

# Loppuraportti

TKI: Valmistusprosessin Kehittäminen  
Liukulaakereiden putket - ABB

Toni Taavila, Timi Tamminen ja Konsta Kilponen

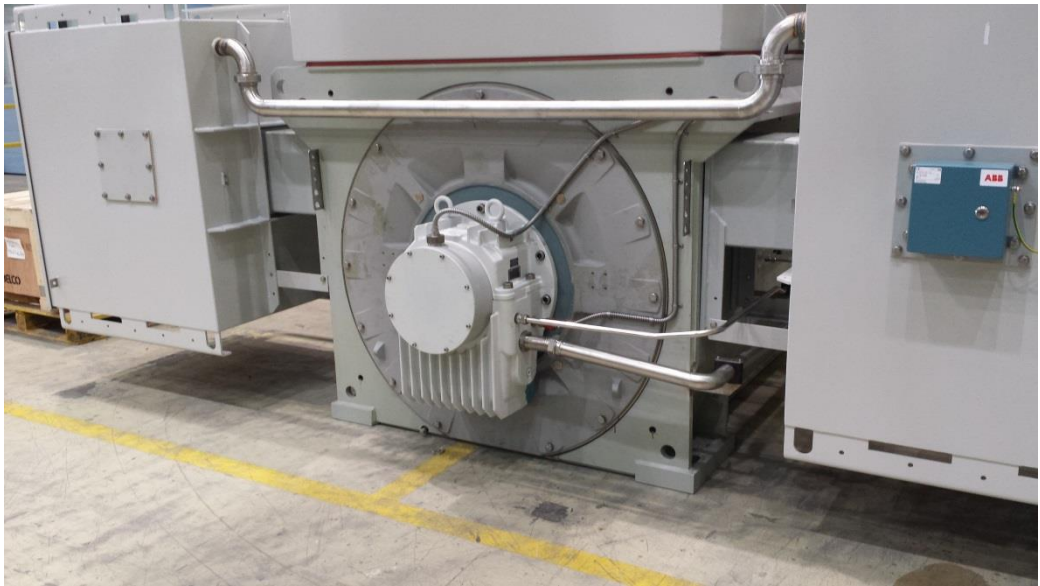
## Sisällysluettelo

1	Johdanto	2
2	Teoria	3
2.1	Tuotannonkehitys työkalut	3
2.1.1	Toyota Production System (TPS)	3
2.1.2	Lean 4	
2.1.3	Six Sigma	4
2.1.4	4Q 4	
2.2	Liukulaakeri	5
2.2.1	Liukulaakerityyppejä	6
3	Tutkimusmenetelmät	7
4	Tulokset ja tarkastelut	8
4.1	Prosessikaavio	8
4.2	Virheiden Kategorisointi	9
5	Yhteenveto	10
6	Liitteet	11

## 1 Johdanto

ABB:llä valmistettavien isojen induktiokoneiden akseli omaa valtavan ominaismassan ja tarvitsee pyörimistä varten erittäin kestävä, luotettava ja akselia säästävän laakeriston. Nykypäivän tekniikalla tähän parhaiten soveltuva vaihtoehto on liukulaakeri. Liukulaakerissa painava akseli lepää pyöriessään yhtenäisen öljykerroksen päällä, jolloin kitkaa ei synny ollenkaan.

Laakerissa oleva öljy ei kuitenkaan ole ikuista, vaan sen vaihtaminen on välttämätöntä tasaisesti. Laakeriin valmistetaan putket, jotka kuljettavat öljyä laakerista pois ja sisään. ABB on ulkoistanut näiden öljyputkien valmistuksen Caverionille. Lisäksi Caverionin vastuulla on koneisiin kiinnitettävät muut putket, kuten ilmaa kuljettavat Expo –putket.



**Kuva 1: Liukulaakeri, öljyputket ja Expo-putket**

Putkiin liittyvässä valmistusprosessissa on lukuisia ongelmatilanteita ja puutteita. Ongelmia löytyy useilta osa-alueilta kuten suunnittelussa kuvien, dokumenttien ja dokumentoinnin kanssa, tietotekniset ongelmat, tiedon kulussa ja prosessin sisällä itsessään.

Ryhmän tehtävänä on kartoittaa prosessissa esiin tulevat ongelmat ja asettaa kyseiset ongelmat prosessikaavioon. Prosessikaaviosta tehdään päivitetty versio tavoitetilaa varten. Lisäksi kategorioimme ongelmat ja virheet, jonka jälkeen laadimme ongelmien lukumäärän perusteella diagrammit ongelmista. Visuaalinen versio ongelmien määrästä auttaa kohdistamaan huomion suurimpiin ongelmiin prosessissa.

## 2 Teoria

### 2.1 Tuotannonkehitys työkalut

Teollisuustuotannon tehokkuutta, laatua ja kannattavuutta voidaan parantaa tuotantoa ja käytettäviä menetelmiä kehittämällä.

#### 2.1.1 Toyota Production System (TPS)

Toisen maailmansodan jälkeen vallitsi autoteollisuudessa kova kilpailu ja tuotantoresurssit olivat niukkoja. Näistä lähtökohdista alkoi Toyotan tuotantofilosofian kehittäminen.

Just-in-time:llä (Juuri ajallaan) tarkoitetaan sitä, että jokainen prosessi tuottaa vain sen mitä sulavassa tapahtumavirrassa tarvitaan seuraavaa vaihetta varten, eli tuotetaan vain sitä mitä tarvitaan, silloin kun sitä tarvitaan ja siinä määrin kuin sitä tarvitaan. Hukan poistaminen on tärkeä osa Just-in-Time- tuotantoa. Hukkaa eli lisäarvoa tuottamatonta toimintaa, ovat TPS:ssä ylituotanto, liian suuren varaston pitäminen, uudelleentyöstämisen tarve sekä tarpeeton liikkuminen, käsittely, kuljetus ja odotus. Näitä seitsemää hukkaa kutsutaan myös englanniksi termillä "7 wastes".

Kaizenin perusajatuksena on se että koko henkilöstö yrityksessä etsii jatkuvasti erilaisia tapoja parantaa toimintaa ja parantamisprosessia tukevat kaikki ihmiset kaikilla tasoilla yrityksessä. Ennen kuin parannustoimiin ryhdytään, tulee Kaizenin oppien mukaan arvioida huolellisesti parannusehdotuksen hyötyä. Tähän käytetään viiden "miksi?"-kysymyksen menetelmää. Jokaista suunniteltua parannusta tulee testata kysymällä "miksi?" viisi kertaa, jotta varmistutaan siitä, että parannusehdotus on varmasti hyvä.

### 2.1.2 Lean

Toyota production systemiä pidetään Leanin alkuperänä. TPS:n periaatteiden (7 wastes, Just-In-Time) lisäksi Leanille on eritelty viisi ydinkonseptia:

1. Arvon määrittämisen perustuminen asiakkaan näkemykseen
2. Arvoketjun tunnistaminen ja kaiken arvoa tuottamattoman toiminnan poistaminen
3. Arvoketjun perustaminen asiakkaan tarpeisiin perustuvaan imuohjaukseen.
4. Työntekijät osallistuvat kehittämiseen
5. Toiminnan jatkuva kehittäminen

### 2.1.3 Six Sigma

Six Sigma on laatujohtamisen työkalu, joka perustuu tilastotieteeseen. Sen perusajatuksena on se että prosesseissa esiintyviä virheitä on pystyttävä mittaamaan ja prosessia voidaan lähteä kunnolla kehittämään vasta mitatun datan perusteella. Virheiden määrää siis mitataan ja selvitetään systemaattisesti, kuinka niitä voidaan poistaa. DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) on Six Sigman "roadmap" (selkäranka). Se on ongelmanratkaisumenetelmä joka tuo järjestelmällisen tavan ratkaista ongelmia ja kehittää ratkaisu liiketoiminnan kehittämiseen.

DMAIC-prosessi koostuu seuraavista asioista: tunnistetaan ongelma ja määritellään se strategian mukaisesti, tarkennetaan ongelma ja määritetään kehitysprojekti, kuvataan prosessi Six Sigma-metodeilla, analysoidaan se mahdollisimman laajalla tilanteeseen sopivalla työkaluvalikoimalla, määritetään mittarit, analysoidaan käytettävissä oleva data ja tarvittaessa päätetään uuden datan keruusta sekä etsitään juurisyitä, tehdään parannustoimenpiteet ja otetaan ohjausmenetelmät käyttöön.

### 2.1.4 4Q

4Q on tietopohjaisen ongelmanratkaisuprosessi, jonka nimi tarkoittaa neljää neljänestä. Polku on jaettu neljään osaan: mittaa, analysoi, kehitä ja vakiinnuta. 4Q-prosessi voi saada alkunsa yrityksen sisäisestä tai ulkoisesta tekijästä. Sisäisiä tekijöitä voivat olla esimerkiksi laatu-, prosessi-, työterveys- tai turvallisuusasia.

Ulkoinen tekijä on usein asiakkaan lähettämä reklamaatio tuotteesta. 4Q-prosessin aloitusvaiheessa on tärkeää, että tunnistetaan ero nykytilan ja tavoitteen välillä.

4Q-prosessin ensimmäisessä (Q1) vaiheessa selvitetään ja rajataan ongelma perusteellisesti. Q1-vaiheen päätavoitteena on määrittää virheen sijainti, kerätä perustiedot asiasta sekä parempi ymmärrettävyys nykyisestä prosessista.

Q2-vaiheessa siirrytään analysoimaan ongelman todellisia juurisyitä. Kun juurisyitä on saatu eliminoitua niin ongelmaa ei pitäisi enää esiintyä. Juurisyiden analysointi on tärkein vaihe 4Q-projekteissa.

Q3-vaiheessa keksitään erilaisia ideoita ja ratkaisuja joiden avulla juurisyitä voidaan eliminoida.

Q4-vaiheessa tavoitteena on siirtää Q3-vaiheen ratkaisut käytäntöön. Henkilöstö täytyy kouluttaa uusia toimintatapoja varten.

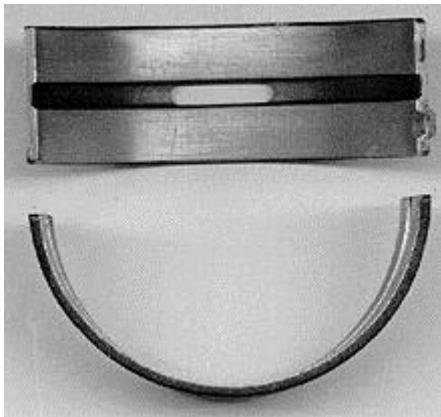
## **2.2 Liukulaakeri**

Liukulaakeri on laakerityyppi jossa liikkuva osa (usein akseli) pyörii laakerin ja liikkuvan komponentin välisen öljykalvon päällä. Geometriansa ja voiteluainekalvonsa ansiosta se kestää iskumaisia kuormituksia, vaimentaa värinää ja on hiljainen.

Laakerit valmistetaan yleensä metalliseoksista kuten pronssista, alumiinista ja kuparista, mutta myöskin muovia käytetään joissain sovelluksissa. Muoviset laakerit eivät tarvitse välttämättä ollenkaan voitelua, kun taas metalliset vaativat sitä yleisesti määrääjain.

Liukulaakereilla päästään hyvin alhaisiin kitkakertoimiin. Kitkan suuruuteen vaikuttavat esimerkiksi seuraavat tekijät:

- Materiaalivalinnat
- Pinnan karheus
- Kuormituksen suuruus
- Pyörimisnopeus
- Laakerin lämpötila
- Voiteluaineen tyyppi



**Kuva 2 Liukulaakeri**

### 2.2.1 Liukulaakerityyppejä

#### **Voitelemattomat laakerit**

Voitelemattomat laakerit soveltuvat pienille kuormituksille ja liukunopeuksille. Niiden materiaalina toimii tavallisesti nailon, polytetrafluorieteeni tai grafiitti. Voitelemattomat laakerit eivät kaipaa huoltoa ja voivat olla halpa ja kevyt laakerointiratkaisu esimerkiksi seuraavissa tilanteissa:

- ympäristön saastuminen voiteluaineesta ei ole sallittua
- huoltotyöt ovat hankalia järjestää
- kun keveys on tärkeä vaatimus
- matala tai korkea lämpötila.

## **Hydrodynaamiset ja Hydrostaattiset laakerit**

Hydrodynaamiset laakerit toimivat käynnistyksessä ja pysäytyksessä vain osittain voideltuina. Näin pinnat pääsevät koskettamaan toisiaan ja kitkakerroin on korkea. Käynnistyksen yhteydessä tämän kaltaisia laakereita ei tulisi altistaa suurille kuormituksille. Hydrostaattisissa laakereissa ulkoinen paine erottaa liukupinnat toisistaan. Laakerit pystyvät näin ollen toimimaan myös alhaisilla liukunopeuksilla.

## **Itsevoitelevat laakerit**

Itsevoitelevat laakerit ovat öljyllä kyllästettyjä huokoisia metallilaakereita. Myös näissä laakereissa öljykalvo erottaa käynnin aikana pinnat toisistaan. Rajoituksena on huono työstettävyys, koska lastuaminen tukkii huokokset, eikä laakeri sovellu myöskään korkeisiin lämpötiloihin.

## **3 Tutkimusmenetelmät**

ABB on tehnyt kyseisen projektin parissa töitä aikaisemmin ja siitä on kerätty varsin runsaasti tutkimusmateriaalia. Tästä materiaalista saimme hyvät pohjatiedot ja valmiin prosessikaavion nykytilanteesta. Kuitenkin suurin osa materiaalista jää meidän aihealueemme ulkopuolelle eikä ole projektille hyödyllistä.

Aloitimme projektin ohjatulla tutustumiskierroksella tuotannon puolella, käyden läpi samalla ABB:n toimintaa Pitäjänmäellä. Tutustuimme myös liukulaakeriin ja sen toimintaperiaateeseen. Tärkeä osa projektia oli laakerin öljyä kierrättävät öljyputket, jotka olivat kierroksella viimeisenä vuorossa.

Viikkoa myöhemmin aloitimme työntekijöiden haastattelut, joista saaduilla tiedoilla on tarkoitus luoda uusi prosessikaavio. Tarkemmin putkien valmistuksesta osasi meille kertoa Caverionin työntekijä Kari Kiiskilä, joka oli ensimmäisenä haastateltavana. Karin kanssa kävimme alusta loppuun asti putkiin liittyvän valmistusprosessin. Kari esitteli putkipajan ja millaisia osia valmistuksessa käytetään. Esittelyssä käytiin yksityiskohtaisesti läpi, mitä valmistuksessa tulee ottaa huomioon ja mitä työvaiheita siihen sisältyy.



Käydessämme läpi prosessia, hän kertoi millaisia ongelmia valmistuksessa kohdataan päivittäin. Ongelmat kirjattiin ylös kaaviota tulevia toimenpiteitä varten.

Seuraavalla viikolla tapasimme Pasi Poutasen ABB:ltä. Keskustelimme myös hänen kanssaan tuotantoon liittyvistä ongelmista. Pasi oli samaa mieltä asioista, joita kävimme Karin kanssa viikkoa aikaisemmin läpi. Hän lisäsi myös muutaman, varsinkin informaation kulkuun liittyvän, ongelman prosessissa.

Keskusteluista kerätty tieto kasattiin yhteen ja kirjoitettiin puhtaaksi.

Myöhemmin yhteysopettajan Arto Haapaniemen idean mukaan kategorioimme havaitut virheet eri luokkiin. Tällöin virheiden käsitteleminen ja ratkaiseminen tulee olemaan tulevaisuudessa helpompaa. Pää tavoitteemme oli prosessikaavion valmistus ja keräämämme tiedon avulla kykenimme luomaan siitä uuden tavoitemallin.

## **4 Tulokset ja tarkastelut**

### **4.1 Prosessikaavio**

Aloitustapaamisessa projektin päätavoitteeksi luotiin tuotantoprosessin kehitys luomalla prosessikaavio nykytilanteesta ja uudistettu prosessikaavio tavoitetilasta. Aikaisemmin projektin kanssa työskennellyt ryhmä oli luonut nykytilanteesta prosessikaavion, joten meidän työksemme jäi virheiden sijoittaminen kaavioon ja uuden luominen.

Suurimmat muutokset, jotka näkyvät, prosessikaaviossa on hankintojen siirtyminen kokonaan ABB:ltä Caverionille. Lisäksi prosessikaavioon on lisätty kehitysehdotuksia.

Projektimme tavoitteena ei ollut antaa itsenäisiä toimenpiteitä, vaan antaa ABB:lle tavoitemalli, johon he omilla toimenpiteillä pyrkivät.

Kaaviot ovat raportin liitteinä [1] ja [2].

## 4.2 Virheiden Kategorisointi

Arto Haaniemen idean pohjalta keskustelimme Esa Lähteenmäen kanssa virheiden jakamisesta ryhmiin ja kategorioihin ja näiden ryhmien perusteella saataisiin diagrammi. Diagrammin perusteella näkisimme visuaalisesti sen, missä virheitä tapahtuu ja minne pääpaino kehitystyössä tulisi asettaa. Keskusteluiden pohjalta saimme jo osviittaa minne virheet sijoittuvat ja mitä ryhmät olisivat. ABB kerää jatkossakin ylös päivittäin kohdattavia virheitä, jotka kirjataan ylös. Tällöin dokumentointia syntyy päivittäin. Keskusteluiden pohjalta saimme jo osviittaa minne virheet sijoittuvat ja mitä ryhmät olisivat. Ryhmät jakautuivat seuraavasti

### Suunnitteluvirheet

Dokumentit:

- Suunnittelijoiden huono tieto putkista
- Virheiden dokumentointia ei tapahdu

Kuvat:

- Piirustuksissa tapahtuvat isot muutokset -> tarkennetun tiedon hakeminen
- Huonojen kuvien takia kuvien valmistus mahd. pääpiirroksista, mittakaava saattaa olla pieni

### Tietotekniset Ongelmat

- ABB ASCC
  - o tilauskannassa molempien puolien tilaukset sekaisin, haku työnumeroilla
    - työnumeroihin omat koodit omille puolille?
- Docsu
  - o puutteellisten kuvien toimittaminen saattaa kestää tunneista päiviin
- Caverionilta "reklamaatio" SAP:n kautta

### **Tiedonkulku:**

- osaluetteloissa eriäviä mittasuhteita
- vaihtelevia nimityksiä samoista tuotteista → vakiointi
- samojen tuotteiden tilauksissa eriävyyksiä
- ABB huono dokumentointi

### **Prosessiin liittyvät ongelmat**

- liukulaakereilta lähtevien putkien vakiointi ei käytännössä mahdollista
- erikoisosien hankinta ABB:n kautta → osat usein väärä ja päätyvät roskikseen

## **5 Yhteenveto**

Projektimme aihe, eli tuotantoprosessin kehitys, on jokaiselle yritykselle välttämätöntä jatkuvan kehityksen kannalta. Kehityksen kautta yrityksen tuottavuus ja laatu parantuvat ja samalla leikataan kustannuksista. Laadun ja luotettavien toimitusten ansiosta asiakkaat eivät kyseenalaista yrityksen tuotteita tai palveluita. Tällaisen markkina-aseman ABB on saavuttanut ympäri maailmaa. Projektimme on erityisesti ryhmän jäsenille erittäin hyödyllinen ja antoisa kokemus nähdä ja tutustua tehtaan sisällä tapahtuvaan kehittämistyöhön.

Tehtävämme tuottaa tavoitemalli tulevasta prosessikaaviosta on vain ensimmäinen askel tavoitetta. ABB:n tehtäväksi tulee varsinaisista toimenpiteistä päättäminen ja niihin ryhtyminen. Tavoitemallin ideana on lyhentää putkien valmistukseen liittyvää valmistusaikaa ja tehdä siitä sujuvampi. Näin myös itse koneiden läpivientiaika lyhenee. Aikaan saamamme prosessikaavio on teoriassa oikein käyttökelpoinen, mutta itse tulokset tulevat esiin vasta tulevaisuudessa tarvittavien toimenpiteiden jälkeen.

## **6 Liitteet**

Prosessikaavio nykytilanteesta virheiden kanssa [1]

Prosessikaavio tavoitetilasta [2]