnassa näkyi se koulutustaso jonka he ovat saaneet sekä ympäristö jossa ovat toimineet ja oppimaansa soveltaneet. Käytännössä alihankkijalla oli kaksi insinöörin koulutuksen saanutta työnjohtajaa kummankin toimintatutkimuksen projektin ajan. Kummassakin projektissa, kun projektin vaihe oli puhtaasti asennukseen keskittyvä, asennuksessa siirryttiin kahteen vuoroon joissa kummassakin toimi yksi alihankkijan työnjohtaja ja yksi suomalainen asennusvalvoja. Toinen työnjohtaja omaksui nopeasti suunnitelmat ja asennustyön suorittamisen teorian tasolla, hän tuli hyvin toimeen työntekijöiden sekä omien esimiestensä kanssa. Hän oli mukava ja pidetty henkilö organisaation sisäpiirissä ja työntekijöihin verrattuna hyvin tasavertainen sekä työmaalla että työmaan ulkopuolella. Puutteena hänessä näkyi se, että hän oli kokematon, arka, sekä käytännön työn suhteen ammattitaidoton, hän vältteli haastavia tilanteita ja kohtaamisia työmaalla eikä puuttunut itsenäisesti ja määrätietoisesti havaitsemiinsa epäkohtiin käytännön asennuksessa. Lisäksi hän oli usein poissa varoittamatta, erityisesti viikon alkupuolella. Toinen työnjohtaja oli kokenut ja johti työntekijöitä usein edestä ottamalla vahvasti osaa jonkin asennusvaiheen tai -alueen työtehtävien käytännön osuuteen. Hän ohjasi työntekijöiden tekemistä ja pyysi ohjeita valvontahenkilöstöltä jos asennusvaihe oli epäselvä, hän myös kertoi omat mielipiteensä asioista ja pyrki rakentamaan analyysia toiminnasta käytännön tasolla. Organisaatiossa hän ei kuulunut sisäpiireihin, hän oli luonut luonnollisemman esimiesalaisuuden ja nojautui selkeämmin asemaansa vahvana käytännön tilanteiden isännöijänä. Vastaavalla tavalla hän oli myös paljon poissa työmaalta. Työnjohto ei projektien aikana missään vaiheessa pyrkinyt toimimaan reaaliaikaisesti työntekijöiden ja työtehtävien tarpeiden yhteensovittamiseksi suunnittelemalla, koordinoimalla ja optimoimalla toimintaa päivittäistasolla. Organisointi ja vastuunotto työn toteutuksesta olivat usein näennäistä sillä työnjohtajat eivät tehneet lainkaan isoja päätöksiä saati olleet omalle organisaatiolleen vastuussa työn etenemisestä, työntekijöiden virheiden ja työn kustannuksien minimoimisesta. Tämä johtui osin koko alihankkijan liiketoiminnallisesta *laissez-faire* asenteesta ”antaa asioiden mennä omaa rataansa, maailmakin pyörii itsekseen” joka heijastui käytännön tasolla työnjohdon ja työntekijöiden motivaation *puutteena kehittää itseään tai organisaation toimintaa* sen enempää kuin työtavoitteiden saavuttaminen vähimmillään vaatii.

Toimenpiteenä näennäisen organisoinnin ja vastuunoton, sekä epäkohtiin reagoimattomuuden ongelman eliminoimiseksi työnjohtoa yritettiin kannustaa ja saada yhteistyössä mukaan kehittämään päivittäistä tavoitteellisempaa ja suunnitelmallisempaa toimintaa, tehostamalla sekä järjeistämällä työnhajausta. Sisäänjuurtuneita asenteita ja toimintatapoja ei kuitenkaan saatu poistumaan ja oma-aloitteinen työnjohto säilyi aiheettomalla ylätasolla joka saattoi näyttäytyä riittävänä ainoastaan asennustyön rauhallisen ja alhaisen kuormituksen aikaisina vaiheina. Normaalin tai korkean kuormituksen

aikana ongelman suhteen päädyttiin tiettyyn välitilaan jossa valvontahenkilöstö otti työnjohtotyön harteilleen kun tarvittiin selkeitä toimia tai ratkaisuja asennustyön vaiheisiin tai tehokkuuteen sekä työntekijöiden organisointiin ja ohjaamiseen. Alihankkijan työnjohtajat saattoivat toimia kuitenkin onnistuneesti valvontahenkilöstön laatimien suunnitelmien jalkauttajina auttaen viemään toimia ja ratkaisuja työntekijätasolle.

Ongelma *työnjohdon ja -tekijöiden poissaolot ja katoamiset* havaittiin nopeasti ja se vaikeutti luonnollisesti asennustyön aikaista toimintaa. Yleisellä tasolla työnjohtajien, nokkamiehien, osaavien työntekijöiden ja tiettyjen erikoistehtävien suorittajien poissaolot vaikeuttivat eniten asennustyön sujuvuutta ja tehokkuutta. Yksittäisissä kriittisissä tilanteissa työn etenemiseksi saattoi poissaoloista tai katoamisista johtuen esimerkiksi tulitöitä tai trukin kuljettamisia suorittaa henkilö jolla ei ollut tähän varsinaista pätevyyttä tai lupaa. Toimenpiteenä poissaolojen eliminoimiseksi otettiin käytäntöön nimenhuuto ja nimilista jolla poissaoloja seurattiin. Alihankkijan kanssa sovittiin, että kaikki allekirjoittavat sopimuksen jossa he sitoutuvat projektiin ja poissaoloista tuli sopia ilmoitusluonteisesti etukäteen. Toimenpiteen arviointitavoiksi määriteltiin se, että vähentyivätkö poissaolot ja katoamiset, sekä oliko seuraavan päivän henkilöstö tiedossa jo edellisenä päivänä jolloin mahdollisiin avainhenkilöiden poissaoloihin pystyttiin reagoimaan ajoissa. Tuloksena toimenpide vähensi niin sanottuja mysteerikatoamisia ja toimi yleisenä herätteenä työntekijöille, että työhön ja toimintaan suhtaudutaan ammattimaisesti. Lisäksi käytännössä pystyttiin tekemään tiettyjä etukäteisjärjestelyjä, mikäli tiedettiin jonkun avainhenkilön olevan poissa.

Havaitut ongelmat *ajoittainen työntekijöiden valehtelu, varastelu ja jälkien peittely sekä heikko vastuu työkaluista ja materiaaleista* esiintyivät tasaisen satunnaisesti kummankin projektin aikana. Valehtelua esiintyi pääasiassa kun työntekijät yrittivät salata työtehtävien tekemättömyyttä tai vierittää konkreettisia virheitä jonkun muun henkilön tai tahon niskaan. Esimerkiksi kerran eräs nokkamies valehteli saaneensa ohjeet pääuraakoitsijan valvojalta suorittaa väärään aikaan eräs asennustyön vaihe ja jota selviteltiin isommassakin mittakaavassa, koska ajoittain pääurakoitsija pyrki käyttämään määrääntävaltaa myös ohi komentoketjun. Konkreettisin esimerkki varastelusta oli kun työmaalta oli vähitellen kadonneet kaikki rullamitat. Uusien mittojen ostamisen jälkeen seuraavana päivänä niistäkin oli hävinnyt noin puolet. Eräs työntekijä oli kadottanut valvontahenkilöstöltä lainaamansa otsalampun seuraavaan päivään saavuttaessa, myös ruuvauskärkiä kului poikkeuksellisen paljon juuri seuraavina päivinä kun niitä oli ostettu lisää. Vastuu työkaluista ja materiaaleista oli usein näennäistä. Esimerkiksi tulenkestävien massojen suojaaminen sateen varalta saattoi unohtua usein vuoron päättyessä tai tehtävä oli tehty vain osittain. Työkalujen osalta näennäinen vastuu näkyi esimerkiksi hitaana reagointina korjausta tai huoltoa tarvitseviin työkaluihin. Mikäli jokin työkalu puuttui, ei toiminut tai vaati huoltoa tai osien vaihtoa, antoi se työntekijöille hyvän tilaisuuden käyskennellä joutilaana asennuksessa, kun selitykselle oli konkreettinen totuus pohja. Usein valvontahenkilöstö joutui huolehtimaan työkalujen välittömästä siirtämisestä alihankkijan korjaukseen ja huoltoon erikoistuneiden henkilöiden hoteisiin. Ajoittain huolto toimi niin kuin sen kuuluikin, ajoittain huoltoa vaivasi *mitään ei ole tehtävissä* -

asenne. Sama asenne näkyi yleisestikin, kun työntekijät väittivät joidenkin tarvikkeiden tai materiaalien olevan loppuneen ja todellisuudessa kukaan ei ollut edes tarkistanut kunnolla työympäristöä, ja josta kyseiset tarvikkeet tai materiaalit usein myös löytyivät.

Toimenpiteinä ongelmiin *ajoittainen työntekijöiden valehtelu, varastelu ja jälkien peittäminen sekä heikko vastuu työkaluista ja materiaaleista* pyrittiin parantamaan ja selkeyttämään toiminnan ilmapiiriä. Alihankkijan työntekijöille selvitetiin, että on aina parempi jälkiä peittelemättä olla rehellinen kaikissa asioissa ja että ajoittainen virheiden tekeminen on myös luonnollista. Yhdessä virheet käsittelemällä voimme myös oppia niistä. Toimenpiteen arviointikriteereinä oli valehtelun vähentyminen ja virheistä ilmoittamisen avoimuuden kasvaminen. Selvityksellä onnistuttiin varsinkin projektin loppupuolella saavuttamaan luonnollisia virheitä sallivaa kulttuuria. Muutama nokkamies ja työntekijä selkeästi huomasivat, että mikäli virhe on tapahtunut, siitä nopeasti ilmoittamalla pelättyjen moitteiden sijaan voidaan virheen seuraukset yhdessä saada minimoitua asennustyön välttämättä edes kärsimättä virheestä juurikaan. Luonnollisten ajoittaisten virheiden tapahtuessa myös valvontahenkilöstön maltti on oleellinen sillä usein huutamisjohtamisella ainoastaan pahennetaan tilannetta. Rakentavan kritiikin ja virheiden selvittämisen ja taustoituksen voi tehdä myöhemminkin tilanteen ratkettua ja tunteiden laskettua. Toimenpiteenä varasteluun aluksi tiettyjä pientarvikkeita ei saanut enää suoraan työkalukontista, mutta yleisen ilmapiirin kehittymisen myötä myös varastelun ongelma katosi, joten erityisiä arvioitavia toimenpiteitä ei tarvinnut enää toteuttaa. Toimenpiteenä työkalujen ja materiaalien vastuun parantamiseksi otettiin käyttöön ajoittain kovempiakin otteita. Esimerkiksi materiaalien suojaamatta jättämisessä on suuret riskit suoralle hävikin syntymiselle, materiaalin asennettavuuden heikkenemiselle tai materiaaliominaisuuksien katoamiselle. Kaikissa muodoissaan tällaiset virheet synnyttävät suuria kustannuksia ja suojauksiin kiinnitettiin erityistä huomiota vastuuttomien henkilöiden irtisanomisien uhalla. Ensimmäisen ja toisen projektin välissä rakennettiin erillinen suojaista välivarasto päänostinlinjan läheisyyteen joka auttoi lisäksi materiaalien helppoa suojaamista. Työkalujen suhteen toimenpiteiksi otettiin se, että työkaluja käytettiin ja säilytettiin asianmukaisesti, korjausta tai huoltoa vaativat työkalut tutkittiin välittömästi joista korjattavat huollettiin saman tien ja muut siirrettiin syrjään. Toimenpiteiden vaikutusta arvioitiin sillä kuinka usein vastuuttomaan toimintaan materiaalien ja työkalujen osalta tarvitsee puuttua. Materiaalien osalta suojaamiset tapahtuivat jatkossa paremmin, osittain myös suojarakennuksen ja sallivampien sääolosuhteiden johdosta. Myös suojarakennuksen ulkopuolella olleet materiaalit olivat paremmin suojattuja toimenpiteiden jälkeen. Kehitettävää jäi vielä eri materiaalien inventaarion tuessa selkeyttämällä eri materiaalien varastointia, siirtämisiä ja välivarastointeja päänostinlinjan alapäässä sekä vastaavasti yläpäässä väliaikaisilla säilytysasemilla. Myös työkalujen osalta korjaukset ja huollot muuttuivat oma-aloitteisemmiksi. Työkalut ja tarvikkeet pysyivät järjestyksessä ja tallessa ajoittaisia lipsahduksia lukuun ottamatta. Tähän saattoi vaikuttaa myös muutamien henkilöiden irtisanomiskäytös ja niiden antama signaali muulle henkilöstölle.

Havaittu ongelma alihankkijan *jäykkä, kaverisuhteisiin nojautuva ja kehittymistä vastustava hierarkia sekä sisäpiirien ulkopuolisten syrjintä* havaittiin selkeästi kun asennustyön joustavuutta ja potentiaalisten uusien nokkamiesten ja osaavien henkilöiden määrää pyrittiin kasvattamaan. Ennen tätä oli tullut ilmi, että alihankkijan rekrytointi- ja henkilöstöpolitiikka oli hyvin paljon sukulaissuhteisiin ja sisäpiireihin nojautuva. Sisäpiireihin kuuluvan työntekijän tapauksessa tämä tarkoitti sitä, että työntekijän asema oli hyvin turvattu eikä tämän tarvinnut oikeastaan pyrkiä osoittamaan hyödyllisyyttään organisaation sisällä tai käytännön työssään. Toimintatutkimuksen projektien aikana, asennustyön ollessa alhaisen kuormituksen vaiheessa alihankkija supisti työntekijöiden määrää. Tällöin pääasiassa työntekijät, jotka eivät kuuluneet sisäpiireihin, kotiutettiin ja listoille jäivät samat työntekijät riippumatta heidän viimeaikaisesta aktiivisuudesta tai yleisestä ammattiosaamisesta. Käytännössä mikäli uusia potentiaalisia ryhmänjohtajia haluttiin kokeilla valvontahenkilöstön aloitteesta, tämän henkilön täytyi olla hyväksytty henkilö alihankkijan hierarkiassa. Sisäpiirin ulkopuolisten työntekijöiden aseman nostaminen tehtiin vaikeaksi usein toisen työnjohtajan toimesta joka toimi hierarkian portinvartijana. Sopivaa toimenpidettä ongelman eliminoinemiseksi ei saatu luotua. Ongelmaa pystyi kuitenkin usein kiertämään erityisesti asennustyön yksittäisten kiireellisten tehtävien suorittamisessa. Suosituimmuudesta riippumatta valvontahenkilöstö pystyi ehdottamaan tai määräämään työntekijöitä epävirallisesti tietyn tehtävän pariin, joiden uskoi olevan kyseiseen tehtävään sopivimmat.

Havaittu ongelma *työntekijöiden heikko kielitaito ja ohjeiden ymmärtäminen ja sisäinen kommunikointi* näkyi projektin aikana monella tapaa. Ennen vuoroa pidetyissä palavereissa käytiin lävitse asennustyön vaiheet eri asennusalueilla, eri tiimien tavoitteet sekä annettiin käytännön ohjeita ja huomioita vaiheiden suorittamiseen liittyen. Tämän tarkoitus oli saada asennukseen siirryttäessä työtehtävät liikkeelle oikeita asioita tekemällä. Käytännön ohjeita ja huomioita selvennettiin näyttämällä tarvittavat asiat asennuksessa konkreettisella tasolla. Jälkimmäinen oli jopa pääasiallinen kommunikointimenetelmä erityisesti ensimmäisen projektin alkuvaiheessa, sillä valtaosa työntekijöistä ymmärsi ja puhui auttavasti englantia jolloin he eivät käsittäneet tai välttämättä edes kuunnelleet mitä ohjeita valvontahenkilöstö puhtaasti verbaalisena antoi työvuoron alussa. Työnjohtajien tulkauksessa viestin sisältö myös usein muuttui eikä sanomasta välittynyt samalla tavalla mitä asioita haluttiin korostettavan. Työntekijöiden sisäinen kommunikointi ohjeisiin liittyen oli usein heikkoa eikä esimerkiksi asian ymmärtänyt henkilö välttämättä halunnut alkaa neuvoa tai opettamaan muita henkilöitä. Pelkkä konkreettiseen näyttämiseen perustuva ohjeistaminen on kuitenkin jäykkää ja tehotonta, sillä valvontahenkilöstöllä on useita asennustyön alueita vastuullaan eri puolilla ja korkeuksin kattilaa, jolloin kaikkien alueiden kiertämiseen menee aikaa.

Toimenpiteenä eliminoidaan heikosta kielitaitosta, ohjeiden ymmärtämisestä ja sisäisestä kommunikoinnista johtuvia ongelmia otettiin käyttöön verbaalisen ohjeistuksen tukena kuvitusta. Kuvituksia tehtiin ennen vuoroa tussi- ja valkotaululle, työpiirustuksiin ja muistilappuihin. Kuvitukset kohdennettiin eri ryhmille ja ryhmänjohtajille joita ohjeet koskettivat helpottaen työntekijöiden valmistautumista ja fokuoimista. Mikäli

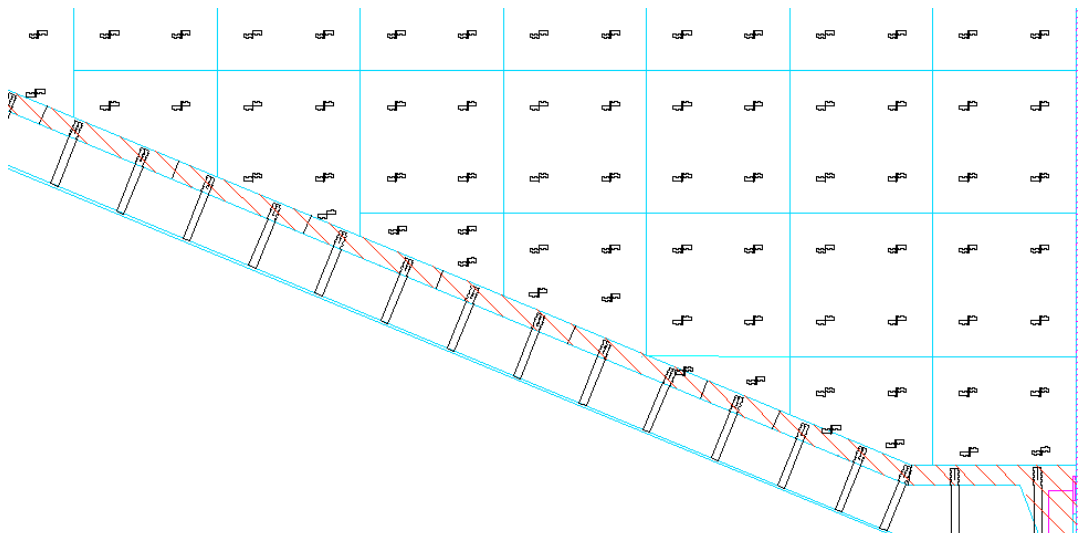
oli aihetta epäillä, viestin ymmärtäminen varmistettiin pyytämällä selittämään takaisin mitä ohjeita oli saanut. Aika ajoin annettavat ohjeet tarkoista työmenetelmästä jätettiin näytettäväksi konkreettisesti asennuksessa, mutta tästä mainittiin yleisellä tasolla myös ennen vuoron alkua. Toimenpiteiden vaikutusten arviointina käytettiin omaaloitteisuuden kasvua oikeaan asennustyön toimintaan vuorojen alussa sekä vähentynyttä asioiden läpikäymistä ja uudelleen selittämistä asennustyön aikana. Toimenpiteet auttoivat asennustyön joutuisuuteen merkittävästi. Tämä näkyi pelkästään sillä, että työntekijät osasivat ottaa tarvittavia materiaaleja, työkaluja ja tarvikkeita ennakoivasti mukaansa asennukseen siirtyessä ja pystyivät aloittamaan käytännön työn itsenäisemmin oikeilla asioilla. Toimenpiteet auttoivat myös yhteisen merkityssisällöllisen työmaakie- len kehittymisessä, sillä verbaalinen asioiden toistaminen yhdistettynä kuvituksiin ja asioiden näyttämisen konkreettisesti synnyttivät tiettyjä vakiintuneita käsitteitä joita voi- tiin hyödyntää myöhemmin tehokkaasti ohjeiden antamisessa varsinaisen kielellisen ymmärtämisen puutteista huolimatta.

3.1.4 Asennustyön konkreettiset ja suorat laatuvirheet

Tässä kappaleessa esitetään asennustyön konkreettisesti toiminnassa kartoitetut laatu- virheet. Varsinainen asennus voidaan jakaa viiteen eri päävaiheeseen, joiden avulla var- sinaisen asennustyön aikaisia tehtäviä on helpointa jäsentää, seuraavasti: *mittaukset ja merkinnät, hitsaukset, eristämiset, muotitus, massa*.

3.1.4.1 Mittaukset ja merkinnät -päävaiheen laatuvirheet

Mittaukset ja merkinnät asennuksessa tarkoittaa kattilan sisäpuolen pintoihin tehtäviä merkintöjä, joiden perusteella kattilan sisäpuolelle toteutetaan suunnitelmien mukaiset eristys- ja pintavuorauskerrokset. Merkinnät auttavat konkreettisesti asennustyön hitsauksien toteuttamista. Yleisin tapa on merkitä työpiirustuksissa näkyvät liikuntasaumamat kattilan teräspinnoille ja sen jälkeen merkitä liikuntasaumojen väliin jääviin itsenäisiin ruutuihin niille kuuluvat ankkuroinnit. Lisäksi tehdään muotitustyötä varten tarvittavat tuentojen merkinnät eli L-rautojen ja kierretankojen merkinnät.



Kuva 3.2. Havainnollistava kuva merkinnöistä (AG Port Oy).

Kuvassa 3.2 näkyy työpiirustuksista muokattu havainnollistava kuva merkinnöistä. Kuvassa alhaalla näkyvä lattia tulee ottaa huomioon seinien merkkausta aloitettaessa. Suunnittelija on halunnut, että pintavuoraus seinien ja lattian rajassa tulee tehdä siten, että seinän ensimmäiset ruudut alhaalta alkavat lattian eristysvahvuuden tasolta eli lattian pintavuoraus tulee ikään kuin seinien pintavuorauksien väliin.



Kuva 3.3. Merkintöjen ja hitsauksien käytännön toteutus työmaalla. (AG Port Oy)

Kuvassa 3.3 on sama kohta työmaalta kuvattuna, kun merkinnät ja hitsaukset kolmelle alimmalle seinän riville on toteutettu. Pysty- ja vaakaviivojen (liikuntasauvojen paikat) merkitseminen toteutetaan suorille pinnoille laserin ja värilangan avulla. Tulok-

sena saataviin ruutuihin merkitään lisäksi hitsattavat ankkurit ja muottien tuennat esimerkiksi sapluunan avulla.

Taulukossa 3.2 on esitetty mittauksissa ja merkinnöissä kartoitetut laatuvirheet.

Taulukko 3.2. Luettelo mittauksissa ja merkinnöissä kartoitetuista laatuvirheistä

Ongelma/laatuvirhe

työntekijöiden väärin toteutetut mittaukset ja merkinnät
syklonin kartion mittaaminen ja merkitseminen

Havaittu ongelma *työntekijöiden väärin toteutetut mittaukset ja merkinnät* esiintyi projektin alussa, kun heille annettiin mahdollisuus toteuttaa merkinnät itsenäisesti työpiirustusten ja valvontahenkilöstön antamien ohjeiden ja mukaisesti. Kyseessä on suora laatuvirhe, mikäli merkinnät eivät ole työpiirustuksia vastaavat. Työntekijöiden mittauksissa ja merkinnöissä tätä laatuvirhettä synnyttivät väärät työmenetelmät ja oletukset, sekä ajoittainen huolimattomuus. Vääriä työmenetelmiä ja olettamuksia tapahtui erityisesti ensimmäisten lähtöviivojen paikkojen hakemisessa. Ensimmäiset viivat toimivat niin sanottuina referenssilinjoina seuraaville viivoille, joten lähtöviivojen oikea paikoitus on tärkeää tehdä oikein. Laatuvirheitä syntyi lisäksi hitsattavien ankkurien ja muottien tuentojen merkinnöissä. Ankkurien paikat tulee merkitä liikuntasauvojen rajaamaan ruutuun keskitetysti joka tarkoittaa sitä, että jokaisen ankkurin tulisi kannatella suhteessa ruudun massakeskipisteeseen yhtä suuren painon. Mikäli ankkurit asennetaan epäkeskeisesti voi yhteen ankkuriin kohdistuva paino ja jännitys olla huomattavasti suunniteltua suurempi, joka voi vaikuttaa esimerkiksi kriittisesti sen virumiskestävyyteen.

Toimenpiteenä laatuvirheiden eliminoimiseksi mittauksissa ja merkinnöissä alettiin toteuttaa käytäntöä jossa valvontahenkilöstö pääasiassa suoritti ruudutuksen eli liikuntasauvojen paikkojen merkinnät. Tämä pyrittiin toteuttamaan kahden valvojan yhteistoiminnalla mahdollisimman laajoille alueille kerrallaan ilman, että asennustyön valvontatyö kärsii valvontahenkilöstön poissaolosta. Tällaista aikaa oli esimerkiksi toisen asennusprojektin alussa asennustyön valmisteluvaiheessa. Kaikki alueet merkittiin niin pitkälle kuin oli mahdollista alueiden sen hetkisillä telineillä. Merkittyihin ruutuihin valvontahenkilöstö toteutti riittävät esimerkit ankkurien ja muottien tuentojen paikoista siten, että erikseen valittu työntekijä pystyi jatkamaan näiden merkintöjen toteutusta erillisen sapluunan avulla. Toimenpiteen vaikutuksen arviointikriteerinä käytettiin väärin tai epäselvien merkintöjen ilmaantumisen määrää asennuksessa. Toimenpiteen myötä toisen asennusprojektin aikana ei ilmaantunut yhtään tapausta, jossa ruudutus tai ankkurien paikat olisivat heittäneet suunnitelmista.

Havaittu ongelma *syklonin kartion mittaaminen ja merkitseminen* näkyi ensimmäisen asennusprojektin aikana siten, että kartiomuodosta johtuen liikuntasauvojen ja ankkurien paikkojen merkitseminen tapahtui tehottomasti sisältäen myös korjaavia uudelleenmerkitsemisiä. Konkreettisia laatuvirheitä olivat epätarkka liikuntasauvojen kor-

keuden mittaaminen ja merkitseminen, sekä ankkurien merkitseminen keskitetysti. Toimenpiteenä syklonin kartion mittauksiin ja merkitsemisiin toteutettiin toisen asennusprojektin osalta kartion merkitseminen täysin valvontahenkilöstön toimesta noudattaen erityistä toimintasuunnitelmaa. Kartion merkinnät haluttiin merkitä kerralla mahdollisimman korkealle asennustyön seuraavien vaiheiden tehostamiseksi. Referenssi-korkeus määriteltiin ensimmäisen kartioalueelle asennettavan tulenkestävän pintavuorausringin alalaidasta jossa pintavuorauksen alalaidan muodostama ympyrä muodostaa myös kartion pohjan. Pintavuorauksen etäisyys kattilan sisäpinnasta (tässä tapauksessa 285 millimetriä) otettiin huomioon mittauksissa, sillä pintavuorauksen muodostaman kartion pohja ei ole samassa korossa kattilan teräsrungon kartion pohjan kanssa. Referenssikorkeudesta laskettiin seuraavien liikuntasauvojen korkeudet kattilan sisäpinnalla kuljettuna matkana ja toteutettiin merkinnät laseria ja vahaliituja hyödyntäen. Näin muodostuneisiin rinkeihin lisättiin pystyliikuntasauvat hyödyntäen kattilan teräspinnan hitsausaumoja. Kattilan teräsrunko oli kasattu yhteen symmetrisistä teräselementeistä jolloin hitsatut pystysauvat olivat tietyllä korkeudella aina samalla etäisyydellä toisistaan. Hyödyntämällä tätä seikkaa sekä tietoa siitä kuinka monta ruutua kullekin ringille oli suunniteltu, merkittiin pystyviivat tasaisin etäisyyksin kullekin ringille. Ankkurien paikat merkittiin erillisillä sapluunoilla joka otti huomioon, että ankkurit asettuvat keskitetysti pintavuorauksen kohdalla (kuva 3.4).



Kuva 3.4. Syklonin kartion mittaaminen ja merkitseminen (AG-Port Oy).

Toimenpiteen vaikutuksen arviointikriteeriksi määriteltiin kartion alueen ruudutuksen ja hitsauksien tarkkuutta asennustyön myöhemmässä muotitusvaiheessa, sekä asennustyön tehokkuutta kartion alueella. Muotitusvaiheessa todettiin toimenpiteen olleen

onnistunut, sillä kaikki kartion 14 rinkiä pysyivät tarkasti merkintöjen mukaisissa ko-roissa. Myös ankkurit osuivat aina keskitetysti pintavuorauksen massakeskipisteen suhteeseen. Suuri hyöty saavutettiin myös seuraavien asennusvaiheiden tehokkuudessa. Seuraavaa päävaihetta eli eristystä tehtiin kerralla kartion puoliväliin saakka, jonka jälkeen toteutettiin eristetyille ringeille muotitukset ja massaukset. Näin päästiin nopeasti asennuksessa pois ahtaasta kartion pohjan alueesta ja voitiin muokata syklonin telineet siten, että ne mahdollistaisivat ilman muokkauksia syklonin lopun asennustyön toteutuksen.

3.1.4.2 Hitsaukset -päävaiheen laatuvirheet

Itsenäiset pintavuorauksruudut kiinnittyvät ankkureilla, jotka ulottuvat jäähdyttämättömissä rakenteissa teräsvaipasta taustaeristyksen läpi ja kiinnittyvät ankkurin haarautuvassa osassa pintavuoraukseen. Ankkurien hitsauksien lisäksi hitsataan kattilan mekaanisten liikuntasauvojen tukihyllyt ja muottien tuennat. Taulukossa 3.3 on esitetty hitsauksissa kartoitetut laatuvirheet.

Taulukko 3.3. Luettelo hitsauksissa kartoitetuista laatuvirheistä

Ongelma/laatuvirhe

ammattitaitoisten hitsaajien suuri kuormitus ja hitsaustyöt ajoittaisena asennustyön pullonkaulana

hitsausjäljen laatuvirheet

Havaitut ongelmat *ammattitaitoisten hitsaajien suuri kuormitus ja hitsaustyöt ajoittaisena asennustyön pullonkaulana* johtuivat pääasiassa siitä, että alihankkijan työntekijöissä oli vain muutama ammattimaisesti hitsaustöiden tekemiseen asennoituva ja hyvälaatuista hitsausjälkeä tekevä hitsaaja. Ilman yhtä projektien aikana erityisesti ansioitunutta hitsaajaa ongelma olisi ollut huomattavasti merkittävämpi. Ongelmaa yritettiin paikata pitkin projekteja alihankkijan esittelemien uusien hitsaajien muodossa, mutta ammattitaitoisten hitsaajien löytäminen osoittautui haastavaksi. Ongelma näkyi erityisesti asennuksessa silloin, kun hitsaustyöt kulkivat vain hieman muita asennustyön vaiheita edellä tai samanaikaisesti. Tällöin muut asennustyön vaiheet joutuivat odottamaan tai jarruttamaan, koska käytännössä kaikki asennustyön seuraavat vaiheet edellyttävät ensin hitsaustöiden suorittamista.

Toimenpiteenä hyvien hitsaajien puutteeseen ja hitsaustöiden pullonkaulaisuuteen päätettiin toisen asennusprojektin alussa panostaa asennustyön ensimmäisiin päävaiheisiin merkintöihin ja hitsauksiin enemmän resursseja. Tavoitteena oli, että hitsaajilla olisi mitattuna ja merkittynä valmiiksi mahdollisimman paljon eri alueita asennuksessa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja jolloin luotettaville hitsaajille sallittaisiin ylityöt ja mahdollisuus neuvotella niin sanottuja urakkadiilejä hyvän joutuisuuden varmistamiseksi. Toimenpiteen vaikutuksen arviointikriteereiksi määriteltiin se, että kuinka usein asennustyön seuraavat vaiheet joutuvat odottamaan hitsauksien valmistumista ensiksi. Toimenpidettä voidaan pitää onnistuneena, sillä asennustyön tehokkuus ei toisen projektin aikana kärsinyt kertaakaan hitsaustöiden pullonkaulaisuudesta suurilla ja kriittisillä asennusalueilla kuten syklonissa, inlet- tai kuumakaasukanavassa joiden eteneminen on

suurien asennettavien materiaalivolyymien takia aikataulullisesti kriittistä. Etumatka muuta asennusta edellä kulkevien hitsauksien osalta osoittautui hyödylliseksi erityisesti kun hitsaustehtäviin liittyi ankkureiden ja muottien tuentojen lisäksi kattilan paljesaumojen yhteyteen hitsattavia teräshyllyjä. Teräshyllyjen hitsaaminen sitoo helposti hitsaajan tai hitsaajia pitkäksi aikaa yhden tehtävän ympärille. Hitsaajien suuren kuormituksen johdosta osalla hitsaajista oli havaittavissa selkeää väsymystä ja ammattimaisen otteen katoamista. Johtopäätöksenä toimenpide oli onnistunut, mutta sen toteuttaminen pienellä määrällä ammattitaitoisia hitsaajia, jotka joutuvat paineen alle ja suurelle kuormitukselle, voi olla myös riski.

Havaittu ongelma *hitsausjäljen laatuvirheet* esiintyi erityisesti uusien hitsauskokeilaiden sekä hetkellisiä hitsaustehtäviä tehneiden työntekijöiden joukossa. Hitsausjäljen laatuvirheinä käsitetään epäjatkuvuudet hitsissä, poikkeamat hitsin muodossa sekä poikkeamat ihanteellisesta hitsistä. Selkeitä virheitä, eli virheitä jotka on korjattava, ei hitsauslaadussa sallittu yhdenkään hitsaajan osalta. Hitsauskokeilaiden ammattimaisuus ja ensimmäisten hitsauksien laatu tarkastettiin suoraan valvontahenkilöstön toimesta ja mikäli oli syytä epäillä, että kyseiseltä hitsaajalta on mahdollisesti odotettavissa selkeitä virheitä, ei henkilön sallittu suorittaa hitsaustöitä työmaalla. Kaikki hitsaustyöt toteutettiin käytännössä pienahitsauksena puikolla. Valvontahenkilöstö tarkkaili hitsauslaatua silmämääräisesti hitsaustöiden aikana, sekä sen jälkeen. Ankkurien hitsauksien tarkastuksia tehtiin silmämääräisesti sekä taivutustestein pääsääntöisesti ankkurien avaamisen yhteydessä. Pieniä hitsausjäljen laatuvirheitä, jotka eivät tehneet hitsausliitoksia kuitenkaan käyttökelvottomiksi, saattoi esiintyä yksittäisten hitsauksien yhteydessä. Ankkurien hitsauksessa, ammattitaitoisten ja hyvää laatua tekevien hitsaajien vähydestä johtuen, käytettiin tällaisen hitsaajan apuna usein hitsaajaa joka puhdisti hitsattavan pinnan hitsausmerkin kohdalta ja hitsasi ankkureita pienillä täpeillä paikalleen. Luotettavan hitsaajan tehtävä oli seurata perässä ja hitsata ankkurit lopullisesti paikalleen. Potentiaalinen riskitilanne saattoi syntyä, mikäli lopullisia hitsauksia ei jostain syystä suoritettu yhtäjaksoisesti loppuun asti. Tällöin on olemassa pieni mahdollisuus, että loppuun hitsaaminen unohtuu kommunikoinnin puutteen tai inhimillisen unohtamisen johdosta kokonaan eikä tätä huomata seuraavassa asennusvaiheessa.

Toimenpiteenä hitsausjälkien laatuongelmien eliminoimiseksi määriteltiin selkeästi ne henkilöt joilla oli lupa toteuttaa hitsauksia. Näille henkilöille selvitettiin hitsauslaadun tärkeys ja hitsausvirheiden vaarallisuus. Kaikki aloitetut hitsaustyöt tuli saattaa loppuun saakka eikä niin sanottuja täpeillä hitsattuja ankkureita tai muottien tuentoja saanut jättää asennukseen. Toimenpiteiden vaikutusten arviointikriteereiksi määriteltiin tarkastuksissa havaittujen hitsausjäljen laatuvirheiden määrää suhteessa havaittuun määrään ennen toimenpiteitä. Toimenpiteiden tuloksena hitsimuodoissa esiintyi vähemmän vaihtelua ja yleisesti ottaen paljon kuormitetut luotettavat hitsaajat pystyivät toteuttamaan tasalaatuista ja hyvännäköistä pienahitsin ulkopinnan muotoa. Hitsauksien tarkastuksia voitaisiin kehittää kouluttamalla valvontahenkilöstöä lisää hitsausprosessista ja niiden mahdollisista piilevistä laatuvirheistä. Esimerkiksi palkomuodon leveys/syvyys -suhdetta on vaikea varmistaa pinta- ja taivutustarkastuksissa.

3.1.4.3 Eristykset -päävaiheen laatuvirheet

Asennuksessa kaikille kattilan jäähdyttämättömille alueille asennetaan teräsrunkoa vasten joko tulenkestävät eristystiilet muuraamalla tai eristysmassaa käsin asentamalla. Eristyksien päälle asennetaan asennuksessa myöhemmin pintavuoraus joten eristysmateriaalit eivät koskaan ole suorassa yhteydessä kattilan sisäatmosfääriin kanssa. Taulukossa 3.4 on esitetty eristämässä kartoitetut laatuvirheet.

Taulukko 3.4. Luettelo eristämässä kartoitetuista laatuvirheistä

Ongelma/laatuvirhe

eristystiilien liian pieni tai suuri koloaminen sekä kolojen täyttämisen ongelmat
raot eristystiilikerrosten välissä ja tästä seuraava liian suuri eristyspaksuus
väärä laastin levitysmenetelmä ja epävakaat eristyskerrokset
eristysmassan vaihteleva vesimäärä

Havaittu ongelma *eristystiilien liian pieni tai suuri koloaminen sekä kolojen täyttämisen ongelmat* esiintyi lähes kaikkien eristystöitä tehneiden työntekijöiden työmenetelmässä. Eristystiilikerroksia käytettiin suunnitelmien mukaan eri alueilla joko kolme tai kaksi kerrosta. Tiilien asennuksessa eniten aikaa vievä vaihe on tiilien sahaus siten, että ankkurit ja muottien tuennat saadaan tulemaan eristyskerroksien lävitse. Helpoin ja tehokkain tapa on sahata tiileen sopivan suuruinen kolo läpi tuleville ankkureille ja tuennoille. Sopivan suuruinen kolo tarkoittaa, että ankkurin ja kolon reunan välillä on riittävästi tilaa jotta kolo on helppo täyttää eristysmassalla. Ensimmäisen asennusprojektin alussa useat muuraavat työntekijät pyrkivät tekemään mahdollisimman pieniä koloja ja muuraamaan tiilet suoraan tiiviisti ankkureita vasten. Tämä johtaa useisiin sovitteluihin ja uudelleen sahauksiin tiilen asentamisessa. Toimenpiteenä ongelman ratkaisemiseksi näytettiin työntekijöille oikea työmenetelmä jossa kolon sahaus suoritetaan riittävän suurena jolloin tiilen voi asentaa kerralla paikalleen ilman uudelleen sovitteluja. Toimenpiteen vaikutuksen arviointikriteeriksi määriteltiin yksittäisen tiilen kolon sahauksen kertaluonteisuus. Toimenpide vähensi tiilien sahauksiin kuluvaa aikaa ja paransi osaltaan joutuisuutta. Usein kolottujen tiilien kolojen kokoja tutkittaessa havaittiin kuitenkin suurta vaihtelua kolon suuruudessa. Liian pieni kolo tekee seuraavassa työvaiheessa kolon helpon ja tiiviin täyttämisen haastavaksi. Liian suuri kolo taas ei ole materiaalien kulutuksen kannalta optimia, sillä tiilestä pois sahattu pala on asennuksessa syntyvää hukkamateriaalia joka tulee niin sanotusti korvata eristysmassalla.



Kuva 3.5. Eristystiilien asennuksen laatuvirheitä (AG-Port Oy).

Havaittu ongelma raot eristystiilikerrosten välissä ja tästä seuraava liian suuri eristyspaksuus esiintyi ensimmäisen asennusprojektin alussa ja johtui asennustyön eristystöiden osavaiheiden eriaikaisesta suorittamisesta. Eri tiilikerroksia asennettiin yhtäaikaista sekä myös jokaisen tiilikerroksen yhteydessä tehtäviä tiilien kolouksia ja kolojen täyttöjä. Tiilikerroksien väliin jäi näin rippeitä kolojen täytössä käytetystä eristysmassasta, pieniä tiilenpaloja sekä myös tiilen asennuksessa käytettävää tulenkestävää laastia jota usein pursuaa yhden kerroksen tiilien välisistä saumoista tiilikerroksen etupuolelle. Tiilikerroksien väliin jäävät raot epäpuhtauksien johdosta aiheuttavat paikoitellen liian suuren eristyspaksuuden ja laskee eristyksen laatua sekä vaikeuttaa seuraavaa muotituksen päävaihetta. Toimenpiteenä ongelman ratkaisemiseksi otettiin käyttöön selkeät tiilien muurauksen osavaiheet ja kaikki muurarit asetettiin toteuttamaan samaa osavaihetta. Osavaiheiksi määriteltiin: (1.) muurattavan pinnan puhdistus kaikesta ylimääräisestä, (2.) yhden tiilikerroksen tiilien asentaminen kolouksineen sopivan matkaa ylöspäin, (3.) kolojen täyttäminen eristysmassalla jonka jälkeen vaiheet toistettiin uuden tiilipinnan puhdistuksesta alkaen. Viimeisen tiilikerroksen kolojen täyttämisen jälkeen toteutettiin ankkureiden avaaminen joka toimi signaalina valmiiksi tulleista eristyksistä ja osaltaan välitti viestin, että alue odottaa nyt seuraavaa päävaihetta muotitusta. Toimenpiteen vaikutusten arviointikriteereiksi määriteltiin tiilien muuraustyön selkeytyminen ja tasalaatuinen eristyspaksuus. Toimenpidettä voidaan pitää onnistuneena sillä osavaiheistuksen käyttöönoton myötä asennus selkiintyi huomattavasti joka vaikutti positiivisesti tehokkuuteen, laatuun ja helpotti myös työn valvontaa sekä edistymisen seurantaa.



Kuva 3.6. Materiaalien suojaamisen ongelmaa, sekoitusasemalla sateessa ollutta laastia (AG-Port Oy).

Havaittu ongelma *väärä laastin levitysmenetelmä ja epävakaat eristyskerrokset* esiintyi osan muuraustöitä tehneiden työntekijöiden työnjäljen kohdalla. Tulenkestävällä laastilla saadaan eristystiilet sidottua toisiinsa siten, että yhdestä eristyskerroksesta tulee tiivis ja vakaa. Eristyskerroksien väliin ei tule laastia. Laastin eristysmateriaaleja huomomista materiaaliominaisuuksista johtuen laastia ei käytetä asennuksessa tiivistämiseen ja kiinnittämiseen vaadittavaa määräänsä enempää. Tehokkain tapa levittämässä on tehdä tiilen saumapintoihin niin sanotut reunapalkeet pitkillä kauhan vedoilla. Asennusprojektin alussa osalla työntekijöitä sekä projektin aikana tulleilla uusilla työntekijöillä oli usein vaikeuksia ymmärtää laastin levityksen tarkoitusta ja sitä levitettiin epämääräisesti. Ongelmaan vaikutti myös sekoitetun laastin ajoittainen liallinen tai liian vähäinen vesimäärä. Muurareilla tai sekoittajilla ei kummallakaan ollut käsitystä laastin hyvästä notkeudesta asennettavuuden kannalta. Ajoittainen erittäin kuuma lämpötila aiheutti myös nopeaa veden haihtumista jolloin suojaamatta ämpäreissä olevalla laastilla on suhteellisen lyhyt työstettävyyssika.

Toimenpiteenä ongelmien eliminoimiseksi opetettiin muurareille laastin tarkoitus ja oikeaoppinen laastin levitysmenetelmä. Muurarien vastuulle sisällytettiin vaatia sekoittajilta hyvin asennettavaa ja sopivan notkuista laastia, sekä laittaa työstettävyyssika pidentävä suojakelmu laastiämpäreiden päälle lopettaessaan asennustyön. Asennustyön keskittyessä tiilien muuraukseen laastin sekoittamisessa käytettiin tasosekoittajaa käsisekoittajan sijaan paremman laadun ja suuremman kertamäärän toteuttamiseksi. Lisäksi muurareilta vaadittiin tiiviyyttä ja vakautta lisäävää tiilien porrastaen asentamista, mikäli mahdollista myös eri tiilikerrosten välillä saumojen asettamista porrastetusti. Toimenpiteiden vaikutusten arviointikriteeriksi määriteltiin vähentynyt uudelleenteke-

minen asennuksessa tiilien muuraustyön yhteydessä. Tehokkuusnäkökulmasta uskottiin myös esimerkiksi hitaamman tiilien asentamisen ilman purkuja ja uudelleentekemisiä olevan kokonaistehokkuudeltaan parempi kuin nopea asentaminen joka sisältää korjauksia ja uudelleen tekemistä. Asennustyön muuraustyö ei projektien aikana pääasiassa koskaan kärsinyt tehokkuudesta, sillä kyseistä asennustyön vaihetta teki ja pystyi tekemään lähes kaikki työntekijät. Tärkein yksittäinen tekijä asennustyön eristyksien osalta oli työn konkreettinen laatu. Toimenpiteillä vähennettiin purkuja ja toistamisia asennuksessa suhteessa toimenpidettä edeltäneeseen tilaan. Kuitenkin ajoittain yksittäisiä työntekijöiden työpanoksia menetettiin huonon laadun ja uudelleentekemisen vuoksi aina projektien loppuun saakka. Näissä tapauksissa kuvaavaa oli työntekijän piittaamattomuus ja hälläväliä asenne työnjälkeä kohtaan.

Havaittu ongelma *eristysmassan vaihteleva vesimäärä* esiintyi erityisesti ensimmäisen asennusprojektin alussa. Eristysmassa on tietyillä asennustyön alueilla usein asennuksellisista syistä toteutettava eristysmateriaaliratkaisu. Eristysmassa asennetaan käsin ämpäreistä kauhomalla ja vähänkin suuremmat määrät on tehokkaampaa sekoittaa tasekoittajalla käsisekoittimen sijaan. Sekoitettujen eristysmassojen vesimäärä vaihteli asennuksessa. Sekoituksessa käytetään vettä noin 100 %:n sekoitussuhteessa kuiva-aineisiin, jolloin tyypillinen vesimäärä yhdessä sekoituksessa voi olla yli 50 litraa. Suuresta määrästä johtuen sekoittajat lisäsivät veden sekoittimeen suoraan letkusta joka sinällään on sallittua, mikäli sekoittaja osaa tulkita silmämääräisesti ja kokeilemalla vesimäärän joka on sopiva asennettavuuden ja laadun kannalta. Näin sekoitetut eristysmassat olivat kuitenkin toistuvasti liian niukkavetisiä jolloin asennettaessa eristysmassan asentaminen on hitaampaa ja eristysmassa ei leviä ja täytä asennettavaa tilaa yhtä tehokkaasti ja tiiviisti, kuin vastaavasti asennettavuuden kannalta sopivan vesimäärän tai hieman jopa vetisempi eristysmassa.

Toimenpiteenä ongelman ratkaisuksi otettiin käyttöön sinällään harvemmin käytetty tarkka vesimäärä ja suhteeksi määriteltiin yhden suhde yhteen kuiva-aineiden kanssa. Vesimäärä mitattiin ämpäreillä ja vesiämpäreistä kaadettiin tyypillisesti yli puolet kuiva-aineiden joukkoon ennen sekoittajan käynnistämistä sekoitusajan pitämiseksi kohtuullisena. Liian pitkä sekoitusaika eristysmassan kanssa kuumissa olosuhteissa veden lämpötilalla joka on valmiiksi ylärajoissaan johtaa helposti sekoittimessa pyörivän eristysmassan nopeaan lämmön nousuun ja konkreettiseen höyryämiseen. Toimenpiteen vaikutuksen arviointikriteeriksi valittiin tasalaatuinen, tehokkaan ja laadukkaan asentamisen mahdollistava eristysmassa. Toimenpiteellä saavutettiin parempi asennettavuus ja eristysmassan tiiviimpi pakkautuminen asennuskohteessa. Vastaavasti yhteen sekoitukseen käytettävä aika kasvoi joitakin minuutteja. Poikkeuksellisen viileän tai kuumen lämpötilan päivinä sekoitussuhdetta saatettiin tarkastaa hieman alas- tai ylöspäin optimaalisen asennettavuuden saavuttamiseksi.

3.1.4.4 Muotitus -päävaiheen laatuvirheet

Muottien asentaminen tarkoittaa esivalmistettujen kaarevien pintojen muottien paikalleen asentamista sekä työmaalla leikattavien suorien pintojen muottien paikalleen asen-

tamista. Lisäksi muotituksessa asennetaan tulenkestävään pintavuoraukseen suunnitellut liikuntasaumot jotka jakavat pintavuorauksen itsenäisiin ruutuihin. Liikuntasaumojen ensisijainen tehtävä on mahdollistaa pintavuorauksen lämpölaajenemiset ja -kutistumiset niin, että vuoraus säilyy ehjänä, tai että vuoraus säröilee hallitusti. Taulukossa 3.5 on esitetty muotituksessa kartoitetut laatuvirheet.

Taulukko 3.5. Luettelo muotituksessa kartoitetuista laatuvirheistä

Ongelma/laatuvirhe
muottien sisällä irtotavaraa
muotituksen osavaihe jäänyt toteuttamatta
puutteellinen muottien tuenta
muottien kolojen täytemateriaalin ulottuminen muotin sisäpuolelle

Havaittu ongelma *muottien sisällä irtotavaraa* toistui erityisesti ensimmäisen asennusprojektin aikana ja johtui useista erilaisista syistä. Yleisin syy irtotavaraan muottien sisällä oli se, että samanaikaisesti muotitettavan alueen yläpuolella suoritettiin eristyksien asennusvaihetta, josta tippui palasia eristysmassaa tai tiiltä muottien sisään alapuolella. Yläpuolella suoritetuista hitsauksien asennusvaiheista saattoi tippua samaan tapaan tynkiä hitsauspuikoista alapuolen muottien sisään. Myös itse muotitustyössä muottien sisään päätyi esimerkiksi ruuveja. Muotin sisään jäävä irtotavara, erityisesti isommat kokkareet muodostavat heikon kohdan pintavuoraukseen. Ongelman ratkaisun toimenpide oli osa jo edellä osittain mainittua yleistä asennustyön ja asennusvaiheiden järjestyttämistä. Merkkaukset pyrittiin toteuttamaan kahden valvojan yhteistoiminnalla mahdollisimman laajoille alueille kerrallaan seuraavien vaiheiden tehostamiseksi. Käytännössä tämä mahdollisti sen, että hitsaus- ja eristystyöt pystyttiin toteuttamaan yhtäjaksoisesti koko asennettavalle alueelle, jonka jälkeen toteutettiin ainoastaan muotituksia ja massauksia. Mikäli päävaiheita toteutettiin limittäin, pyrittiin ne toteuttamaan siten, että toisessa vuorossa tehtiin ainoastaan erityistyötä ja toisessa vuorossa muotitusta ja massaus- ta. Työmaalle hankittiin lisäksi imuri ja magneettipäisiä mittanauhoja, joilla tarvittaessa muottien sisusta voitiin putsata kokkareista ja metalleista ilman varsinaista muotin avaamista.

Toimenpiteen, jossa tiettyjä päävaiheita toteutettiin jaksotetusti pitempiä aikoja, arviointikriteeriksi määriteltiin tehokkuuden parantuminen. Arviointikriteereinä olivat päävaiheiden valmisteluun kuuluvien asetusajkojen vähentyminen ja päävaiheiden yhtäaikaista toteuttamisesta johtuvien ylimääräisten töiden loppuminen. Toimenpiteen myötä asennuksen tehokkuus parantui merkittävästi. Erityisesti eristystyön ja muotituksen välillä olevien asetusajkojen poistuminen työvuoron sisältä lisäsi tehokkuutta merkittävästi. Ylimääräiset työt, kuten esimerkiksi muottien suojaaminen tai siistiminen vähentyi myös vastaavasti. Työnjälki ja -laatu parantuivat, kun yhtä työvaihetta toteutettiin selkeänä omana kokonaisuutenaan. Lisäksi asennuksen selkeytyminen kokonaisuudessaan helpotti valvontaa, asennuksen edistymisen seuranta ja materiaalivirtojen suunnittelua.

Havaittu ongelma *muotituksen osavaihe jäänyt toteuttamatta* esiintyi ensimmäisen asennusprojektin alussa ja johtui asennuksen muotitustöiden osavaiheiden eriaikaisesta suorittamisesta. Valvonnassa havaittuja osavaiheiden toteuttamatta jättämissä olivat: (1.) avaamattomat ankkurit muotin sisällä, (2.) puuttuva tai huonosti asennettu vaakaliikuntasauva ja (3.) puuttuva keraaminen kuitu tai eristyksien muotoilu kohdasta joka vaatii kyseisiä osavaiheita. Ankkurien avaamattomuus on seurausta siitä, että eristystöiden päävaihetta ei ole lopetettu sovitusti ankkureiden avaamiseen. Seurauksena muotitusvaiheessa ankkureita on avattu samaan aikaan muotitustyön edistyessä. Tämä johtaa helposti huolimattomuusvirheeseen, jolloin yksittäinen tai yksittäiset ankkurit jäävät avaamatta. Vaakaliikuntasauvan puuttuminen tai huono asentaminen johtuvat samasta syystä. Huonolla asentamisella tarkoitetaan tilannetta, jossa vaakaliikuntasauva on vinoissa tai kääntynyt takareunastaan karrelle. Kun muotituksessa toteutetaan kaikkia osavaiheita samanaikaisesti yksittäisiä huolimattomuusvirheitä voi päästä syntymään. Puuttuva keraaminen kuitu viittaa tilanteeseen, jolloin tietyissä kohdissa esimerkiksi miesluukun tai paljesauvan kohdalla, pintavuorauksen ja kattilan teräsvaipan välissä on suunnitelmien mukainen paksuus keraamista kuitua. Eristyksen muotoilulla tarkoitetaan tiettyjä kohtia kattilassa jolloin teräsrungosta tulee tulenkestävän vuorauksen läpi sisäatmosfääriin päättyvä putki. Putkilla voi olla erilaisia tehtäviä kattilan operointiprosessin hallinnassa, kuten esimerkiksi lämpötilanmittaus tai ilmanpuhallus. Putkien kohdalla eristys muotoillaan hieman poikkeavasti. Keraamisen kuidun asettamisen tai eristyksen muotoilun puuttuminen johtui pääasiassa asentajien ymmärtämättömyydestä ja vastuu näiden toteuttamisesta on aina viimekädessä valvontahenkilöstöllä.

Toimenpiteenä muotituksen osavaiheiden toteuttamatta jättämisen eliminoimiseksi otettiin käyttöön selkeät muotituksen aloituksen osavaiheet. Ennen varsinaisten muottien asentamista toteutettiin koko muotitettavalle alueelle kerrallaan seuraavat osavaiheet: (1.) ankkureiden tarkistaminen ja avaaminen tarvittaessa, (2.) keraamisen kuidun tai eristyksen muotoilun tarpeiden tarkistaminen muotitettavalla alueella, (3.) edellisen valupinnan siistiminen ja puhdistaminen kaikesta ylimääräisestä, (4.) oikean kokoisten vaakaliikuntasauvojen asentaminen edellisen valupinnan päälle kuumaliimaa hyödyntämällä ja (5.) varsinaisten muottien ja pystyliikuntasauvojen asentaminen. Muotituksen päävaihe päättyy kun muotit ovat asennettu ja tuettu asianmukaisesti, jolloin muotitettu alue on valmis massaukseen. Toimenpiteen vaikutusten arviointikriteereiksi määriteltiin muotituksen selkeytyminen ja osavaiheiden toteuttamatta jättämisen vähentyminen. Toimenpidettä voidaan pitää onnistuneena sillä selkeiden osavaiheiden käyttöönoton myötä muotituksen alku selkiintyi huomattavasti joka vaikutti siihen, että varsinaisten muottien asennuksen yhteydessä tai muotitettuja alueita tarkastettaessa ei esiintynyt enää samassa laajuudessa unohtuneita osavaiheiden toteutuksia.

Havaittu ongelma *puutteellinen muottien tuenta* esiintyi läpi kummankin asennusprojektin. Pääasiallinen syy puutteellisiin tuentoihin oli väärä oletamus riittävästä tuenasta. Muotit tulee tukea asennettavan tulenkestävän massan muottiin aiheuttaman voiman johdosta. Voiman määrä ymmärretään tai arvioidaan lähes poikkeuksetta liian pieneksi joka esiintyi seuraavina käytännön virheinä: (1.) säästetään tukilankuissa siten,

että ne eivät tue koko mitalta muotitettua aluetta, (2.) kiilat asennettu puutteellisesti tai väärällä tekniikalla, (3.) muotitetun alueen päätyä ei ole tuettu riittävästi tai (4.) otetaan tuentoja työtason telineistä. Esimerkiksi alueella jolla toteutetaan 600mm sivustaan pitkiä tasasivuisia ruutuja, yhteen muottilevyyn kohdistuu noin 2700 Newtonin voima käytettäessä valumassaa jonka tiheys on 2550 kilogrammaa kuutiometriä kohti. Paine vaihtelee lineaarisesti syvyyden mukaan ja puutteellisten tuentojen vuoksi alareunastaan pullahtanutta muottia on usein mahdotonta työntää takaisin ilman, että muotti tyhjenetään kaadetusta valumassasta. Tukilankuissa säästäminen näkyi siten, että käytettiin käsillä olevia epämääräisiä lankun pätkiä jolloin muotitetulle alueelle saattoi jäädä kohtia ilman tukea. Kiilan asentamisessa tyypillisin virhe oli yrittää iskeä itse kiilaa tukiraudan ja tukilankun väliin jolloin kiila tökkää ja tukirauta vääntyy jääden jännitykseen. Muotitetun alueen päädyn puutteellinen tuenta esiintyi kun kyseessä oli ei-suljettu alue joka päättyi reunimmaisen muotin pystyliikuntasumaan. Tyypillinen virhe on olettaa, että pystyliikuntasuma kestää massan paineen ilman erillistä tuentaa sivusta. Telineiden hyödyntäminen tuennoissa näkyi yrityksinä tukea jollakin sopivalla lankunpätkällä muottia työskenneltävän tason telineistä. Telineet eivät ole lähtökohtaisesti jäykkä rakennelma, tukeminen telineistä voi aiheuttaa turvallisuusriskin ja on myös suora merkki epäammattimaisuudesta.

Toimenpiteenä puutteellisiin muottien tuentoihin käytiin muotitusta suorittaneiden henkilöiden kanssa toistuvasti läpi oikeita työmenetelmiä. Tukilankuissa pyrittiin käyttämään täyspitkiä katkaisemattomia lankkuja jotka saivat yltää myös muotitettavan alueen ulkopuolelle. Mikäli lankku oli katkaistava, tehtiin se oikeaan mittaansa ja vältettiin lyhyistä lankunpaloista koostuvia yhdistelmiä. Kiilauksessa opeteltiin oikea työmenetelmä jossa kiilan sijaan isketään tukilankkua ja painetaan samalla kiilaa peukalolla painaen. Ei-suljetun alueen päätyyn tehtiin asianmukainen tukisysteemi joka esti pystyliikuntasuman vääntymisen valumassan paineesta. Kaikki tuennat telineistä kiellettiin yksiselitteisesti. Toimenpiteiden onnistumisen arviointikriteeriksi määriteltiin muottien tuentoihin puuttumisen tarpeen vähentyminen. Toimenpiteiden avulla ei onnistuttu saavuttamaan laaja-alaista ymmärrystä riittävien tuentojen toteuttamisesta, vaan valvontahenkilöstö joutui puuttumaan muottien tuentoihin vielä asennusprojektien loppuvaiheilla. Eräs seikka oli silmiinpistävä. Onnistuneiden muotitusten ja massauksien jälkeen työntekijöille syntyi ilmeisesti hyvän olon tunteen kautta uudestaan väärä olettamus riittävästä tuennoista. Takana vaikuttava ajatus on ilmeisesti se, että kun kaikki menee hyvin, voi vähitellen alkaa yrittää oikoa asioissa ja uskotaan riittävien tuentojen syntyvän pienemmälläkin vaivalla ja nopeammin. Valvontahenkilöstön toiminnalle muottien tuentojen suhteen helpoin tapa on pitää aina kiinni samasta linjasta ja sovituista asioista jolloin työntekijät eivät lähde kokeilemaan rajoja tai hakemaan tilannekohtaisia joustoja.



Kuva 3.7. Puutteellisten muottien tuentojen ongelmia, avoimen päädyn tuennan viritys (AG-Port Oy).

Havaittu ongelma *muottien kolojen täytemateriaalin ulottuminen muotin sisäpuolelle* esiintyi myös läpi kummankin asennusprojektin. Suorilla pinnoilla tukiraudan kohdalle asennettavaan muottilevyyn toteutetaan viilto tai kolo siten, että tukirauta tulee tästä aukosta muotin läpi. Muotituksen lopuksi yhtenä osavaiheena on tukkia tai täyttää kolot esimerkiksi uretaanilla tai keraamisella kuidulla. Tällä estetään valumassan vuotaminen ulos kyseisestä aukosta. Asennusprojektin alussa uretaanin käytöstä luovuttiin sillä lähes poikkeuksetta uretaania päätyi muotin sisäpuolelle suoraan asennusvaiheessa tai uretaanin jälkilaajentumisen yhteydessä. Tämä aiheuttaa sen, että lopulliseen pintavuoraukseen jää vastaava kolo jonka verran täytemateriaali on ollut muotin sisäpuolella. Työntekijöiden kanssa sovittiin, että muottilevyn viiltojen täyttämiseen käytetään ainoastaan keraamista kuitua. Ongelma vähentyi, mutta esiintyi silti säännöllisesti.

Toimenpiteenä ongelman ratkaisemiseksi työntekijöille selvitettiin täyttämisen tarkoitus vuodon pysäyttäjänä. On paljon suotavampaa, että pintavuoraukseen jää pientä ylimääräistä uloketta tai pintaryppyä kuin se, että pintavuoraukseen syntyy koloja. Toimenpiteen arviointikriteeriksi määriteltiin vähentynyt muottien kolojen virheellinen tukkiminen siten, että täytemateriaalia ulottuu muotin sisäpuolelle asti. Toimenpiteellä

ei onnistuttu saavuttamaan laaja-alaista ymmärrystä muottien aukkojen täyttämisen tarkoituksesta. Ainoastaan yksittäiset henkilöt osasivat toteuttaa osavaiheen siten, että suoritukseen ei tarvinnut puuttua millään tavoin. Osavaiheen toteuttamista tulisikin kehittää siten, että täytemateriaalin väärin asentaminen ei onnistu.

3.1.4.5 Massaus -päävaiheen laatuvirheet

Massauksessa asennetaan muotteihin hydraulisesti sitoutuvia LC-massoja. Massa asennetaan joko suoraan ämpäreistä kaatamalla tai erikseen kauhomalla. Taulukossa 3.6 on esitetty massauksessa kartoitetut laatuvirheet.

Taulukko 3.6. Luettelo massauksessa kartoitetuista laatuvirheistä

Ongelma/laatuvirhe
massauksessa valettu yli muotin yläreunan
massauksen valmistelut puutteelliset
valumassan laadunvaihtelut massauksen aikana

Havaittu ongelma *massauksessa valettu yli muotin yläreunan* esiintyi ajoittain kummankin asennusprojektin aikana. Pääasiallinen tekijä ongelman esiintymisessä oli massasta toteuttaneiden työntekijöiden näennäinen kiinnostus viimeiseen pinnanlaatuun joka näkyi kiireenä lopettaa ja lähteä tauolle. Massausvaiheeseen kuuluu olennaisena osavaiheena valujen välissä sekä lopuksi toteutettava pinnan viimeistely. Tämä tarkoittaa valupinnan siistimistä siten, että muotin reunan päälle ei jää massaa kovettumaan ja valupinta on tasainen. Nämä tehtävät helpottavat seuraavaa muotitusvaihetta, erityisesti seuraavan vaakaliikuntasauaman asentamista ja seuraavan rivin tai ringin muottien asettumista. Osatekijänä ongelman esiintymisessä oli myös ajoittain esiintynyt valumassan vetäytyminen jota haluttiin kompensoida jättämällä pinta tarkoituksella liian korkeaksi. Valumassan vetäytyminen on sinällään asennuksen ulkopuolinen materiaalin käyttäytymiseen liittyvä ongelma. Asennuksessa siihen pystytään vaikuttamaan estämällä valun pintaa kovettumasta sekoittamalla ja tökkimällä pintaa, sekä myöhemmin lisäämällä massaa vetäytyneen määrän verran. Käytännössä tämä pidentää huomattavasti massauksen kestoa, sillä viimeisenä massatun muotin pinta saattoi vetäytyä vielä tunninkin päästä massauksen lopettamisesta.

Toimenpiteenä yli muotin pinnan valamisen ja pinnan siistimättömyyden ongelmaan sovittiin tietty henkilö tai henkilöt jotka massauksessa ja sen lopussa viimeistelevät pinnat. Toimenpiteen vaikutuksen arviointikriteeriksi määriteltiin siistimättömien valupintojen esiintyminen. Toimenpiteellä saavutettiin ajoittain hyviä tuloksia, mutta osittain pinnan vetäytymisongelman myötä toimenpiteen arviointia ei voitu luotettavasti suorittaa.



Kuva 3.8. Viimeistelemättömän valupinnan ongelmaa (AG-Port Oy).

Havaittu ongelma *massauksen valmistelut puutteelliset* esiintyi tasaisin väliajoin asennusprojektien aikana, erityisesti ensimmäisen projektin alussa. Massauksen valmisteluilla tarkoitetaan pääasiassa järjestelyjä, joilla taataan massan yhtäjaksoinen kulkeutuminen tasosekoittimelta muottien sisään. Tyypillisesti massan kaatamista muottiin helpotetaan tilanteeseen sopivalla valukourulla ja hyödyllisillä apuvälineillä. Puutteellisia massauksien valmisteluja esiintyi niin sanottujen haastavien asennuskohteiden kohdalla. Tällaisia olivat: (1.) ylimmän muottirivin tai -ringin massaukset, (2.) katon muottirivin tai -ringin massaukset, (3.) jäähdetytjen tapitettujen alueiden massaukset. Ylimmän muottirivin tai -ringin massauksessa ongelmat johtuivat kaatoämpäreiden osumisesta kattilan teräskattoon jolloin ämpäriin kääntäminen kokonaan massan ulossaamiseksi oli mahdotonta. Katon muottirivin tai -ringin massauksessa ongelmia tuotti massan ohjaaminen muotin sisään ja massan levittyminen muotin takaosaan. Jäähdetytjen tapitettujen alueiden massauksessa ongelmia tuotti massan hidas valuminen muotin pohjalle ohuen pintavuorauksen ja tappien rajoittaman valumisen johdosta. Yhtenäistä ongelmille oli heikko kommunikaatio massausta toteuttaneiden työntekijöiden ja sekoituksesta vastanneiden työntekijöiden välillä, joka pyrki johtamaan tilanteeseen jossa massaus tapahtui hitaampana kuin massan yhtäjaksoinen kulkeutuminen tasosekoittajalta muotin sisään olisi vaatinut.

Toimenpiteenä ongelmien eliminoimiseksi otettiin käyttöön käsite niin sanotuista haastavista massauskohteista. Haastavien massauskohteiden kohdalla massauksen suunnitteluun käytettiin valvontahenkilöstön ja työntekijöiden toimesta enemmän aikaa ja tämä toteutettiin omana valmistelevana osavaiheena. Ylimmän muottirivin tai -ringin massauksissa otettiin käyttöön pienemmät ämpärit jotka oli mahdollista kääntää kokonaan muotin yläpuolella ämpäriin osumatta kattilan kattoon. Näin massa saatiin ilman

erillistä kauhomista suoraan muotin sisään. Pienempien ämpäreiden käyttö kasvatti asennukseen kuluvaan aikaan, mutta helpotti työvaihetta. Katon muottirivin tai -ringin massauksiin valmistettiin erilliset levyt jotka toimivat niin sanottuina syöttiminä muotin vieressä. Massa kaadettiin ensin levyn päälle, levy nostettiin muotin korkeudelle sen viereen ja erillisellä vanerisoivalla tai työntökolalla painettiin massa kohti muotin takaosaa. Massauksen asennusvauhdin hidastumisen johdosta sovittiin, että tasosekoittajalta lähetetään ketjussa ainoastaan sopiva määrä ämpäreitä ja tasosekoitin pysäytetään. Ämpäreiden palattua tyhjinä takaisin sekoittimelle sekoitin käynnistettiin jälleen ja uudet täytetyt ämpärit lähetettiin matkaan. Näin varmistuttiin siitä, että täysiä ämpäreitä ja massaa ei seiso ketjussa pitkiä aikoja odottamassa kaatovuoroaan, jolloin voi tapahtua massan niin sanottu kovettuminen tai jyskiminen itse ämpäriin. Sekoittimien pysäyttämällä varmistettiin, että sekoitus aika ei veny yli suositusten eikä massan lämpötila nouse turhan suureksi. Jäähdytettyjen tapitettujen alueiden massauksessa hidasta valumista tappien johdosta kompensoitiin ottamalla toleranssien rajoissa hieman lisää valupak-suutta jolloin muotin ja tappien väliin jäi enemmän vapaata tilaa massan valumiselle. Lisäksi valuminen varmistettiin sekoittamalla hieman notkeampaa massaa pienellä vesimäärän lisäyksellä toleranssien puitteissa, sekä simuloimalla vibrausta lyömällä muotin pintaa vasaralla erityisesti ensimmäisten täyttöjen aikana. Erittäin kuumien lämpötilojen aikana sekoituksen yhteydessä massaan lisättiin erillisellä ohjeistuksella noin 0.1 massaprosenttia sitruunahappoa joka pidensi ajallisesti massan juoksevuutta eli kasvatti kovettumisen alkamisaikaa ja näin osaltaan edesauttoi massauksen toteuttamista.

Toimenpiteen arviointikriteeriksi määriteltiin massan yhtäjaksoinen kulkeutuminen tasosekoittimelta muottien sisään riippumatta valukohteesta. Toimenpiteitä voidaan pitää onnistuneina, sillä massaustapahtumien ammattimaisuus kasvoi ja erityisesti haastavien massauskohteiden toteutukset onnistuivat ilman, että valuämpärit seisoivat ketjussa yhtään ylimääräistä aikaa.

Ongelma *valumassan laadunvaihtelut massauksen aikana* esiintyi ajoittain kummankin asennusprojektin aikana. Valumassat sekoitetaan aina käyttäen taso- eli pakosekoittajaa. Tämä on nykyaikaisten hydraulisesti sitoutuvien massojen sekoittamiseen käytetty mikseri. Sekoitin sisältää rumpuosan ja akselin jossa sekoittavat lavat ovat kiinni. Asennusprojekteissa materiaalit toimitetaan 25 kilogramman säkeissä kuiva-aineet valmiiksi sekoitettuna. Tyypillisesti kerralla sekoitettiin 100 kilogrammaa tulenkestävää massaa. Kuiva-aineet kaadetaan sekoittajaan ja perään laitetaan tarkkaan annosteltuna valmistajan ilmoittamaan vesimäärään pohjautuva määrä vettä. Oikea veden lisäys on eräs tärkeimmistä yksittäisistä tulenkestävien vuorauksien asentamiseen liittyvistä asioista. Asennuksessa valumassan laadunvaihtelu näkyi juoksevuuden ja sitoutumisajan vaihteluna joka johtui pääasiassa sekoituksessa käytetyn vesimäärän vaihtelusta. Muita syitä olivat oletettavasti vaihtelut asennusenaikaisessa lämpötilassa ja ilman kosteudessa, sekä sekoitukseen käytetyn veden lämpötilan, puhtauden ja pH-arvon vaihtelussa. Valumassan materiaalista riippuen vesimäärä oli tyypillisesti viiden ja kahdeksan litran välillä ja kulloinkin käytettävä vesimäärä määritellään 0.1 litran tarkkuudella. Vesimäärän mittaamista varten sekoitushenkilöstöllä oli käytössä mittaämpärit joiden

kyljessä näkyi asteikko josta vesimäärän pystyi riittävällä tarkkuudella tulkitsemaan. Ajoittain massauksen aikana oli kuitenkin havaittavissa, että sekoitushenkilöstön käyttämä vesimäärä ei pysynyt tarkkaan samana.

Toimenpiteinä valumassan laadunvaihtelun eliminoimiseksi otettiin käyttöön käytäntö, jossa ensimmäinen sekoitus toteutettiin valvontahenkilöstön kanssa yhteistyössä tavoitteena määritellä kulloinkin vallitseviin olosuhteisiin sopiva vesimäärä. Valvontahenkilöstö seurasi näin massan käyttäytymistä sekoittimessa sekä konkreettista asennettavuutta asennuskohteessa. Tämän jälkeen sekoitushenkilöstö keskittyi tuottamaan sovittun vesimäärän mukaista tasalaatuista massaa. Mittaämpärille sovittiin sopiva paikka jossa vesi täytettiin letkusta. Paikka tuli olla tasainen ja asteikon samassa kohtaa jotta eliminoidaan mittausmuuttujat johtuen kaltevasta pinnasta ja asteikon paikasta. Lisäksi käyttöön otettiin pieni mittakannu jolla pystyttiin lisäämään tai vähentämään tarkasti pieniä vesimääriä. Näin voitiin mittaämpäriin laittaa jokin tarkka litramäärä ja poistamaan haluttu desilitramäärä pienellä mittakannulla esimerkiksi 6.8 litran vesimäärän saamiseksi. Toimenpiteiden vaikutusten arviointikriteeriksi määriteltiin laadunvaihtelun vähentyminen massauksen aikana. Toimenpiteillä saatiin aikaiseksi massan pysyminen paremmin tasalaatuisena koko sekoituksen ajan muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Jossain kohtaa saattoi kuitenkin tulla esiin sekoitushenkilöstön hyvän olon tunne ja sovituisissa asioissa oikominen. Tällöin vesimäärän mittaus saattoi tapahtua ylimalkaisesti tai häivyttynyttä asteikkoa ei viitsitty vahvistaa jolloin mittatarkkuus vähitellen alkoi pienentyä. Kokeilemisen arvoinen toimenpide voisi olla tarkkuusvaaka sekoituspisteen läheisyydessä jolloin punnitsemalla voitaisiin mitata aina tarkka vesimäärä silmämääräisen tulkitsemisen sijaan.

3.2 Teemahaastattelut

Teemahaastattelu on keskustelua, jossa haastattelun aihepiirit eli teema-alueet ovat tiedossa. Se ei irrottaudu tutkimusongelmasta, mutta on muodoltaan vapaa avoimiseen kysymyksineen (Hirsjärvi et al. 2003).

Yrityksen avainhenkilöiden teemahaastatteluilla pyritään kartoittamaan yrityksen toimitusprosessia sekä mahdollisia yleisiä ja asennustyön kehittämiskohtia. Työssä haastateltiin toimitusjohtaja Jorma Pitkästä ja liiketoimintajohtaja Veli-Matti Niskakangasta. Seuraavissa kappaleissa esitetään pääseikkoja ja poimintoja teemahaastatteluiden perusteella.

Toimitusjohtaja Jorma Pitkänen kertoi, että tulenkestävän vuorauksen toimituksessa korostuvat kolme päätekijää: suunnittelu, materiaalit ja asennus. Suunnittelussa päätehtään käytettävistä materiaaleista, rakenteista, ankkuroinnista, liikuntasaumoista ja asennusmenetelmistä. Materiaalit valitaan niiden ominaisuuksien ja soveltuvuuden mukaan huomioiden kattilan eri osissa esiintyvät rasitukset, kuormitukset ja olosuhteet. Asennustyössä korostuu suunnitelmien noudattaminen ja ohjeiden toteuttaminen.

Useimmin vakavat virheet tehdään asennuksen yhteydessä, jolloin laiminlyödään ohjeita, poiketaan niistä, tai puutteellisten suunnitelmien vuoksi asennusorganisaatio

tekee virheellisiä ratkaisuja työmaalla. Tulenkestävän vuorauksen piirustusten ja asennusohjeiden tulee olla niin yksityiskohtaiset ja selkeät, että vuoraus on mahdollista toteuttaa työmaalla kaikilta osin laadittuja suunnitelmia noudattaen ja suunnitelmissa esitettyjä materiaaleja käyttäen. Suunniteltujen asennusmenetelmien tulee olla sellaisia, että ne on mahdollista toteuttaa työmaalla. Asennusorganisaation ei tule tehdä työmaalla mitään ratkaisuja materiaalivalintojen, asennusmenetelmien tai toteutettavien rakenteiden suhteen.

Asennuksen perusta on koko toteutuksen yksityiskohtainen ja huolellinen asennussuunnittelu asennusaikatauluineen. Siihen kuuluvat asennusalueiden määrittely ja aikataulutus. Asennusalueille laaditaan erilliset optimaaliset asennusryhmät jotka ovat tietoisia tavoitteistaan, aikataulusta ja suoritettavan työn laadullisista vaatimuksista. Asennusjärjestys asennusalueille suunnitellaan asennuksen loogisen, turvallisen ja edullisimman tavan mukaan. Asennuksen suunnittelussa massojen siirtäminen, sekoitusasemat, nostolinjat ja nostolaitteet on järkevää suunnitella erikseen huolella.

Pitkänen mainitsee vielä, että ulkomaisissa kohteissa asennuksen suunnittelulla, ohjeistuksella ja valvonnalla on kriittinen merkitys työn onnistumisen kannalta. Ammattimainen toiminta tulee saattaa johdonmukaisesti aina jätteiden kokoamisen ja työalueiden siisteyden tasolle. Yksittäisistä työvaiheista massaus ja erityisesti oikean veden määrän varmistaminen on eräs kriittisimpiä onnistumisen edellytyksiä.

Liiketoimintajohtaja Veli-Matti Niskakangas kertoi, että asennuksen näkökulmasta laatua ja kustannustehokkuutta on mahdollista parantaa asennuksen huolellisella suunnittelulla. Asennuksen suunnittelu on jatkuva prosessi ja esimerkiksi asennustuntien vähentäminen parantuneiden työmenetelmien myötä vaikuttaa huomattavasti toimituksen kokonaiskustannuksiin. Piirustusten kehittämisen suhteen on hyvä tunnistaa riittävä ja tapauskohtaisesti sopiva piirustusten esittämisen määritelmä tai ainakin huomioida kuka vastaa asennuksesta ja miten piirustukset pitää silloin esittää.

Ulkomaisissa projekteissa materiaalien valinnassa on huomioitava niiden ominaisuuksien ja soveltuvuuden lisäksi materiaalien asennettavuuden säilyminen kuumissa ja kosteissa olosuhteissa. Asennettavuuteen vaikuttaa materiaalien ennen aikainen tai viivästynyt sitoutuminen. Ulkomaisissa projekteissa haastetta lisää materiaalien, tarvikkeiden ja työkalujen toimitus pitkien matkojen taakse sisältäen useita välitappeja. Projektin sisällä on tärkeää, että asennus saa tarvittavat työkalut, materiaalit ja resurssit, jotta asennus voidaan toteuttaa suunnitellusti ja oikea-aikaisesti.

Niskakangas tuo vielä esille, että asennus on se osa projektia, joka tapahtuu asiakkaan silmien alla ja että yrityksen imago rakentuu pitkälti sen mukaan miten asennus hoidetaan. On tärkeää toimia yhdessä sovittujen laatukriteerien mukaisesti, mutta isossa mittakaavassa tai kuvassa *nysväämisestä* ja ylilaadusta (lopputuloksen kannalta epäoleellisesta toiminnasta) on päästävä eroon.

4 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELO

Tässä kappaleessa kerätään yhteen tärkeimmät tulokset toimintatutkimuksen aikana kartoitetuista laatuvirheistä sekä haastattelujen perusteella löydettyistä yleisistä toiminnan kehitysseikoista asennuksen suhteen.

4.1 Tulokset

Toimintatutkimuksen aikana havaittiin, että asennustyön toteutus Kaakkois-Aasian olosuhteissa on haastava kokonaisuus, jonka haastavuutta ja epäonnistumisen riskiä on mahdollista pienentää mahdollisimman hyvällä asennuksen suunnittelulla, valmistelulla, koordinoinnilla ja osallistumisella.

4.1.1 Tulokset toimintatutkimuksen perusteella

Toimintatutkimuksen aikana kartoitettiin kahden tyyppisiä laatuvirheitä. Yleisestä toiminnasta johtuvat välillisesti vaikuttavat laatuvirheet vaikuttivat suuresti asennustyön järjestelmälliseen ja tehokkaaseen etenemiseen. Konkreettiset suorat laatuvirheet pyrkivät vaikuttamaan lopullisen asennuksen suunnitelmien vastaavuuteen ja lopputuotteen laatuun.

Kaakkois-Aasian toimintaympäristössä ei ole eurooppalaisella mittapuulla tarkasteltuna toimintatapoja ja -kulttuuria joka tukisi asennustyön toteuttamista työn johtamisen ja organisoinnin näkökulmasta. Suuremman kokoluokan asennusprojektin alkutaipaleella pääasiallinen panostus kannattaakin tehdä yhteisten pelisääntöjen ja toimintatapojen sopimiseen ja luomiseen alihankkijan kanssa. Tässä onnistuminen ja alihankkijan ruotuun saaminen määrittää hyvin pitkälti projektin lopullisen kustannustehokkuuden ja valvontahenkilöstön mahdollisuuden keskittyä suunnitellun tuotteen toteutuksen varmentamiseen. Mahdollisimman alussa saavutettu yhteinen sävel alihankkijan kanssa yhteisistä pelisäännöistä mahdollistaa valvonnan luonnollisen siirtymisen ja painottumisen kohti käytännön asennusta ja oikeiden työmenetelmien toteuttamista. Asennuksen tuloksena syntyvä tulenkestävä vuoraus ja sen hyvä lopullinen laatu on mahdollista saavuttaa ainoastaan toimivien pelisääntöjen muodostamalle perustalle.

Kaakkois-Aasian toimintaympäristössä käytännön työtä suorittavien työntekijöiden ammatillinen osaaminen on hyvin kapeakärkistä. Suurella osalla työntekijöistä ei välttämättä ole lainkaan kokemusta tai ammattitaitoa tulenkestävän vuorauksen asennuksen päävaiheista. Sovittujen yhteisten pelisääntöjen ja toimivien yleisten työmaan toimintatapojen pohjalta on kuitenkin mahdollista toteuttaa asennustyö siten, että suunnitelmien mukainen laadukas lopputulos saavutetaan. Onnistunut lopputulos saavutetaan selkeiden

päävaiheiden ja niiden sisällä oikeaoppisesti suoritettujen osatyövaiheiden ja työmenetelmien kautta.

Päävaiheet (mittaukset ja merkinnät, hitsaukset, eristämiset, muotitus, massaus) voidaan linkittää loogisesti toisiinsa. Asianmukaisen toteutumisen varmistamiseksi käytössä on hyvä olla asennustyön tarkastusasiakirja ja työnohjauskortti joka helpottaa tarkastusten todentamista. Sen tavoite on ohjata kaikki tekeminen oikeisiin asioihin ja varmistaa eräitä keskeisiä työvaiheita.

Työyhteisön yhteisten pelisääntöjen ja toimintatapojen laatiminen alihankkijan kanssa kannattaa tehdä seuraavien seikkojen tai teemojen pohjalta:

- yhteisesti sovitut täsmälliset työajat ja tauot
- työntekijöiden sitoutuminen työhön ja ammattimainen asennoituminen varmistettava
- työpäivän alussa järjestetään nimenhuuto ja poissaoloista sovitaan etukäteen
- työnjohdon kanssa laaditaan yhteistyössä yksilöidyt työtiimit
- tiimien sisäinen rakenne, ammatilliset osaamiset ja tehtävät käydään yhdessä läpi
- alihankkijan työnjohdon velvollisuudet ja vastuut sovitaan kirjallisesti yhdessä alihankintaorganisaation johdon kanssa
- työmaaluvat ja pätevyudet tulee hoitaa nopeasti ja täsmällisesti
- sitoudutaan työmaan turvallisuusmääräyksiin ja omiin erityisohjeisiin turvallisuuden suhteen
- kaikkiin työhön ja työnohjaukseen liittyviin epäkohtiin ja ongelmiin on reagoitava välittömästi
- yleisen ilmapiirin kirkastaminen: virheitä salliva kulttuuri, mutta myös virheistä oppiminen; rehellisyys, oikeudenmukaisuus ja toisten kunnioitus
- sitoudutaan yhteisiin ohjeisiin materiaalien kuljetuksiin ja suojauksiin liittyen sekä työkalujen käyttöön ja huoltoon liittyen
- sovitaan etukäteen molemmin puolisesta joustamisesta ja henkilöstön tasauksista kuormitustilanteiden mukaan
- mahdollistetaan ja tuetaan työntekijöiden kehittymistä sekä pyritään pois etukäteen määritellystä kiinteästä ja kehittymistä jarruttavasta hierarkiasta
- huomioidaan suullisesti ja palkitaan sopivalla tavalla työntekijöitä onnistumisista
- mahdollistetaan molemminpuolisen palautteen ja kritiikin esittäminen positiivisessa hengessä
- sovitaan yhteisistä päivärutiineista ja niiden tarkoituksista: alkupalaveri ja sen merkitys oikeiden asioiden alkamisessa asennukseen siirryttäessä, erillisten kuvitettujen ohjeiden ja päivittäisten tavoitteiden selvittäminen tiimeille
- vuoron lopussa toteutetaan seuraavan päivän suunnittelu ja valmistelu

Merkittävää on, että ei pidetä asioita itsestään selvinä tai kaikkien ajattelevan samalla tavalla. Ilman yhteisiä pelisääntöjä kukin ajattelee omista lähtökohdistaan käsin ja tästä seuraavassa kaaoksessa asennustyön toteutus vaikeutuu huomattavasti.

Päävaiheiden ohjaus ja keskeisten työvaiheiden varmistaminen tarkastusasiakirjan ja työnohjauskortin avulla käytännön asennustyössä kannattaa laatia seuraavien elementtien tai osatekijöiden varaan:

- suunnitellaan asennusjärjestys turvallisuustekijöiden, telinetöiden, tehokkuuden ja loogisen etenemisen perusteella
- kohdennetaan kaikki asennusalueet omiksi järkeviksi kokonaisuuksikseen etenemissuunnitelman mukaisesti
- mitataan ja merkitään etenemissuunnitelman asennusalueen ruudutus piirustusten mukaisesti, suoritetaan tarkastus ja hyväksyntä
- merkitään riittävä ankkurointi keskitetysti piirustusten mukaan sekä suunnitellaan ja merkitään muottien tuennat, suoritetaan tarkastus ja hyväksyntä
- katsotaan ja huomioidaan onko alueella mekaaninen liikuntasäily, läpivienti, miesluukku tai jotain muuta erillistä joka tulee ottaa huomioon *normaalin* asennuksen lisäksi, laaditaan muistutus tarvittavista erillisistä toimenpiteistä
- suoritetaan alueen hitsaukset (hitsattava pinta puhdistetaan, käytetään oikeita lisäaineita ja toteutetaan korkean tasalaatuinen hitsaus), suoritetaan tarkastus ja hyväksyntä
- suoritetaan eristykset (oikeilla materiaaleilla ja oikeaan eristysvahvuuteen sovitulla osavaiheiden suorituksella, avataan ankkurit, eristys muotoillaan oikein piirustusten mukaan mikäli alueella teräshylly, läpivienti tai miesluukku), suoritetaan tarkastus ja hyväksyntä
- lisätään oikean vahvuinen keraaminen kuitu mikäli alueella teräshylly, miesluukku, suoritetaan tarkastus ja hyväksyntä
- suoritetaan muotitus (oikeilla materiaaleilla ja oikeaan valuvahvuuteen sovitulla osavaiheiden suorituksella, tuetaan ja tiivistetään muotit, suoritetaan tarkastus ja hyväksyntä)
- mikäli asennusalue on haastava valukohde, suunnitellaan massaustapahtuma erikseen massan kulkeutumisen ja asentamisen vaatimusten mukaan
- asennusalueen massauksen aikana kerätään tarkastusasiakirjaan ja työnohjauskorttiin erikseen liitettävät tiedot sekoitustapahtumasta: kohdennetaan asennusalue, massauspäivämäärä, valumateriaali, käytetäänkö teräskuituja, ilman lämpötila ja kosteus sekoitushetkellä, veden lämpötila ja pH, vastaavan sekoittajan nimi
- yhden sekoituksen aikana kerätään lisäksi tiedot: sekoituksen aloitusaika ja sekoittamisen alkamisen aika, sekoituksen ensimmäisen ja viimeisen ämpärin täytön aika, alussa lisätty vesimäärä, vesimäärä sekoituksen lopussa mikäli lisätty, huomiot: esim. otettiin näytekappale ja mikä sen numero on
- asennetaan massat tiiviisti koko alueelle, siistitään valupinnat tasaiseksi muotin ylälaidan korkeudelle, suoritetaan tarkastus ja hyväksyntä
- suoritetaan muottien purut sovitulla menetelmällä, suoritetaan tarkastus ja hyväksyntä

Tutkimuksen aikana kartoitetuista laatuvirheistä suuri osa voidaan eliminoida edellä mainituilla työyhteisön yhteisten pelisääntöjen ja toimintatapojen huolellisella käytönotolla. Oikein laaditulla tarkastusasiakirjalla ja työnohjauskortilla, sitä noudattamal-

la ja sitä oikeilla osavaiheiden työmenetelmillä täydentämällä on mahdollista eliminoida suuri osa asennuksen aikana esiintyneistä konkreettisen asennustoiminnan laatuvirheistä.

Mittausten ja merkintöjen laatuvirheitä voidaan eliminoida järjestelemällä valvontahenkilöstön ajankäyttöä siten, että haastavin alue syklonin kartion merkinnät voidaan toteuttaa rauhassa valvontahenkilöstön toteuttamana. Vastaavasti toteutettavia, mutta pienempiä alueita, ovat lisäksi paluukanavan taiteet, hiekkalukko, inlet- ja kuumakaasukanavan kaulukset, tulipesän stepit ja syklonin ja kuumakaasukanavan kaltevat katot. Lisäksi muilla alueilla on mittaukset ja merkinnät hyvä saattaa alulle valvontahenkilöstön toimesta siten, että sopivat tehtävään valitut työntekijät näkevät selkeät esimerkit toteutusperiaatteesta ja osaavat jatkaa merkinnät kyseisillä alueilla kokonaisuudessaan loppuun saakka.

Hitsauksien laatuvirheitä voidaan eliminoida siten, että käytössä on riittävästi ammattimaisesti hitsaustöiden tekemiseen asennoituvia ja hyvälaatuista hitsausjälkeä tekeviä hitsaajia. Näille hitsaajille tulee olla mitattuna ja merkittynä mahdollisimman paljon asennusalueita mahdollisimman aikaisessa vaiheessa asennustyötä. Näin hitsaukset eivät toimi pullon kaulana päävaiheiden sujuvalle ja loogiselle etenemiselle ja hitsaajien on helpompaa keskittyä omaan työhönsä laadukkaana hitsausjäljen tuottamiseksi.

Eristystyön laatuvirheitä voidaan eliminoida toteuttamalla eristäminen selkeinä osavaiheina siten, että yksi osavaihe toteutetaan yhdessä kerralla alusta loppuun saakka eikä eri osavaiheita toteuteta yhtä aikaa. Tiilien muuraus alkaa aina muurauksen valmisteluilla ja muurattavan pinnan puhdistuksella jonka jälkeen yhdessä suoritetaan yhden tiilikerroksen tiilien asentaminen kolouksineen sopivan matkaa ylöspäin. Sopivaan korkeuteen pääsemisen jälkeen ankkurien kolot täytetään eristysmassalla ja vaiheet toistetaan uuden syntyneen tiilipinnan puhdistuksesta alkaen. Viimeisen tiilikerroksen kolojen täyttämisen jälkeen toteutetaan ankkurien avaaminen joka toimii signaalina valmiista eristyksestä. Yksittäisistä työmenetelmistä huomiota tulee kiinnittää laastin valmistukseen ja laastin laadun ja notkeuden pysymiseen sopivana, laastin levitystekniikkaan, ankkureille tehtävien kolojen sopivaan suuruuteen sekä kolojen täyttämiseen eristysmassalla ilman räjäpimistä. Pelkästään eristysmassalla toteutettavien alueiden kohdalla huomiota tulee kiinnittää eristysmassan sekoitukseen ja riittävään vesimäärän sekä tiiviiseen ja tehokkaaseen eristysmassan asentamiseen.

Muotituksen laatuvirheitä voidaan eliminoida toteuttamalla aikaisemmat päävaiheet; mittaukset ja merkinnät, hitsaukset ja eristämiset koko asennettavalle alueelle tai niin pitkälle kuin mahdollista ennen kuin varsinaisia muotituksia aletaan toteuttaa. Muotituksen osavaiheet tehdään kerrallaan koko asennettavalle alueelle eikä toteuteta kaikkia osavaiheita samanaikaisesti esimerkiksi aina yhden ruudun kohdalla. Muotitus lähtee liikkeelle alueen ankkurien tarkastuksesta ja muotitettavan alueen siistimisestä. Lisäksi tarkastetaan onko alueelle lisätty mahdollisesti tarpeelliset keraamiset kuidut tai toteutettu eristyksien muotoilut. Tämän jälkeen asennetaan oikean kokoiset vaakaliikuntasaumot pysyvästi paikalleen ja vasta sitten aloitetaan varsinaisten muottien ja pystyliikuntasauojen asennus. Muotitus päättyy kun muotit on asennettu ja tuettu asianmu-

kaisesti sekä tiivistetty vuodoilta siten, että tiivistysmateriaalia ei ole muottien sisäpuolella. Yksittäisistä työmenetelmistä huomiota tulee kiinnittää vaakaliikuntasauman huolelliseen asennukseen, täyspitkien tai oikean mittaisten tukilankkujen käyttöön, kiilaustekniikkaan ja ei-suljetun alueen viimeisen muotin pystyliikuntasauman tuentaan. Lisäksi muottien tulee olla puhtaita sisältä ja muottien tiivistys toteutettu huolella.

Massauksen laatuvirheitä voidaan eliminoida panostamalla massauksen valmisteluihin ennen sekoitusvaihetta, toteuttamalla valumassan sekoitusvaihe huolellisesti tarkkaan laaditun sekoitustapahtuman ohjaavan ja taltioivan asennettavan alueen tarkastusasiakirjaan liitettävän sekoituspöytäkirjan avulla, sekä panostamalla myös massauksen lopetukseen ja valupintojen huolelliseen tasoittamiseen ja siistimiseen. Valmistelujen tuloksena muodostetaan selkeä käsitys ja varmistetaan massan yhtäjaksoinen kulkeutuminen sekoittimelta muottien sisään sekä tähän vaadittavat mahdolliset henkilö- ja nostojärjestelyt, valukourut ja apuvälineet. Sekoitustapahtuman ohjaavan ja taltioivan sekoituspöytäkirjan avulla eliminoidaan kaikki sekoituksen aikainen ylimääräinen säätäminen tai asioissa luistaminen. Samalla taltioidaan sekoituksesta mahdollisimman kattavasti tiedot joiden perusteella voidaan esimerkiksi oppia tai tutkia mahdollisia syitä vuorauksen pinnan laatuvirheille tai jälkikäteen tapahtuvalle vuorauksen ennen aikaiselle laadunalentumiselle. Massauksen lopetuksessa huolehditaan viimeisestä valumassan yläpinnan laadusta ja varmistetaan seuraavan rivin muotituksen toteutukselle parhaat lähtökohdat.

Taulukkoon 4 on kerätty yhteen kartoitetut laatuvirheet osa-alueittain. Kunkin osa-alueen laatuvirheille on annettu painotuskerroin tärkeyden puolesta ja arvosana laatuvirheen eliminoinemiseksi suoritettujen toimenpiteiden onnistumisesta.

Taulukko 4. Laatuvirheet osa-alueittain ja toimenpiteiden onnistuminen.

LAATUVIRHE (OSA-ALUEITTAIN)	PAINOKERROIN	TOIMENPITEIDEN	
		ONNISTUMISEN ARVOSANA	
Asennustyön toimintaympäristö	1	7,8	
työntekijöiden ammatillinen osaaminen kapeakärkistä	0,2	9	1,8
alihankkijan oman työnjohdon näennäinen organisointi ja vastuunotto, sekä olematon, hidas tai näennäinen reagoiminen epäkohtiin ja ongelmiin	0,2	6,5	1,3
alihankintaorganisaation ja työntekijöiden haluttomuus kehittää itseään ja organisaatiota	0,1	6	0,6
työnjohdon ja -tekijöiden poissaolot ja katoamiset	0,05	8	0,4
ajoittainen työntekijöiden valehtelu, varastelu ja jälkien peittäminen	0,1	9	0,9
työntekijöiden heikko vastuu työkaluista ja materiaaleista	0,15	8,5	1,28
työntekijöiden heikko kielitaito, ohjeiden ymmärtäminen ja sisäinen kommunikointi	0,15	8,5	1,28
alihankkijan jäykkä, kaverisuhteisiin nojautuva ja kehittymistä vastustava hierarkia sekä sisäpiirien ulkopuolisten syrjintä	0,05	5	0,25

Mittaukset ja merkinnät -päävaihe	1	9,7	
työntekijöiden väärin toteutetut mittaukset ja merkinnät	0,6	9,5	5,7
syklonin kartion mittaaminen ja merkitseminen	0,4	10	4
Hitsaukset -päävaihe	1	8,7	
ammattitaitoisten hitsaajien suuri kuormitus ja hitsaustyöt ajoittaisena asennustyön pullonkaulana	0,4	9	3,6
hitsausjäljen laatuvirheet	0,6	8,5	5,1
Eristykset -päävaihe	1	8,3	
eristystiilien liian pieni tai suuri koloaminen sekä kolojen täyttämisen ongelmat	0,2	7,5	1,5
raot eristystiilikerrosten välissä ja tästä seuraava liian suuri eristyspaksuus	0,3	9	2,7
väärä laastin levitysmenetelmä ja epävakaat eristyskerrokset	0,3	8	2,4
eristysmassan vaihteleva vesimäärä	0,2	8,5	1,7
Muotitus -päävaihe	1	8,5	
muottien sisällä irtotavaraa	0,3	9	2,7
muotituksen osavaihe jäänyt toteuttamatta	0,3	9	2,7
puutteellinen muottien tuenta	0,2	8	1,6
muottien kolojen täytemateriaalin ulottuminen muotin sisäpuolelle	0,2	7,5	1,5
Massaus -päävaihe	1	8,2	
massauksessa valettu yli muotin yläreunan	0,3	7	2,1
massauksen valmistelut puutteelliset	0,3	9	2,7
valumassan laadunvaihtelut massauksen aikana	0,4	8,5	3,4

Mikäli sopivaa toimenpidettä ei onnistuttu määrittelemään, arvosanaksi on osoitettu viisi (5). Näin laskettuna saadaan kunkin osa-alueen laatuvirheiden poistumiselle ja toimenpiteiden onnistumiselle painotettu yleisarvosana.

4.1.2 Tulokset haastatteluiden pohjalta

Haastatteluiden perusteella ei kartoitettu varsinaisia toiminnan tai asennuksen laatuvirheitä. Haastatelluista kumpikin, niin Jorma Pitkänen kuin Veli-Matti Niskakangas, korostivat laatupoikkeamien syntymisessä niiden ennaltaehkäisemisen tärkeyttä suhteessa syntyneiden laatuvirheiden korjaamiseen. Yleisellä tasolla toiminnassa voidaan yhä kehittää ja parantaa ehkäisevää toimintaa jonka tarkoituksena on estää vikojen ja virheiden syntyminen jalostusketjussa. Millään yrityksellä (erityisesti pienen kokoluokan yrityksellä), ei ole varaa virheisiin jotka johtavat esimerkiksi takuukorjauksiin, korvauksiin ja maineen menetykseen.

4.2 Tulosten tarkastelu

Työn alussa tutkimusongelmaa tutkittiin pääkysymyksellä ”*Mitä laatuvirheitä asennuksessa Kaakkois-Aasian työolosuhteissa esiintyy*”, sekä osakysymyksillä ”*Mikä on laatuvirheiden juurisyy ja mitkä tekijät vievät haluttua asennustyön toteutusta pois suunnitellusta?*” ja ”*Miksi, missä ja koska nämä tekijät syntyvät?*”. Tuloksia tarkasteltaessa voidaan väittää, että esitetyt tulokset osaltaan toimivat vastauksina tutkimuskysymyksiin, eikä työssä esitetä tuloksia jotka vastaisivat johonkin muuhun kuin alkuperäisiin tutkimuskysymyksiin. On kuitenkin huomioitava, että tutkimuksen pääasiallisena tutkimusmenetelmänä käytetty toimintatutkimus toteutettiin osallistumalla konkreettisesti ainoastaan kahteen tulenkestävän vuorauksen asennusprojektiin jotka toteutettiin periaatteessa samalla työmaa-alueella Filippiineillä. Tutkimuksen tuloksia peilattaessa yleisesti Kaakkois-Aasian ja tähän rinnastettavissa oleviin työolosuhteisiin on tuloksien osalta muistettava, että laajemmassa kontekstissa ne toimivat ainoastaan yleistyksinä eikä tarkkoina määritelminä. Vastaavasti on huomioitava, että muissa Kaakkois-Aasian ja tähän rinnastettavissa olevissa toimintaympäristöissä olisi varmasti löytynyt uusia ja erilaisia epäsuoria ja suoria laatuvirheitä sekä yleisesti ottaen toimintaympäristöstä että käytännön asennustyöstä. Tästä näkökulmasta arvioituna työn tulokset vastaavat vain osittain tutkimuskysymykseen.

Tuloksia tarkasteltaessa ei voida väittää, että työssä tuodaan esille paljon uutta ja merkittävää tietoa jota työn tilaajayrityksen eri henkilöillä ei yksilötasolla entuudestaan olisi ollut. Työn tuloksien arvon voidaankin väittää olevan enemmän käytännön esimerkkien keräämisessä ja niiden muuttamisessa ymmärrettävään ja tulkittavaan muotoon, jolloin ne ovat myös yhteisessä käytössä. Tätä yhteistä koostettua tietopohjaa voidaan käyttää helpommin perustana yrityksen toimintaa ja asennustyötä analysoitaessa ja kehitettäessä. Näin toimittaessa työn ja saavutettujen tuloksien käytännöllinen merkitys saadaan perusteltua.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen aikana kerättiin yhteensä 8 asennustyön toimintaympäristöstä ja yleisestä organisoinnista kartoitettua laatuvirhettä. Tällaisia laatuvirheitä ovat vallitsevasta toimintaympäristöstä, paikallisen alihankkijan toimintakulttuurista ja -tavoista sekä asennustyön yleisestä johtamisesta ja organisoinnista johtuvia usein epäsuoria ja välillisiä tekijöitä jotka pyrkivät viemään asennustyön toteutusta pois suunnitellusta, laskemaan asennustyön joutuisuutta tai heikentämään turvallisuutta.

Tutkimuksen aikana kerättiin yhteensä 15 asennustyön konkreettisessa toiminnassa kartoitettua laatuvirhettä. Päävaiheiden; mittaukset ja merkinnät, hitsaukset, eristämiset, muotitus, massaus, osalta laatuvirheet painottuivat enemmän eristämisen ja muotituksen vaiheisiin.

Tutkimuksessa suoritettiin toimintatutkimuksen rungon mukaisesti kartoitetuille ja valituille laatuvirheille niiden eliminointiratkaisut ja toimenpiteiden arvioinnit määriteltujen kriteerien mukaisesti. Pääasiassa eliminointiratkaisut onnistuivat ja niin sanotuilla interventioilla oli myönteinen vaikutus laatuvirheiden poistumisen suhteen.

Yleisen organisoinnin osalta haastavimmat laatuvirheet eliminoitavaksi ovat sellaiset jotka liittyvät alihankkijan omaan sisäiseen hierarkiaan ja toimintakulttuuriin. Vallitsevien asenteiden ja toimintatapojen muuttaminen tai purkaminen haluttuun suuntaan voi onnistua näennäisesti, mutta erityisesti asennustyön korkean kuormituksen aikana asioilla oli tapana palata ainakin osittain takaisin synnynnäiseen tilaansa. Asennustyötä toteuttavan aliurakoitsijan valinnassa suositeltavaa on keskittyä sen organisaation johdon ja työnjohdon standardien arviointiin. Asennushenkilöstön käytännön työn osaaminen on koulutettavissa, mutta yleisessä toimintakulttuurissa he peilaavat omaa keski- ja ylintä johtoaan. Mikäli tämä näyttäytyy enemmän tai vähemmän leväperäisenä yhteisten pelisääntöjen sopimisesta ja noudattamisesta työmaalla voi tulla liian haastava kokonaisuus valvontahenkilöstölle toteuttaa. Valitun alihankkijan kanssa on suositeltavaa laatia toimintasäännöt ja -tavat edellä mainittujen teemojen pohjalta.

Käytännön asennustyön suorien laatuvirheiden osalta eliminointiratkaisut onnistuivat pääasiassa erittäin hyvin. Tämä edellyttää asennuksen päävaiheiden selkeää ohjausta ja päävaiheiden sisällä johdonmukaista osavaiheiden suorittamista oikein opituilla työmenetelmillä. Osaltaan on hyväksyttävää, että asennustyöhön osallistuvan asennushenkilöstön kaikki työntekijät eivät missään vaiheessa opi valvontahenkilöstön sisään ajamia oikeita työmenetelmiä tai saavuta laaja-alaisempaa ymmärrystä suoritettavasta työn osavaiheista tai työmenetelmistä. Tämä on eräs osatekijä perustelulle valvontahenkilöstön läsnäolon tarpeesta.

5.1 Toimenpidesuosituksset

Tutkimuksen aikana osoitettiin kuitenkin se, että laatuvirheistä suuri osa voidaan eliminoida työyhteisön yhteisten pelisääntöjen ja toimintatapojen huolellisella käyttöönotolla. Käytännön asennuksessa suositeltavana tukena on hyvä olla käytössä työn tarkastusasiakirja ja työnohjauskortti (työmaarakentamisessa käytetään usein nimitystä Inspection & Test Plan). Sitä noudattamalla ja sitä oikeilla osavaiheiden työmenetelmillä täydentämällä on mahdollista eliminoida suuri osa asennuksen aikana esiintyneistä konkreettisen asennustoiminnan laatuvirheistä. Työn perusteella rakennettu tarkastusasiakirja ja työnohjauskortti -malli on esitetty liitteessä 1.

Olenaisena osana tarkastusasiakirja ja työnohjauskorttia on siihen liitettävä sekoituspöytäkirja. Se kerää massauksen aikaisen sekoitustapahtuman tiedot täydentäen tarkastusasiakirja ja työnohjauskortin näin kokonaisvaltaiseksi informaatiokokonaisuudeksi siitä mitä asennus on kullakin alueella pitänyt sisällään, kuinka se on toteutettu ja kuinka oikea toteutus on todennettu. Työn perusteella rakennettu sekoituspöytäkirja -malli on esitetty liitteessä 2.

Sekoituspöytäkirjan tarkkuus eri käyttötarkoituksessaan on hyvä arvioida erikseen. Mikäli halutaan mitata esimerkiksi sekoitusaikoja tarkkaan, on tämä järjestettävä todennäköisesti erillisen kirjanpitäjän toimesta. Tämän ei välttämättä ole mielekäästä kokonaisuus huomioon ottaen. Sekoituspöytäkirjan ja sekoitusprosessin normatiivisilla käytännöillä halutaan ensisijaisesti varmistaa vastuullinen vesimäärän käyttäminen ja mittaus. Ison mittakannun tai asteikoilla merkityn ämpärin sijasta suositeltavaa olisi ainakin kokeilla sopivan tarkkuusvaa'an ja pienen mittakannun yhdistelmää.

Työn perusteella voidaan todeta, että toimitusprosessin tulee tukea kaikilta osiltaan asennustyön vaihetta. Erillisinä tutkimus- tai toimenpidesuosituksina esitetään seuraavaa:

1. Tutkimus ja kehitys syklonin kaarevien pintojen muottien tukemistarkoituksen kehittämiseksi tavoitteena tehokkaampi ja laadukkaampi muotintuentaratkaisu.
2. Tutkimus ja kehitys esivalmistettujen muottien pintavanerin materiaalin vaikutuksesta lopullisen valumassan pinnan rokonarpisuuteen tai vastaavasti sileyteen.
3. Tutkitaan millä tavoin materiaalitoinnit voidaan ottaa tehokkaammin mukaan tutkimukseen ja kehitykseen materiaalien asennettavuuden varmistamiseksi kosteissa ja kuumissa olosuhteissa. Sovitaan käytännön tukipalvelun järjestämisestä hankintavaiheessa esimerkiksi materiaalinkäyttämiseen liittyvissä ongelmissa.

Toteutetaan suunnittelun tuloksena syntyvien työpiirustusten arviointi asennustyön aikaisen luettavuuden ja ymmärrettävyyden optimoinniksi ja varmistamiseksi. Työpiirustusten selkeyttä voidaan kehittää esimerkiksi seuraavien suositusten pohjalta:

Mittaus ja merkinnät vaihe voidaan toteuttaa tehokkaasti ja laadukkaasti mikäli suunnittelutyön tuloksena syntyvät työpiirustukset ovat selkeät ja yksiselitteiset. Mittaukset ja merkinnät -vaiheen onnistumisen edellytykset ovat:

1. Ensimmäiset niin sanotut referenssiiviivat ovat järkevästi valittu ja selkeästi esitetty työpiirustuksissa.
2. Referenssiiviivojen sijainti on helposti määritettävissä käytännössä, esimerkiksi etäisyytenä jostain konkreettisesta kattilan geometriasta tai kattilan kiinteästä teräsosasta kuten teräslaipasta, kattilan osien hitsausaumasta tai mekaanisesta paljesaumasta.
3. Seuraavien viivojen suunta ja etäisyys on selkeästi esitetty työpiirustuksissa huomioiden käytettävien muottien dimensiot sekä liikuntasauaman (suositaan standardipituuksia, esimerkiksi 600+3mm)
4. Viimeinen alueen merkinnät päättävä viiva (usein standardipituudesta poikkeava) on esitetty selkeästi työpiirustuksissa ja sijainnille annetaan varmistava konkreettinen dimensio jostakin kiintopisteestä vastaavasti kuin ensimmäiselle referenssiivivalle
5. Yksittäiset viivat jotka eivät ole johdannaisia mistään referenssiivivoista esitetään työpiirustuksissa samassa laajuudessa kuin ensimmäiset referenssiiviivat
6. Viivojen, joiden esittäminen yksiselitteisen selkeästi työpiirustuksissa tai joiden merkitseminen on haasteellista, apuna käytetään esimerkiksi seikkaperäistä kuvitusta tai valokuvia.

Tavoitteena työpiirustusten kehittämisprosessille on, että ymmärretään missä kohtaa työpiirustuksissa syntyy tulkinnallisia haasteita ja mikä on paras tapa esittää yksinkertaisia alueita. Näin mittaukset ja merkinnät voidaan toteuttaa tehokkaasti työpiirustusten mukaisesti.

5.2 Työn onnistumisen arviointi ja jatkotutkimustarpeet

Työn toimintatutkimuksen käytännön osio toteutui tutkijan omasta näkökulmasta hyvin huomioiden kokonaisuudessaan olosuhteet jossa tutkimus toteutettiin. Tutkimusosion perintönä on luotu yhteistä koostettua tietopohjaa jota voidaan käyttää asennustyötä analysoitaessa ja kehitettäessä. Lisäksi toimintatutkimuksen runkoa voidaan käyttää toimintatapamallina tulevien projektien ongelmien ja ongelmien ratkaisun toteutuksessa ja dokumentoinnissa.

Työn teemahaastatteluiden kautta ei onnistuttu samalla tapaa ammentamaan työn saatteeksi uusia kehitys- ja suositusideoita kuin mitä alun perin tutkijan tavoitteina oli saavuttaa toimitusprosessia syväluotaamalla. Osittain tähän vaikutti työn laajuuden rajoitukset ja aikataululliset tekijät. Työn mahdollinen jatkotutkimusalue voisi olla kartoittaa yrityksen toimintaa nykytila-analyysillä ja määrittellä tärkeimmät toimintaprosessit. Tämä ja tässä työssä toteutettu asennustyön analyysi loisivat ja täyttäisivät myös jo laajuudeltaan riittävän pohjan esimerkiksi laatujärjestelmän suunnittelulle ja käyttönotolle ISO 9001 -laatustandardin vaatimuksien mukaisesti.

LÄHTEET

Andersson, P & Tikka, H. 1997. Mittaus- ja laatutekniikat. Porvoo; Helsinki, WSOY. 323 p.

Beamon, B.M. 1998. Supply chain design and analysis: Models and methods. *International Journal of Production Economics* 55, 3, pp. 281-294.

Christopher, M. 2011. *Logistics and supply chain management*. 4th Edition. Great Britain, Pearson Education Limited. 276 p.

Clark, K.B. & Fujimoto, T. 1991. *Product development performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry*. Harvard Business Press. 409 p.

Cooper, R.G. 1994. Third-Generation New Product Processes. *Journal of Product Innovation Management*, 11, 1, pp. 3-14.

Croxtan, K.L., García-Dastugue, S.J, Lambert, D.M. and Rogers, D.S. 2001. The Supply Chain Management Processes. *International Journal of Logistics Management*, 12, 2, pp. 13-36.

Feigenbaum, A. V. 1991. *Total quality control*. 3rd ed. New York, McGraw-Hill. 863 p.

Fine, C.H. 1998. *Clockspeed, Winning industry control in the age of temporary advantage*. New York, Basic Books. 272 p.

Gupta, S. & Krishnan, V. 1998. Product family-based assembly sequence design methodology. *IIE Transactions*, 30, 10, pp. 933-945.

Heikkinen, H. L. T. & Jyrkämä, J. 1999. Mitä on toimintatutkimus? In: Heikkinen, H., Huttunen R. & Moilanen, P (ed). *Siinä tutkija missä tekijä. Toimintatutkimuksen perusteita ja näköaloja*. Jyväskylä, Atena. 232 p.

Hirsjärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P. 2003. *Tutki ja kirjoita*. 10. painos, Vantaa, Tammi. 436 p.

Hong, P., Doll, W.J., Nahm, A.Y. & Li, X. 2004. Knowledge sharing in integrated product development. *European Journal of Innovation Management*, 7, 2, pp. 102-112.

Huhtala, P. & Pulkkinen, A. (toim.) 2009. *Tuotettavuuden kehittäminen: parempi tuoteisto useasta näkökulmasta*. Helsinki, Teknologiateollisuus. 431 p.

Juran, J. M. & Blanton Godfrey, A., Hoogstoel, R. E. (ed.) & Schilling, E. G. (ed.). 1999. Juran's quality handbook. 5th edition. New York, McGraw-Hill. 1800 p.

Kasanen, E., Lukka, K. & Siitonen, A. 1991. Konstruktiivinen tutkimusote liiketaloustieteessä. Liiketaloudellinen Aikakauskirja, 3, pp. 301-329.

Kattelus, J. 2010. Biomassan termisen konversion ja palamisen mallinnus leijupetikattilassa. Kandidaatintyö. Lappeenranta. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Energiatekniikan tiedekunta. 62 p.

Kemmis, S. & McTaggart, R. 1988. The Action Research Planner. Geelong, Deakin University Press.

Khan, A. A., de Jong, W., Jansens, P.J., Spliethoff, H. 2009. Biomass combustion in fluidized bed boilers: Potential problems and remedies. Fuel Processing Technology, 90, 1, pp. 21-50. Vuosik. 90.

Kontio, A. 2000. PK-yrityksen itsearviointi: käytännönläheinen työväline toiminnan kehittämiseen. Helsinki, Laatukeskus. 185 p.

Krishnan, V. & Ulrich, K.T. 2001. Product Development Decisions: A Review of the Literature. Management Science, 47, 1, pp. 1-21.

Kuula, A. 1999. Toimintatutkimus. Kenttätyötä ja muutospyrkimyksiä. Tampere, Osuuskunta Vastapaino. 240 p.

Lambert, D.M. & Cooper, M.C. 2000. Issues in Supply Chain Management. Industrial Marketing Management, 29, 1, pp. 65-83.

Lambert, D.M., Cooper, M.C. and Pagh, J.D. 1998. Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities. International Journal of Logistics Management, 9, 2, pp. 1-20.

Lecklin, O. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. 5. painos. Helsinki, Talentum, 2006 Karisto. 408 p.

Lillrank, P. M. 1998. Laatuajattelu: laadun filosofia, tekniikka ja johtaminen yhteiskunnassa. Helsinki, Otava. 203 p.

Lohtander, M. 2009. In: Huhtala, P. & Pulkkinen, A. (toim.): Tuotettavuuden kehittäminen: parempi tuotteisto useasta näkökulmasta. Helsinki, Teknologiateollisuus. 431 p.

- Mabert, V.A. & Venkataramanan, M.A. 1998. Special Research Focus on Supply Chain Linkages: Challenges for Design and Management in the 21st Century. *Decision Sciences*, 29, 3, pp. 537-552.
- Mentzer, J.T., DeWitt, W., Keebler, J.S., Min, S., Nix, N.W., Smith, C.D. and Zacharia, Z.G. 2001. Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, 22, 2, pp. 1-25.
- Meyer, M.H., Tertzakian, P. & Utterback, J.M. 1997. Metrics for Managing Research and Development in the Context of the Product Family. *Management Science*, 43, 1, pp. 88-111.
- Moisio, J. & Tuominen, K. 2008. Toimintajärjestelmän kehittäminen. Oy Benchmarking Ltd. 109 p.
- Nagurney, A. 2006. Supply Chain Network Economics: Dynamics of Prices, Flows, and Profits. Cheltenham, Edward Elgar Pub. 413 p.
- Niskakangas, Veli-Matti. 2014. Liiketoimintajohtaja, AG-Port Oy. Tampere. Haastattelu 17.4.2014.
- Niskakangas, V. O. 2005. Kiertoleijukattilan vuorausmenetelmät ja niiden vertailu. Diplomityö. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, konetekniikan osasto. 67 p.
- Nurmi, M. 1999. Laatuapinen: opas pk-yritysten kehittämiseen. Tampere, Tampereen teknillinen korkeakoulu, turvallisuustekniikka. 127 p.
- Pitkänen, J. 2010. Tulenkestävät vuoraukset ja niihin liittyvät eroosio-ongelmat. *Pro-maint-lehti*, 1, pp. 44-50.
- Pitkänen, Jorma. 2014. Toimitusjohtaja, AG-Port Oy. Tampere. Haastattelu 17.4.2014.
- Porter, M.E. 1985. *Competitive advantage: creating and sustaining superior performance*. New York, Free Press. 557 p.
- Puotunen, E. 2013. Impact of new product development decisions on supply chain. Diplomityö. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, tuotantotalouden koulutusohjelma. 80 p.
- Salvador, F., Forza, C. & Rungtusanatham, M. 2002. Modularity, product variety, production volume, and component sourcing: theorizing beyond generic prescriptions. *Journal of Operations Management*, 20, 5, pp. 549-575.

Saunders, M., Lewis, P. & Thornhill A. 2009. *Research Methods for Business Students*, Fifth Edition. Harlow, England, Pearson Education Limited. 614 p.

Sippola, K. 1997. Laatu-kustannusten käyttäytymistä tutkitaan suomalaisella aineistolla: Perinteinen vai uusi kustannusmalli? *Laatuviesti*, Suomen laatu-yhdistys ry:n jäsenlehti, 1997:3, pp. 24-26.

Skjøtt-Larsen, T., Schary P.B., Mikkola, J.H. & Kotzab, H. 2007. *Managing the Global Supply Chain*. Copenhagen Business School Press. 459 p.

SFS-EN ISO 9000. *Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto*. Helsinki 2005, Suomen standardisoimisliitto. 69 p.

Ulrich, K. T. & Eppinger S.D. 2008. *Product design and development*, 4th edition. Boston, McGraw-Hill. 368 p.

Varonen, M. 2008. *Oxyfuel combustion in a circulating fluidized bed boiler*. Diplomityö. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, energia- ja prosessiteknikan laitos. 59 p.

LIITTEET

Liite 1. Tarkastusasiakirja & työnohjauskortti -malli

AG-Port Oy, Tarkastusasiakirja & työnohjauskortti						
Projekti: <i>Bataan #3</i>		Alue: <i>Inletkanava</i>		Puirustus No.: <i>#5</i>		
Tarkka asennusalue: <i>Itä Seinä paljesaumasta sykloniin, rivi #3/10</i>						
Akt. No.	Aktiviteetti	Aktiviteetti suoritettu	Suorituksen pvm	Aktiviteetti tarkastettu	Tarkastus pvm	Huomiot
MITTAUKSET JA MERKINNÄT						
1.1	Piirustuksien luku ja ymmärrys	TA, KN	21.10.2013	-		
1.2	Ruudutuksen mittaus ja merkintä	KN	22.10.2013	TA, KN	22.10.2013	
1.3	Ankkuroinnin merkintä	TA	22.10.2013	KN	22.10.2013	
1.4	Muottien tuentojen merkinnät	TA	22.10.2013	KN	22.10.2013	
1.5*	Miesluukku huomioitu	TA	22.10.2013	KN	22.10.2013	<i>80mm ei eristystä, ankkurien paikat</i>
HUOMIOT:						
HITSAUKSET						
2.1	Hitsattavan pinnan puhdistus	alih	23.10.2013	TA	23.10.2013	
2.2	Teräshyllyn hitsaukset	alih (Ricky)	22.10.2013	KN	22.10.2013	<i>Teräshylly No. 5</i>
2.3	Ankkurien & tuentojen hitsaukset	alih (Ricky)	23.10.2013	TA	23.10.2013	
HUOMIOT:						
ERISTYKSET						
3.1	Eristyksien asennus	alih	26.10.2013	KN	26.10.2013	
3.2	Ankkurien avaus	alih	26.10.2013	TA	27.10.2013	
3.3*	Eristyksien muotoilu	alih	26.10.2013	KN	26.10.2013	<i>Paljesaumassa ja miesluukun kohdalla</i>
3.4*	Keraamisen kuidun asennus	alih	23.10 & 26.10	KN	26.10.2013	<i>Paljesauma 25mm, miesluukulla 50mm</i>
HUOMIOT:						
MUOTITUS						
4.1	Muottien asennus	alih (Richard)	28.10.2013	TA	28.10.2013	
4.2	Liikuntasamat	alih		TA	28.10.2013	
HUOMIOT:						
MASSAUS						
5.1	Erikseen suunniteltava massa?	<i>Ei</i>				
5.2	Lupa massaukseen myönnetty?	<i>Kyllä</i>				
5.3	Massan asennus	alih	28.10.2013	KN	28.10.2013	
5.4	Sekoituspöytäkirjan tarkastus ja liittäminen			KN	28.10.2013	<i>Sekoituspöytäkirja No. 81</i>
HUOMIOT:						
MUOTTIEN PURKU						
6.1	Muottien purkamisen suunnittelu	alih, TA	11.11.2013			
6.2	Muottien purku	alih	11.11.2013	KN	11.11.2013	<i>Alueella erittäin sileä pinta</i>
HUOMIOT:						
MUUT HUOMIOT JA MERKINNÄT:						
Tarkastusasiakirja & työnohjauskortti vastaanotettu, hyväksytty ja arkistoitu 29.10.2013 H Koljonen						
HUOMIOT:						

Liite 2. Sekoituspöytäkirja -malli

AG-Port Oy, Sekoituspöytäkirja									
Projekti: Bataan #3		Alue: Inletkanava		Sekoituspöytäkirja No.81					
Tarkka asennusalue: Itä Seinä paljesaumasta sykloniin, rivi #3/10				Päivämäärä: 28.10.2013					
Akt. No.	Aktiviteetti	Aktiviteetti suoritettu	Suorituksen kellonaika		Huomiot/ Mittaukset				
MASSAUKSEN ESITIEDOT									
1.1	Alueen tarkastusasiakirja hyväksytty	TA	13:05						
1.2	Lupa massaukseen myönnetty	TA	13:05						
HUOMIOT:									
SEKOITUSTAPAHTUMAN ESITIEDOT									
2.1	Käytettävä materiaali varmistettu	alih (Jay)	13:12		JonFlo 49				
2.2	Käytettävää materiaalia riittävästi	alih (Jay)	13:12		Laskettu 600kg tarpeen mukaan				
2.3	Vesipaine tarkistettu ja pH	alih (Jay)	13:13		pH: 6,8				
2.4	Juoksutetun veden lämpötila	alih (Jay)	13:14		T: 26,8 °C				
2.5	Ilmanlämpötila ja -kosteus	alih (Jay)	13:14		T: 30,2 °C RH: 78%				
2.6*	Teräskuitujen tarve ja mittaus	-	-						
HUOMIOT:									
Sovittu alun vesimäärä 7,1 litraa (vastaavat olosuhteet kuin edellispäivänä)									
SEKOITUKSET									
	Materiaalin koodi	Määrä	Vesimäärä alussa	Sekoituksen aloitusaika	Sekoituksen aloitusaika	Ensimmäisen erän aika	Viimeisen erän aika	Vesimäärä lopussa	Huomiot
#1	JonFlo 49 pallet 00356-78	100kg	7,1	13:16:30	13:19:05	13:23:00	13:25:30	7,3	kuiva mylly
#2	--"--	100kg	7,1	13:28:00	13:29:50	13:33:30	13:36:00	7,1	
#3	--"--	100kg	6,9	13:38:00	13:40:25	13:44:00	13:46:30	7,0	
#4	--"--	100kg	7,0	13:47:30	13:49:25	13:52:30	13:54:30	7,0	
#5	JonFlo 49 pallet 00356-79	100kg	7,0	13:56:00	13:57:55	14:00:30	14:02:30	7,0	
#6	--"--	100kg	7,0	14:04:30	14:06:25	14:08:30	14:10:30	7,0	
#7	--"--	25kg	1,7	14:12:30	14:14:25	14:17:30	14:18:30	1,7	
#8									
#9									
#10									
#11									
#12									
#13									
#14									
#15									
#16									
#17									
#18									
#19									
#20									
#21									
#22									
#23									
#24									
#25									
#26									
#27									
#28									
#29									
#30									
#31									
#32									
#33									
#34									
#35									
YHT	JonFlo	625kg							
Sekoituspöytäkirja vastaanotettu, hyväksytty ja liitetty tarkastusasiakirjaan 28.10.2013 TA									
HUOMIOT:									