

Tela- ja akselikaavausprosessin kehittäminen

Daniel Harju

Huhtikuu 2020

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä Harju, Daniel	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2020
	Sivumäärä 53	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Tela- ja akselikaavausprosessin kehittäminen		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), konetekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaajat Hannu Kivistö, Kalevi Jaaranen		
Toimeksiantaja Valmet Technologies Oy, Valimo		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Toimeksiantajan tavoitteena on lisätä tela- ja akselinvalmistuksessa kaavattujen kehien määrää vähintään 50 %. Taustalla oli tarve pystyä entistä paremmin vastaamaan tela- ja akselinvalmistuksen tarpeisiin. Koska kaavausprosessi vie telan tai akselin läpimenoajasta suurimman osan, oli juuri kaavausprosessin kehittäminen valmistuksen nopeuttamisen kannalta perusteltua. Tela- ja akselinvalmistuksessa kappaleet ovat pisimmillään 15 metriä pitkiä ja painoltaan kymmeniä tonneja.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, millaisilla muutoksilla ja kehitystoimenpiteillä toimeksiantajan asettamaan tavoitteeseen päästään. Toimeksiantajan ajatuksena oli luoda kokonaan uusi toimintatapa tela- ja akselituotannolle, joka korvaisi aiemman toimintatavan ja olisi samalla tuotantomäärältään suurempi.</p> <p>Suunnitteluvaiheessa ja toiminnan analysoinnissa hyödynnettiin pääasiassa lean-filosofian mukaisia työkaluja. Opinnäytetyön aluksi kuvattiin nykytilanne, eli kuvattiin toimintatavat ja analysoitiin kaavausprosessin tehokkuus lähtötilanteessa. Seuraavaksi luotiin kaavausprosessin tavoitetila, jossa huomioitiin toimeksiantajalla suunnitteilla olleet tehokkuuteen tähtäävät investoinnit. Tämän jälkeen suunniteltiin toimenpiteet, joilla kaavausprosessia lähdettiin kehittämään.</p> <p>Tuloksina toimeksiantajalle laadittiin suunniteltujen keräily- ja kaavaustyöpisteiden toimintatapakuvaukset, arvovirtakuvaukset nyky- ja tavoitetilasta, akselikaavauksen prosessivaiheet vaiheikoineen, työpistesuunnitelmat ja jatkokehitysehdotukset. Työ sisälsi myös paljon käytännön selvitystyötä, jonka tulokset ja havainnot jäivät toimeksiantajan käyttöön. Opinnäytetyön tulosten käytännön toteutusta jatkettiin toimeksiantajan osalta.</p>		
Avainsanat valaminen, valumuotti, kaavausprosessi, läpimenoaika, lean, arvovirtakuvaus		
<p>Muut tiedot</p> <p>Opinnäytetyön liitteet ovat salassa pidettäviä, ja ne on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohdat 17, 20 ja 23: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus ja teknologinen kehittäminen. Salassapitoaika on kaksikymmentä (20) vuotta. Salassapito päättyy 31.3.2040.</p>		

Author Harju, Daniel	Type of publication Bachelor's thesis	Date April 2020 Language of publication: Finnish
	Number of pages 53	Permission for web publication: x
Title of publication Development of roll and shaft moulding process		
Degree programme Degree Programme in Mechanical Engineering		
Supervisors Kivistö, Hannu & Jaaranen, Kalevi		
Assigned by Valmet Technologies Oy, Foundry		
Abstract <p>The assignor's goal was to increase the amount of moulded roll and shaft molds at least by 50 %. The reason was the need to have a better abilities to meet the needs of roll and shaft manufacturing. Since the moulding process takes most of the lead time in the roll and shaft manufacturing process, it was justified to try to develop the moulding process to speed up manufacturing. In the manufacturing process of rolls and shafts, the longest products are over 15 meters long and weigh tens of tons.</p> <p>The aim of the thesis was to determine the changes and developmental measures needed, to achieve the assignor's goal. The aim was to create a completely new approach to replace the previous one, while increasing the production volume.</p> <p>The tools used in the development steps and in the analysis of operations were based on Lean-philosophy. The thesis started with a description of the current state. There process procedures were described and the efficiency of the original moulding process was analyzed. Next, a target space was created for the moulding process considering the assignor's planned investments for a higher production volume. After that, development actions were planned.</p> <p>As a result, the assignor received the developed process approach for the collection and moulding workstations, value stream maps for the current and target status, shaft moulding process steps with process times, workstation plans and suggestions for further development. The thesis also included a lot of practical study, and the results and findings were also made available for the assignor. The practical implementation of the development work was continued by assignor.</p>		
Keywords/tags casting, casting mould, moulding process, lead time, lean, value stream map		
Miscellaneous All attachments are confidential, and they have been removed from public version. Grounds for secrecy: Act on the Openness of Government Activities 621/1999 24 §, sections 17, 20 and 23: company's business secrets and technological development work. Period of secrecy is 20 years and it ends 31.3.2040.		

Sisältö

Termistö	3
1 Johdanto	5
1.1 Valmet Oyj	5
1.2 Opinnäytetyön aihe	5
1.3 Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaukset	6
2 Tutkimusasetelma	7
2.1 Tutkimusongelma ja -kysymykset	9
3 Valaminen	10
3.1 Valuraudat	11
3.2 Valumuotit	12
4 Tuotannosuunnittelu	15
4.1 Kapasiteetti	16
4.2 Läpäisy aika	16
5 Kehittämistyön filosofiat	17
5.1 Lean-filosofia	17
5.2 Lean ja hukat	19
5.3 Tuotannon virtaus	20
5.4 Arvovirtakuvaus	21
5.5 5S	22
5.6 Spagettikaavio	23
5.7 Kapeikkoajattelu	24
6 Työn toteutus	25
6.1 Nykytilanteen kartoitus	25
6.2 Tahtotilan määrittely	29
6.3 Keräilytyöpiste	31
6.4 Tela- ja akselikaavauksen työpiste	35

7 Johtopäätökset ja pohdinta	39
Lähteet	43
Liitteet	46
Liite 1. Altavalukselin kaavauksen työvaiheet ja vaiheajat.....	46
Liite 2. Arvovirtakuvaus nykytilanteesta.....	47
Liite 3. Spagettikaavio	48
Liite 4. Arvovirtakuvaus tahtotilasta.....	49
Liite 5. Havainnekuva keräilytyöpisteestä	50
Liite 6. Kaavauspaikan layout	51
Liite 7. Kaavauslevyn toimintaperiaate	52
Liite 8. Kaavauskehien varastointisuunnitelma	53

Kuvat

Kuva 1. Valukappaleen tuotantoprosessi kertamuottimenetelmällä	11
Kuva 2. Suomu- ja pallografiittirauta. (Ihalainen 1985, 69-70.)	12
Kuva 3. Tela- ja akselinvalmistuksessa käytettävä kaavauskehä.....	14
Kuva 4. Spagettikaavio. (Using Spaghetti Diagrams With 5S n.d.)	24
Kuva 5. Kaasunpoistonarun säilytys lattialla	29
Kuva 6. Kaatokanaviston kuljetuslava	34
Kuva 7. Tärypöytä	36

Termistö

Kaavaus	Nimitys, jota käytetään kertakäyttöisten valumuottien valmistuksesta.
Valumuotti	Muotti, johon kaatamalla sula rauta, saadaan halutun muotoinen kappale valmistettua.
Sulatto	Sulattaa valutapahtumaa varten raudan, ja toimittaa sen valupaikalle.
Malliverstas	Valmistaa, korjaa ja tekee muutostyöt valumalleihin.
Puhdistamo	Puhdistaa valetut kappaleet, esimerkiksi kiinni palaneesta hiekasta.
Keerna	Jos valukappaleesta tai sen osasta halutaan ontto, valmistetaan hiekasta keerna. Se asetetaan muottiin ennen valutapahtumaa ja poistetaan rikkomalla valun jälkeen.
Valumalli	Valumalli saa aikaan halutun muodon valumuottiin. Yksinkertaistettuna kaavauksessa valumalli asetetaan kehään, kehä täytetään hiekalla ja hiekan kovetettua valumalli irrotetaan.

Valusuunnitelma	Valusuunnitelma on tuotekohtainen ohje, josta selviää kaikki kappaleen valmistukseen tarvittava informaatio aina valumalleista jälkilämpökäsittelyyn.
Kaatokanava	Kaatokanavaa pitkin sula rauta johdetaan haluttua reittiä valumuottiin.
Kokilli	Valurautainen kappale, joka kaavataan muotin sisään. Tarkoituksena edistää valukappaleen jäähtymistä paikallisesti.
Hiekkamikseri	Sekoittaa hiekan, hartsin ja kovetteen. Nämä sekoittuvat hiekkamikserissä, jotka syötetään valumuottiin muotin täyttövaiheessa.
Sullonta	Valumuotin täytön aikana tehtävää hiekan tiivistystä.
Peitostaminen	Peitostamisessa viimeistellään muotin tai keernan pinta. Estää metallin tunkeutumisen hiekkaan, parantaa valun pinnanlaatua ja vähentää puhdistustyötä.
Rimmarauta	Muottiin asennettava teräksinen tukirauta.

1 Johdanto

1.1 Valmet Oyj

Tämä opinnäytetyö tehtiin Valmet Oyj:n Rautpohjassa sijaitsevalle rautavalimolle. Rautpohjan tehtaan toiminta on alkanut vuonna 1938, ja valimo on aloittanut oman toimintansa 1948. Valimolla valetaan tuotteita Valmetin omaan, sekä ulkoisten asiakkaiden tarpeisiin. Suurimmat Rautpohjassa valettavat valut ovat pääasiassa paperikoneiden teloja, akseleita ja kuivatussylintereitä. (Valmet Locations, Jyväskylä, Rautpohja. n.d.)

Valmet Oyj on suuri suomalainen yritys, jolla on toimipisteitä yli 30 eri maassa. Sen teollinen historia yltää aina 200 vuoden taakse. Valmet on toimittajana ja kehittäjänä sellu-, paperi- ja energiateollisuudelle, tarjoten teknologia-, automaatio- ja palvelutoimintoja. Yrityksen alaisuudessa työskentelee maailmanlaajuisesti yli 13 000 työntekijää, joista Suomessa noin 5000. Suomessa Valmetin toimipisteitä sijaitsee Tampereella, Lapualla, Porissa ja Ulvilassa, Valkeakoskella, Raisiossa, Jyväskylässä, Järvenpäässä, Juankoskella, Kajaanissa ja Espoossa. Valmetin liikevaihto vuonna 2019 oli 3,5 miljardia euroa, ja sen osakkeet noteerataan Nasdaq Helsingissä. (About Us n.d.)

Valmetin teknologiatarjonta mahdollistaa asiakkaille sellutehtaat, bioenergiaa tuottavat voimalaitokset ja pehmopaperin-, kartongin- ja paperinvalmistuslinjat. Automaattioratkaisuiden palvelut koostuvat yksittäisistä mittauksista aina kokonaisten tehtaiden automaatioprojekteihin. Palvelut taas käsittävät toiminnan esimerkiksi kunnossapidon ulkoistamisesta aina kehitystyöhön ja varaosiin. (Strategy n.d.)

1.2 Opinnäytetyön aihe

Tämän opinnäytetyön aiheeksi valikoitui Valmet Technologies Oy:n Rautpohjan valimon tela- ja akselikaavausprosessin kehittäminen. Opinnäytetyön taustalla on toimeksiantajan tarve pystyä vastaamaan entistä paremmin tela- ja akselivalmistuksen työkuormaan. Tela- ja akselituotannossa valmistettavat kappaleet

ovat pisimmillään yli 15 metriä, ja painoltaan kymmeniä tonneja. Kyseessä on siis todella suuret valutuotteet, joiden valmistusprosessi on projektiluontoinen ja hyvin monivaiheinen. Tässä opinnäytetyössä perehdytään kaavausprosessiin, tutkitaan ja analysoidaan kaavausprosessin nykytilaa, asetetaan tahtotilan tavoitteet ja laaditaan kehitystoimenpiteet. Laadittuja kehitystoimenpiteitä on tarkoitus toteuttaa käytännössä sitä mukaa, kun opinnäytetyöprosessi etenee.

1.3 Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaukset

Valmet Technologies Oy:n valimolla on tavoitteena kehittää tela- ja akselikaavausprosessia entistä suorituskykyisemmäksi, ja nostaa tuotettujen valumuottien tuotantomäärää vähintään 50 %. Tämä on samalla myös tämän opinnäytetyön päätavoitteena. Valumuotin kaavaus on tela- ja akselivalmistuksessa selkeästi eniten aikaa vievä työvaihe, joten siihen syventyminen ja prosessin kehittäminen on aiheellista. Valumuotin kaavauksen läpimenoajan ollessa suuri verrattuna koko tuotteen läpimenoaikaan, voidaan kehitystyöllä saavuttaa huomattavat parannukset tuotteen läpimenoajan lyhentämisessä.

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää valimon kaavausprosessia suuntaan, jossa valmiita tuotteita, tässä tapauksessa valumuotteja, syntyisi mahdollisimman paljon. Tela- ja akselikaavauksessa työskennellään nykyisillään kolmessa vuorossa. Opinnäytetyössä on siis tarkoitus selvittää, millaisilla muutoksilla ja kehitystoimenpiteillä toimeksiantajan asettamaan 50 % tuotantomäärän kasvuun kaavausprosessissa päästään. Tuloksena opinnäytetyöstä odotetaan tavoitteet täyttävää, ja entistä suorituskykyisempää tela- ja akselikaavausprosessia. Myös jatkokehitysehdotuksia kaavausprosessin osalta on tarkoitus tuoda tämän työn loppupuolella ilmi.

Kehitystyötä alettiin lähestymään toimeksiantajan kanssa uudenlaisen toimintatavan luomisella kaavausprosessiin. Kaavausprosessia ja sen vaiheita pyrittiin vakinaistamaan niiltä osin, joilta se oli mahdollista. Lisäksi opinnäytetyössä tutkittiin ja kehitettiin Miika Kinnusen (Kinnunen 2019.) valimolle tehdyssä opinnäytetyössään esittämää ajatusta jakaa kaavausprosessi osiin, jotta toimeksiantajan asettamaan

tavoitteeseen päästäisiin. Kinnunen tutki työssään akselituotannon tehostamismahdollisuuksia ja läpimenoajan kehittämistä.

Koska opinnäytetyössä keskityttiin tela- ja akselikaavausprosessin kehittämiseen, rajattiin työn ulkopuolelle sulatto, malliverstas ja puhdistamo. Sulaton osalta kehitystoimenpiteitä tehdessä oletettiin, että sulaa on aina riittävästi käytössä tarpeen mukaan. Myös malliverstas mallinvalmistuksen osalta jätettiin työn ulkopuolelle. Malliverstaan osalta huomiota kiinnitettiin vain valumallien riittävyteen uudelle toimintatavalle. Rajaukset opinnäytetyölle tehtiin yhdessä toimeksiantajan kanssa.

2 Tutkimusasetelma

Tämä opinnäytetyö on kehittämistutkimus, jossa pyritään kehittämään jo olemassa olevan toiminnan tasoa. Tässä opinnäytetyössä kehittämistutkimuksen kohteena on tela- ja akselikaavausprosessi. Kehittämistutkimuksessa yhdistetään kehittämistyö, sekä tutkimus. Tämä tapahtuu syklisessä prosessissa, joka etenee systemaattisesti järjestyksessä. Esimerkiksi tässä opinnäytetyössä kuvataan pääongelma, kartoitetaan nykytilanne, kuvataan tavoitetilanne, haetaan kehityskohteet ja toteutetaan ne. Opinnäytetyön tekemisessä hyödynnetään kvalitatiivisia ja kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Tämä on tyypillistä kehittämistutkimukselle, jossa koostetaan eri tutkimusmenetelmiä soveltaen niitä tutkimuksen luonteen mukaan. (Kananen 2015, 33.)

Kvalitatiivinen tutkimus tarkoittaa laadullista tutkimusta, jossa oleellisinta on ymmärtää tutkittava ilmiö kokonaisuutena. Aineistoa kerätään, jonka pohjalta luodaan kuva tutkittavasta ilmiöstä ja sen nykytilanteesta. Usein kvalitatiivista tutkimusmenetelmää käytetään tilanteissa, joita ei voida järjestää kokeeksi, tai vaikuttavien tekijöiden määrää ei voida kontrolloida. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa aineistonkeruu tapahtuu erilaisten haastatteluiden avulla, joita ovat esimerkiksi

- Teemahaastattelu
- Avoin haastattelu

- Ryhmähaastattelu
(Kananen 2015, 81-86.)

Näiden haastattelumenetelmien lisäksi tutkimusaineistoa tässä opinnäytetyössä kerätään oman havainnoinnin kautta. Oman havainnoinnin merkitys korostuu kehittämistutkimuksen tekemisessä, sillä se mittaa tutkijan kykyä ymmärtää ilmiö kokonaisuutena. Omaan havaintoihin nojaten on pystyttävä ratkaisemaan tutkimuksen edessä ilmeneviä ongelmia ja tehdä niihin liittyviä päätöksiä. (Kananen 2015, 78-79)

Kvantitatiivinen tutkimus tarkoittaa määrällistä tutkimusta. Siinä käsitellään lukuja, joita analysoimalla kuvataan valitun ilmiön rakennetta. Määrällistä tutkimusta tehdessä ilmiö on oltava tutkijalla jo etukäteen hyvin hallussa, jotta tutkimuksen tekeminen määrällisillä menetelmillä on mahdollista. Tyypillisiä aineistonkeruumenetelmiä kvantitatiivisessa tutkimusmenetelmässä on lomakekysely tai strukturoitu lomakehaastattelu. Näiden avulla pyritään muodostamaan otos jostain tietystä tutkittavasta perusjoukosta. (Kananen 2015, 95-96.)

Kvalitatiiviset tutkimusmenetelmät soveltuvat hyvin tähän opinnäytetyöhön, koska tela- ja akselikaavausprosessi itsessään sisältää paljon muuttujia. Muuttujien määrä taas johtuu valmistettavien tuotteiden projektiluontoisuudesta, ja useista eri tuotevariaatioista. Näin ollen esimerkiksi kvantitatiiviselle tutkimusmenetelmälle tyypillisten tunnuslukujen tilastollinen tutkiminen ja niiden analysointi on tällaisessa tapauksessa haastavaa. Tämä oli selvillä heti opinnäytetyön aloitusvaiheessa, ja kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä käytettiin vain arvovirtakuvauksen tekemisessä tutkimuksen alkuvaiheessa. Prosessin vaiheikoihin tarvittava tutkimusaineisto saatiin kerättyä toimeksiantajan sisäisellä tiedolla, haastatteluiden avulla ja havainnoimalla tela- ja akselikehien kaavausta omakohtaisesti.

Opinnäytetyössä siis kerätään tutkimusaineistoa edellä mainituilla haastattelumuodoilla, sekä tekemällä omia havaintoja. Kerätty aineisto analysoidaan, jonka perusteella selvitetään tela- ja akselikaavauksen työvaiheissa esiintyvät ongelmakohdat, joihin kehitystoimenpiteet kannattaa suunnata. Kehittämiskohteet kartoitetaan ja to-

teutetaan pääasiassa Lean-työkalujen avulla. Aineistonkeruun aikana tehtyjä haastatteluita suoritettiin tela- ja akselikaavausprosessiin välillisesti tai välittömästi osallistuville henkilöille.

2.1 Tutkimusongelma ja -kysymykset

Tässä opinnäytetyössä tutkimusongelmana on saada valumuottien tuotantomäärää kasvatettua nykytilanteeseen verrattuna vähintään 50 %. Kaavausprosessi on tela- ja akselituotannossa vain yksittäinen työvaihe, mutta kokonaisajaltaan verrattuna koko tuotteen läpimenoaikaan merkittävä. Tutkimusongelmasta johdettiin tärkein tutkimuskysymys, johon tutkimuksessa lähdettiin hakemaan vastausta: millä tavoin kaavausprosessia tulisi kehittää, jotta saataisiin valumuottien tuotantomäärää nostettua tela- ja akselikaavauksen osalta 50 % tai jopa enemmän?

Edellä mainitun tutkimuskysymyksen pohjalta tehtiin vielä tutkimuksen edetessä pienempiä ja tarkentavia tutkimuskysymyksiä. Niitä hyödynnettiin tilanteissa, joissa haluttiin saada lisää tietoa ja laajempaa ymmärrystä jostain yksittäisestä kokonaisuuden vaikuttavasta asiasta. Tutkimuskysymykset nykytilan kartoituksessa olivat seuraavanlaisia:

1. Mitä työvaiheita kaavaustyöhön sisältyy?
2. Mikä/mitkä tekijä(t) aiheuttavat mielestänne hukkaa kaavausprosessissa?
3. Miten tarvittavat välineet/raaka-aineet ovat sijoiteltu työpisteellenne?
4. Tuleeko välineiden/raaka-aineiden sijoittelun vuoksi ylimääräisiä siirtymisiä?

Tutkimuskysymykset aseteltiin siten, että niiden kautta on mahdollista ymmärtää Lean-periaatteiden toteutumista kaavausprosessissa ennen kehitystoimenpiteiden tekoa. Kysymyksiin saatujen vastausten luotettavuutta kartoitettiin varmistamalla saatujen tietojen oikeellisuus omilla havainnoilla. Tätä kautta kerättyä tietoa voitiin hyödyntää myös kaavausprosessin nykytilan kuvauksessa, sekä 5S toteutumisessa nykytilanteessa. Tutkimuskysymyksille hain vastaukset kaavausprosessissa välillisesti tai välittömästi työskenteleviltä henkilöiltä käyttäen avointa haastattelumenetelmää.

Kehittämistutkimukselle tyypillistä on tutkimuksen edetessä ilmenevät uudet, pienemmät tutkimusongelmat. Näitä tuli eteen tässäkin opinnäytetyössä, ja ne ratkottiin yhdessä toimeksiantajan henkilöstön kanssa. Osallistuin tämän kehittämistutkimuksen edetessä myös ongelmanratkaisuun ja päätösten tekoon, joiden perusteena toimivat tekemäni selvitykset. (Kananen 2015, 78-79)

3 Valaminen

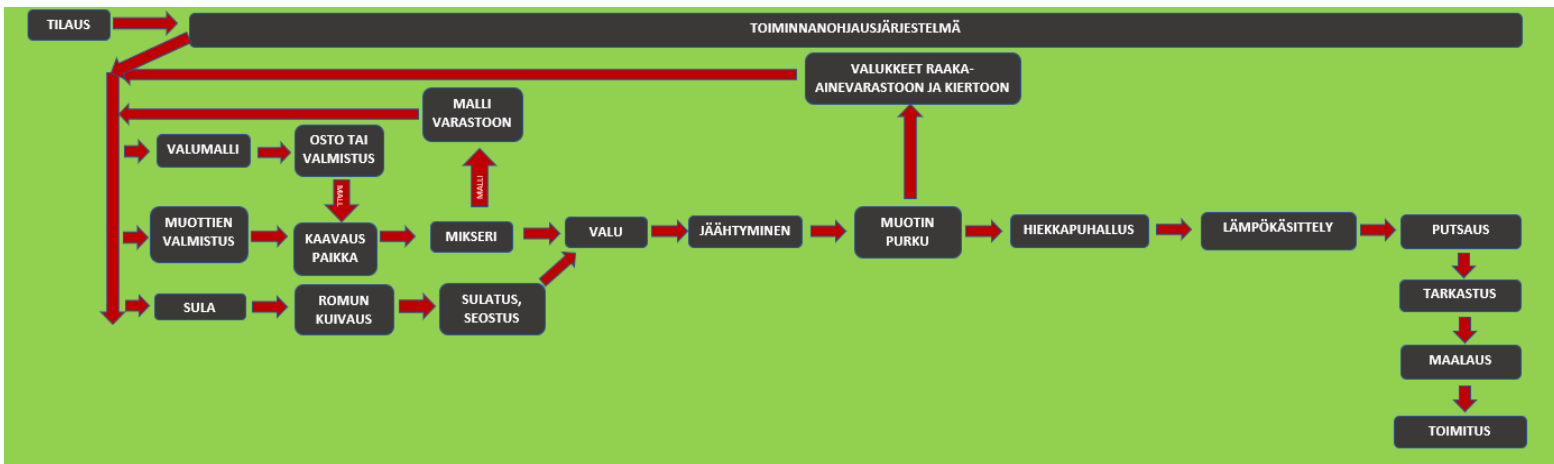
Valamisella tarkoitetaan valmistusmenetelmää, jossa sulatettu materiaali syötetään halutun kappaleen muotoiseen valumuottiin. Valumuotti valmistetaan kappalekohtaisesti siten, että haluttu kappaleen muoto saavutetaan. Sulan materiaalin annetaan rauhassa jäähmettyä muottiin, jonka jälkeen muotti voidaan purkaa. Kun muotti on purettu, kappale puhdistetaan ja valukkeet poistetaan. Valaminen on mahdollista eri materiaaleilla, kuitenkin yleisimpiä ovat metallit ja muovit. (Ihalainen 1985, 66. & Keskinen, R. n.d.)

Valamisella on muutamia etuja, jotka puoltavat sen käyttöä valmistusmenetelmänä. Sen avulla saadaan kappale lyhyintä reittiä joko valmiiksi, tai lähestulkoon valmiiksi. Tähän toki vaikuttaa myös kappaleen muut vaatimukset, esimerkiksi jälkikäsittelyn ja koneistuksen osalta. Valamista voidaan myös hyödyntää yksittäis- tai sarjatuotannossa. Sen lisäksi kappaleen koon suhteen on vain vähän rajoituksia, valettujen kappaleiden paino voi vaihdella muutamasta grammasta satoihin tonneihin. Kappaleen muotojen suhteen on vain vähän rajoituksia, ja pääsääntöisesti kaikki tavanomaiset muodot ovat mahdollista valmistaa valamalla. Tietyillä menetelmillä on mahdollista päästä hyvinkin mittatarkkoihin kappaleisiin, mutta näihin mentäessä valmistuskustannukset luonnollisesti nousevat. Tämä kuitenkin pätee myös muihin valmistusmenetelmiin, joten tätä ei voi varsinaisesti pitää valamisen heikkoutena. (Ihalainen 1985, 66-67.)

Valaminen ei kuitenkaan ole välttämättä aina kustannustehokkain tai paras ratkaisu. Suunniteltaessa jonkin kappaleen valmistusta, on hyvä miettiä mikä valmistusmene-

telmä siihen parhaiten soveltuu. On rakenteita, jotka ovat kustannustehokkain valmistaa esimerkiksi hitsaamalla. Vaihtoehtona on myös eri menetelmien yhdistäminen, sillä valettuja kappaleita voidaan usein liittää toisiinsa hitsaamalla. Näitä mahdollisuuksia on hyvä miettiä tarkoin uuden kappaleen suunnittelun yhteydessä. (Ihalainen 1985, 66-67.)

Rautpohjan valimossa kappaleen tuotantoprosessi etenee pääsääntöisesti seuraavan kuvion mukaisesti. Kuvioista selviää myös eri tuotantoprosessien väliset yhteydet.



Kuva 1. Valukappaleen tuotantoprosessi kertamuottimenetelmällä

3.1 Valuraudat

Valuraudoiksi kutsutaan rauta-hiili-seoksia, joissa rautapitoisuus on vähintään 50 % ja hiilipitoisuus yli 2 %. Jos hiilipitoisuus on alle 2 %, on kyseessä silloin teräs. Valuraudoissa hiili esiintyy sitoutuneena karbideihin tai hajautuneena yksittäisiksi atomeiksi rauta-atomien väliin. Tämän lisäksi valuraudoissa esiintyy grafiittierkaumia, joiden jakautumisen ja muotojen perusteella määrittyy valuraudan ominaisuudet. (Ihalainen 1985, 67-71.)

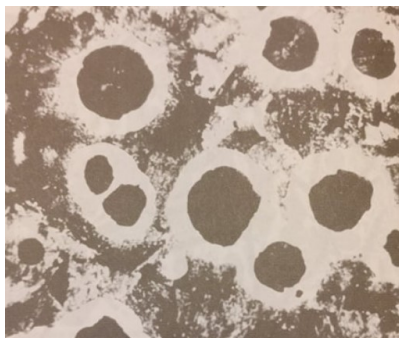
Tunnusomaista valuraudoille on:

- muotopysyvyys lämpötilavaihteluissa
- hyvä valettavuus

- värähtelyn vaimennuskyky
- edullisuus
- hyvät liukuominaisuudet
- kestävyys kulutusta vastaan
- monimutkaisten rakenteiden valmistusmahdollisuus

(Ihalainen 1985, 68-69.)

Rautpohjan valimossa valetaan somu- ja pallografiittivalurautoja. Somugrafiittirauta on kaikista yleisin valmistettava valumetalli. Nimensä mukaisesti hiili esiintyy siinä somumaisina grafiittierkaumina. Somugrafiittiraudan vetolujuusarvot vaihtelevat tyypillisesti välillä $100-350 \text{ N/mm}^2$. Se kestää huonosti vetoa, mutta puristuslujuus on moninkertainen vetolujuuteen nähden. Pallografiittiraudassa grafiitti on kiteytynyt puhtauden ja magnesiumkäsittelyn avulla pallomaiseksi. Pallografiittiraudan etuina on somugrafiittirautaa suurempi lujuus ja sitkeys. Sen vetolujuusarvot ovat välillä $340-800 \text{ N/mm}^2$. Pallografiittirauta on kasvattanut suosiotaan, sillä valettaavuus on terästä parempi. (Autere 1982, 163-166;196-197.)



Kuva 2. Somu- ja pallografiittirauta. (Ihalainen 1985, 69-70.)

3.2 Valumuotit

Valumuotteja valmistetaan kerta- sekä kestormuoteiksi. Kertamuotin yleisin valmistusmateriaali on hiekka, kun taas kestormuotit ovat yleensä metallisia. Kertamuotti on nimensä mukaisesti kertakäyttöinen, ja jokainen valettava kappale vaatii uuden muotin valmistamisen ennen valutapahtumaa. Kestormuotit taas ovat käytettävissä uudelleen, ja niiden rakenne on suunniteltu tätä silmällä pitäen. Kappaleen irrotus on siis oltava mahdollista muottia rikkomatta. Muottien tyyppi valitaan valmistettavien

tuotteiden perusteella. Kestomuotit ovat kustannustehokas ratkaisu sarjatuotannossa, mutta yksittäis- tai piensarjatuotannossa on edullisempaa käyttää kertamuotteja. (Ihalainen 1985, 66.)

Kertamuotti koostuu pääsääntöisesti kaavauskehästä, hiekasta ja tarvittaessa keernoista. Kaavauskehään asetetaan aluksi valumalli, jonka jälkeen kaavauskehään jäänyt tyhjä osa täytetään kovettuvalla hiekalla. Kun hiekka on kovettunut, irrotetaan valumalli kaavauskehästä. Jos kappale vaatii keernoitusta, ne asetetaan valumuottiin mallin irrotuksen jälkeen. Näin saadaan aikaan valumuotti, johon kaatamalla sula saadaan aikaan halutun muotoinen kappale. Kertamuottivalmistuksesta käytetään myös nimitystä irtomallikaavaus. (Keskinen, R. n.d.)

Rautpohjan valimon tela- ja akselinvalmistuksessa käytetään kertamuotteja, koska tuotevariaatioita on projektiluontoisesta valmistuksesta johtuen runsaasti. Toistuvuutta tuotannossa on joko harvoin tai ei ollenkaan. Kertamuottivalmistus on näin ollen kestopuottimenetelmää selkeästi kustannustehokkaampi.

Valumuottien valmistuksessa on otettava huomioon erilaisia vaatimuksia. Muotti- ja keernamateriaalien on oltava helposti käsiteltävissä, niiden tulee olla riittävän lujia, mittatarkkoja, ympäristöystävällisiä ja sulan aiheuttaman kuormituksen kestäviä. Lisäksi sula ei saa tarttua hiekkaan tai irrottaa sitä mukanaan. (Ihalainen 1985, 78.)

Muottien ja keernojen materiaaleiksi on kehitetty useita vaihtoehtoja moninaisten vaatimusten vuoksi:

- kvartsihiekkä
- oliviinihiekkä
- kromiittihiekkä
- zirkonihiekkä

(Autere 1986, 135-142.)

Valimossa käytettäviltä hiekoilta vaaditaan tulenkestävyyttä, koska ne ovat kosketuksessa sulan metallin kanssa. Lisäksi hiekan tulee kestää mekaanista kuormitusta, jota kaavaus ja muotin käsittely aiheuttaa. Valimohiekköjen raekoot vaihtelevat välillä

0,2-2mm. Yleisimmin käytetty hiekkamateriaali on kvartsihiekkä. Lämpöä hyvin kestävää oliviinihiekkää käytetään esimerkiksi teräsvalimoissa, joissa sulan lämpötila on hieman korkeampi. Kromiittihiekkää käytetään tilanteissa, joissa muotilta tarvitaan korkeaa lujuutta. (Autere 1986, 135-142. & Keskinen, R. n.d.)

Tela- ja akselinvalmistuksessa valumuotti koostuu useasta eri muotin osasta. Halutun kappaleen pituudesta riippuen, muotin osia eli kaavauskehiä on noin 12-20 kappaletta. Jokainen muotin osa kaavataan omaan kehään, jotka valua valmistellessa kasaataan päällekkäin. Kehät kiinnitetään toisiinsa kiiloja ja pulttiliitoksia käyttäen. Tällä tavalla saadaan muotin osista koottua varsinainen valumuotti, johon sula rauta on mahdollista kaataa.



Kuva 3. Tela- ja akselinvalmistuksessa käytettävä kaavauskehä

4 Tuotannonsuunnittelu

Kun asiakkaalta saadaan tilaus, tuotannonsuunnittelun vastuulla on suunnitella materiaalien ja kapasiteettien käyttö tilauksen tarpeen mukaisesti. Tuotannonsuunnittelun tehtävä on siis pitää huolta siitä, että tuotannolla on edellytykset toimia tehokkaasti. Jotta tuotannon toiminta olisi tehokasta, on tilaus oltava etukäteen suunniteltu materiaalitարpeiden ja tuotantokapasiteetin osalta. Materiaalitարpeissa huomioidaan myös jo käytettävissä olevat, omat varastot. (Tuotannonsuunnittelu ja ohjaus n.d.)

Kun tiedossa on yleinen kysyntä, voidaan suunnitella karkean tason tuotantosuunnitelma. Olemassa olevien tilausten tai tarkemman tuotantosuunnitelman myötä voidaan rakentaa materiaalivaraukset ja hienokuormitukset yksittäisille kuormituspis-teille. (Tuotannonsuunnittelu ja ohjaus n.d.)

Nykypäivänä tuotantosuunnittelussa ja -ohjauksessa hyödynnetään tietoteknisiä väli-neitä ja järjestelmiä, joiden avulla suunnittelu on entistä helpompaa. Näitä kutsutaan ERP-järjestelmiksi. Se on yrityksen yhteinen tietokanta, joka mahdollistaa tiedonku-lun koko organisaatiolle. Oleellista ERP-järjestelmien käytössä on tietojen oikeelli-suus, jotta esimerkiksi materiaalitarpeita pystytään kartoittamaan ajankohtaisesti. (Tuotannonsuunnittelu ja ohjaus n.d.)

Tuotannonsuunnittelussa yleisesti lähdetään siitä perusajatuksesta, että valmistus ta-pahtuu juuri ennen toimitusajankohtaa. Mahdollisuuksien mukaan voi olla perustel-tua siirtää valmistusajankohtaa hieman aikaisemmaksi, jotta vältettäisiin ylikuormi-tustilanteet. s. 196 Tuotannonsuunnittelussa on huomioitava valmistuksen mahdolli-suudet, jotta suunnitelmasta saadaan toteutettavissa oleva. Valmistuksen mahdolli-suudet kartoitetaan kuormituslaskennan avulla, jossa työt on jaettu kuormitusmallei-hin. Kuormitusmalli on oma valmistusyksikkönsä, jota kuormitetaan. Kuormitusryh-mien määrä on yrityksestä ja tuotannosta riippuvaa, mutta olisi hyvä pyrkiä mahdolli-simman vähäiseen seurattavien kuormitusryhmien määrään. (Lapinleimu 1997, 196-199.)

4.1 Kapasiteetti

Kapasiteetilla tarkoitetaan tuotantomäärää, joka on mahdollista saavuttaa olemassa olevien tuotantotekijöiden 100 % käytöllä. Kapasiteetin tulisi kustannustehokkuuden kannalta liikkua hyvin lähellä maksimia. Jos kapasiteetin käyttö jää runsaasti alle potentiaalini, syntyy työkoneille ja työntekijöille seisonta-aikaa. Toisaalta, liian korkeaksi suunnitellut tuotantovaatimukset eivät ole myöskään hyvä asia. Siinä tilanteessa työtä on enemmän, kuin on mahdollista tehdä. (Capacity Planning n.d.)

Kapasiteetin ohjauksessa huomioidaan kapasiteetin suuruuden suunnittelu, ja sen käytön suunnittelu. Kapasiteetin suunnittelu tehdään kuormitusryhmittäin. Jos kuormitusryhmän kapasiteettia halutaan nostaa, on vaihtoehtoina työntekijöiden määrän kasvatus, useamman työvuoron käyttö tai tuotantokoneiden muutokset. Tilapäisesti kapasiteettia voidaan nostaa ylitöillä tai työaikajoustoilla, mutta nämä eivät saa olla kapasiteetin suunnittelun perustana. (Lapinleimu 1997, 202-204.)

Kapasiteetin käytön suunnittelulla tarkoitetaan resurssien kohdistamista johonkin tiettyyn tarpeeseen. Tätä tulisi käyttää vain poikkeavissa tilanteissa, koska kapasiteetin käyttöä tärkeämpää on tuotteen läpäisyajan pituus. Lisäksi kapasiteetin käytön suunnittelu on usein hankalaa. (Lapinleimu 1997, 202-204.)

4.2 Läpäisy aika

Läpäisyajaksi käsitetään se aika, joka tuotannolla kuluu yhden tuotteen valmistusimpulssista valmiiksi tuotteeksi. Läpäisy aika kuvaa tuotannon joustavuutta ja suorituskykyä ja se on yleisin tuotannon kokonaisvaltaista tehokkuutta kuvaava yksikkö. Se koostuu kahdesta osatekiästä: materiaalihankintoihin kuluva ajasta ja tuotannon läpäisyajasta. (Peltonen, 1998.)

Jos työvaiheiden lukumäärä yhden tuotteen osalta kasvaa suureksi, alkaa odotusajat nousemaan läpäisyajaa tarkastellessa korkeiksi. Tämä johtuu siitä, että usein työvaiheissa tapahtuva jalostava (arvoa lisäävä) työaika on suhteellisen pieni verrattuna vaiheen kokonaisaikaan. (Lapinleimu 1997, 53.)

Miksi läpäisyajan lyhentämiseen tulisi sitten pyrkiä? Lyhyen läpäisyajan omaavassa tuotannossa toiminnot ovat kehitetty niin, että tuotanto on tehokas, joustava ja suhteellisen stabiili. Tämä antaa mahdollisuuden nopeaan toimitusaikaan ja helpompaan prosessin ohjattavuuteen. Lisäksi se antaa lisää aikaa tuotannon kuormituksen tasoittamiseen. (Lapinleimu 1997, 55.)

Tela- ja akselikaavauksessa kaavattavien valumuottien kaavausprosessin läpäisy aika vaihtelee kappalekohtaisesti. Tähän vaikuttaa suurimmilta osin kaavattavien kehien määrä, toisin sanoen valmiin kappaleen pituus. Mitä pidempi kappale, sitä enemmän kehiiä tarvitaan. Tela- ja akselikaavaus pystyy nykytilanteessa tuottamaan liitteessä 2 esitetyn altavalukselin kehät noin 4-5 työvuoron aikana.

5 Kehittämistyön filosofiat

5.1 Lean-filosofia

Lean on kehittämisfilosofia, joka on saanut alkunsa Japanissa Toyotan tehtaalla. Se on tuotantoperiaate, joka on levinnyt aluksi autoteollisuuteen ja sieltä laajemmin myös muille toimialoille. Lean-käsite syntyi 1990, kun autoteollisuuden tilaa tutkittaessa parhaiten menestyviä yrityksiä alettiin kutsua Lean-yrityksiksi. Ne erottuivat joukosta, koska ne pystyivät tuottamaan enemmän laadukkaita tuotteita samoilla resursseilla kilpailijoidensa kanssa. Lean-ajattelussa pääpaino kehittämistoimenpiteille kohdistetaan sinne, missä asiakkaille tuotetaan arvoa. Kun kehittämistyön voimavarat kohdistetaan arvoa lisääviin toimintoihin ja hukkien poistamiseen, on yrityksen mahdollista saavuttaa parempi kilpailukyky ja turvata toiminnan jatkuvuus. (Lean-ajattelu n.d. & Salminen 1996, 165-167.)

Lean-ajattelu sisällyttää teorioita ja työkaluja, joiden avulla saavutetaan läpimenoajan lyheneminen. Läpimenoajan lyheneminen on Lean-ajattelun keskeisin idea, koska ilman sitä harvoin saavutetaan parannusta yrityksen toiminnassa taloudellisessa mielessä. Usein Lean-työkalut kuitenkin mielletään ongelmien ratkojiksi, mutta

näin ei ole. Lean-työkalujen tarkoitus on tuoda esille ongelmakohdat, joita yrityksen toiminnassa esiintyy. Valmista ratkaisua ongelmiin ei kannata Lean-työkalujen käytöllä odottaa. (Yleistä Leanista n.d.)

Lean-ajattelu lähtee siitä, että tuotantojärjestelmä on mahdollisimman yksinkertainen. Tällä tavalla pyritään saavuttamaan lyhyet asetusajat ja helppo muunneltavuus. Huomiota kiinnitetään myös yksinkertaisten töiden automatisointiin, jolloin työntekijät voivat käyttää työaikansa tärkeämpiin työtehtäviin. Pyritään siis turhan eliminointiin, jota on esimerkiksi työntekijöiden tavaroiden ja välineiden etsimiseen kuluva aika. Ne eivät tuota arvoa asiakkaan kannalta, joten niistä pyritään eroon. Tuotannonohjauksen osalta pyritään JIT-periaatteen toteutumiseen, eli valmistetaan vain oikeaan tarpeeseen. (Salminen 1996, 168.)

Arvon määrittelyn tekee asiakas, kukin omasta näkökulmastaan. Yleisesti voidaan ajatella, että arvoa lisäävä toiminta on esimerkiksi jonkin tuotteen, materiaalin tai tiedon muuttamista asiakkaan kannalta hyödylliseen suuntaan. Arvoa lisääviä toimenpiteitä voi olla useita peräkkäin, ja ne kaikki vievät tuotetta valmiimpaan suuntaan. Lean-ajattelun perustana on pyrkiä aina täydellisyyteen. (Lean-ajattelu n.d.)

Useimmiten ei kuitenkaan ole mahdollista suorittaa pelkästään arvoa lisääviä työvaiheita. Jotta arvoa lisäävän työvaiheen voi suorittaa, vaaditaan yleensä myös tukitoimintoja. Tukitoiminnot ei suoranaisesti ole arvoa lisääviä, mutta esimerkiksi tuotantoprosessin kannalta silti välttämättömiä. Arvoa lisäävien- ja tukitoimintojen lisäksi toimintaan sisältyy usein myös hukkaa. Hukka voi olla esimerkiksi jokin työvaihe, joka ei tuota arvoa. Lean-ajattelun mukaisesti on tärkeää tunnistaa hukat, jotta niitä voidaan systemaattisesti lähteä poistamaan. (Lean-ajattelu n.d.)

Lean-ajattelun mukaista kehittämistä voidaan tehdä monella eri tavalla. Yksi yleisimmistä etenemistavoista on:

1. Arvon määrittely asiakkaan näkökulmasta → saadaan ohjattua kehitystoimenpiteet oleellisiin asioihin
2. Arvoketjun kuvaus → määritellään prosessit, joissa arvo muodostuu
3. Tuotannon virtautus → tuotteiden virtauksen järjestely siten, että ne eivät pysähdy arvoketjussa

4. Imu → varastointia vähennetään, valmistetaan vain todelliseen tarpeeseen tai kuluksen mukaan
5. Täydellisyyteen pyrkiminen → prosessien jatkuva, laadukas ja tehokas kehitystyö (Kouri 2009, 8-9.)

Jos tuotanto sisältää useita prosessivaiheita peräkkäin, voidaan kehitystyössä asiakkaana pitää myös yrityksen sisäistä, seuraavaa prosessivaihetta. Esimerkiksi tässä opinnäytetyössä käsiteltävä tela- ja akselinvalmistus on hyvin monivaiheinen prosessi. Kehityskohteena on kaavausprosessi, ja sisäisenä asiakkaana pidetään muotinkausprosessia. Tästä huolimatta opinnäytetyössä kehitystyö etenee edellä mainitun etenemistavan mukaan. (Kouri 2009, 9.)

Kun yritys haluaa lähteä toimimaan Lean-ajattelun mukaisesti, tarvitaan projektin onnistumiseen henkilöstön sitoutuminen. Yrityksen johdon tulee ajaa ajattelutapaa eteenpäin, ja samalla avoimesti tiedottaa työntekijöille mitä tehdään, miksi ja miten se tulee vaikuttamaan. Joka tapauksessa muutos aiheuttaa työntekijöille muutoksia ja uusien toimintatapojen omaksumista, joka täytyy ottaa huomioon. Tarpeen mukaan työntekijöitä tulee kouluttaa ja opastaa. Tulee kuitenkin muistaa, että muutos Lean-yritykseksi ei tapahdu yhdessä yössä. Useimmiten saavutetut tulokset alkavat näkyä vasta muutaman vuoden sisällä, riippuen toteutusyrityksen taidoista, motivaatiosta ja teknologian tasosta. (Salminen 1996, 175-178.)

5.2 Lean ja hukat

Lean-ajattelussa paremman tuottavuuden tavoittelu ei tapahdu vaatimalla työntekijöitä suurempaan työtahtiin. Ajatuksena on keskittyä poistamaan tuotannosta ne vaiheet, jotka ovat turhia tai kasvattavat arvoa lisäämättömän työn määrää. Tuotannossa esiintyvät hukat on Lean-ajattelussa jaettu seitsemään eri tyyppiin:

1. Ylituotanto
2. Odottelu ja viivästykset
3. Tarpeettomat kuljetukset
4. Laatuvirheet
5. Tarpeettomat varastoinnit
6. Ylikäsittely
7. Työntekijöiden tarpeeton liikkuminen

(Kouri 2009, 10-11.)

Näiden seitsemän hukan lisäksi on nykyään myös liitetty kahdeksas: käyttämättä jätetty työntekijän luovuus. Tällä tarkoitetaan sitä, että useimmiten prosesseja kehittäessä ei hyödynnetä parasta tietolähdettä, työn tekijää. Mielestäni asia on juurikin näin. Työn tekijällä on prosessin kulusta ja toiminnasta ajankohtaisin tietämys, joka tulisi ilman muuta kehitystyössä ottaa huomioon. Sillä on myös usein positiivisia sivuvaikutuksia, esimerkiksi työntekijöiden lisääntynyt motivaatio kehittää toimintaa jatkossakin. (Kouri 2009, 11.)

Aikaisemmin lean-ajattelussa hukka on jaettu kolmeen eri ryhmään: Muda, Mura ja Muri. Ne pitävät sisällään eri tyyppiset hukan muodot, mutta nykypäivänä näitä termejä ei käytetä. Yleisesti puhutaan vain hukasta ja niiden kahdeksasta muodosta, jotka edellä mainittiin. (Lean-ajattelu n.d.)

5.3 Tuotannon virtautus

Tuotannon virtautus on yksi Lean-ajattelun mukaiseen kehittämiseen liittyvistä periaatteista. Tuotannon virtautuksella tarkoitetaan prosessin vaiheiden järjestämistä siten, että ne tapahtuvat peräkkäin, hallitusti ja tasaisella kuormituksella. Virtaavan tuotannon suunnittelun perusteena on yleensä asiakkaalle tuotettava lisäarvo, eli pyritään maksimoimaan lisäarvoa tuottava aika. Tämä taas lyhentää läpäisyaikaa, koska keskeneräisen tuotannon määrä vähenee. Lisäksi virtautuksen etuja ovat lyhyet toimitusajat, varastoihin sitoutuvan pääoman pieneminen, laadun kehittyminen, tuottavuuden kasvaminen ja toiminnan systemaattisuuden lisääntyminen. (Kouri 2009, 20-21.)

Virtautusta tehdessä havaitaan helposti tuotantoprosessissa esiintyvät ongelmat, kuten tuotantokoneissa esiintyvät häiriöt ja tuotteiden laatupuutteet. Näihin ongelma-kohtiin on virtautuksen yhteydessä puututtava, sillä virtautus ei ole muuten mahdollista. Lean-ajattelussa tuotannon virtautus ja läpäisyajan lyhentäminen ei kuitenkaan tapahdu työtahdin lisäämisellä, vaan pyrkimällä eroon valmistukseen liittyvistä odotusajoista. (Kouri 2009, 21.)

5.4 Arvovirtakuvaus

Arvovirtakuvaus on yksi keskeisimmistä Lean-työkaluista. Sen avulla pystytään suunnittelemaan, analysoimaan ja hallitsemaan materiaalien ja tiedon kulkua. Arvovirtakuvauksessa kiinnitetään huomio siihen mitä prosessilta vaaditaan, että saadaan toimitettua tuote asiakkaalle. Arvovirran kuvauksessa huomioidaan kaikki työvaiheet, oli ne arvoa luovia tai ei. (Value Stream Mapping n.d.)

Arvovirtakuvaus on hyvä apuväline prosessien tai työvaiheketjujen nykytilanteen analysoinnissa. Siinä työvaiheet jaotellaan päävaiheittain, ja näihin päävaiheisiin usein sisältyy useita pienempiä vaiheita. Arvovirtakuvauksen avulla pyritään selvittämään esimerkiksi prosessiaika, läpimenoaika ja jalostavan työn osuus prosessin eri vaiheissa. (Value Stream Mapping n.d.)

Mitä konkreettista hyötyä arvovirran kuvaamisesta on? Se auttaa selventämään ja visualisoimaan prosessin kulun, tunnistamaan hukan aiheuttajia ja konkreettisia kehittystarpeita ja helpottaa tunnistamaan läpimenoaikaan vaikuttavia esteitä. Ilman arvovirtakuvauksen tekoa, on prosessiin tehtävät kehitystoimenpiteet usein hankala kohdistaa oleellisiin asioihin. (Value Stream Mapping n.d.)

Kun arvovirtakuvaus on nykytilanteesta tehty, on tärkeä myös kuvata sen tahtotila. Tahtotilassa tulee miettiä se, miten prosessit tulevat toimimaan jatkossa. Sen pohtiminen ohjaa tekemään oikeita kehitystoimenpiteitä nykytilaan. Huomiota on hyvä kiinnittää jatkuvaan virtaukseen, hukatekijöiden eliminoimiseen ja joustavaan prosessiin. (Value Stream Mapping n.d.)

Arvovirtakuvaus on mielestäni hyvä tehdä aluksi paperille. Tämä auttaa havaintojen tekemisessä, ideoinnissa ja päätelmien tekemisessä. Kun arvovirtakuvaus on saatu lopulliseen muotoonsa paperille, voidaan se piirtää tietoteknisin apuvälinein.

5.5 5S

5S on Japanissa kehitetty toimintamalli, jonka avulla ylläpidetään tehokkaan toiminnan edellytyksiä työpisteessä. Lean-periaatteiden toteuttamisen ja niiden onnistumisen lähtökohtana on siisteys ja järjestys. 5S on kehitetty tätä tarvetta varten. Kuitenkaan se ei ole pelkästään siisteyteen ja järjestykseen keskittyvä toimintamalli, vaan se käsittää järjestelmällisen toiminnan kaikissa työskentelyn vaiheissa. Useimmiten 5S on ensimmäisiä yrityksissä tehtäviä Lean-ajatteluun tehtäviä kehitystoimia, ja sillä saavutetaan suhteellisen helposti ja nopeasti näkyviä tuloksia. (Lean Thinking and Methods – 5S n.d.)

5S nimitys tulee viidestä japaninkielisestä termistä:

- **Seiri:** lajittele työvälineet, materiaalit ja tarvikkeet priorisoimalla niiden tarpeellisuutta työn aikana. Työpisteessä tulee olla vain tarpeelliset työvälineet ja materiaalit.
- **Seiton:** merkitse työvälineille omat säilytyspaikat
- **Seiso:** puhdista ja huolla koneita ja laitteita
- **Seiketsu:** vakiinnuta tehdyt toimenpiteet osaksi päivittäistä rutiinia
- **Shitsuke:** ylläpidä käytäntöjä päivittäin

(Kouri 2009, 27.)

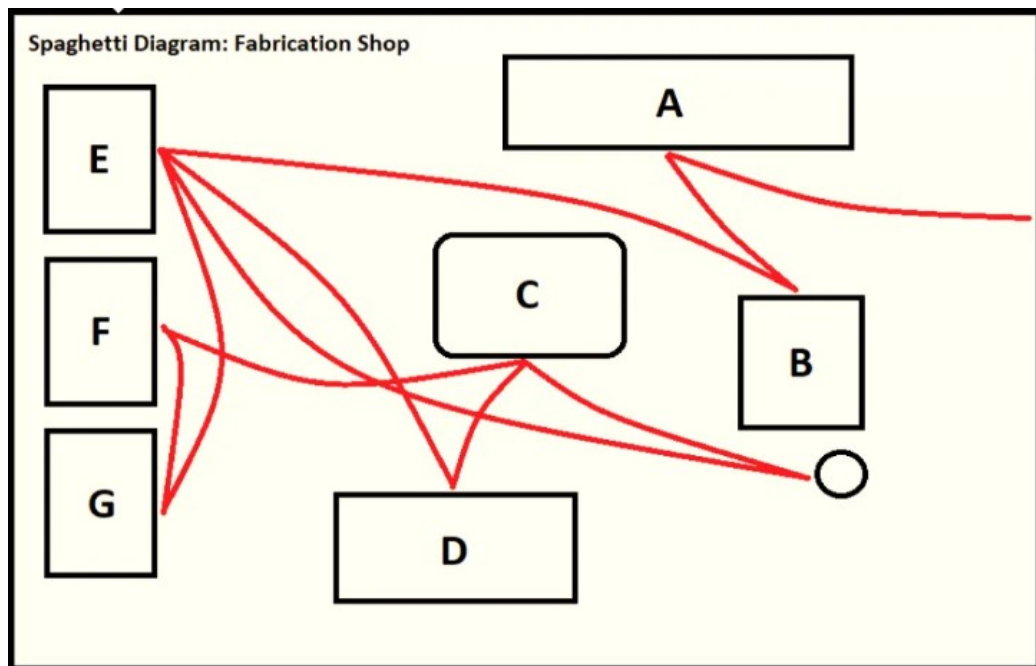
5S onnistumisen edellytyksenä on koko organisaation sitoutuminen. 5S toimenpiteiden vakiinnuttaminen on pitkäjänteisyyttä ja systemaattista toimintaa vaativaa, ja sen toteutus täytyy saada osaksi päivittäistä työskentelyä. Tavoittilaan ei päästä tekemällä satunnaisia suursiivouksia. Käyttöönottaessa 5S-työkalua on tarpeellista tuoda työntekijöiden tietoisuuteen sitoutumalla saavutettavat hyödyt: 5S parantaa työturvallisuutta ja ylläpitää työtilojen järjestystä. Työvälineitä ei tarvitse etsiä, vaan niiden tiedetään sijaitsevan omalla merkityllä paikalla. Tämä myös helpottaa huomattavasti työn tekemistä. (Kouri 2009, 26-27.)

5S noudattaminen tukee myös yleisesti Lean-ajattelun muodostumista yrityksessä. Kun työntekijät huomaavat työskentelyn olevan nopeampaa ja helpompaa, aletaan 5S-ajattelua huomaamatta levittämään koko tuotantoprosessin ympärille. Tähän tilanteeseen pääsyä edellyttää kuitenkin koko yrityksen sitoutuminen ja varsinkin alkuvaiheessa tapahtuva seuranta asian ympärille. (Lean Thinking and Methods – 5S n.d.)

Tela- ja akselikaavauksen työpisteitä havainnointiin nykytilanteen kuvauksessa, jonka avulla saatiin kartoitettua 5S-ajattelun toteutumista. Havaittiin, että työpisteissä on varastoituna paljon tarpeetonta, ylimääräistä ja käytöstä poistuneita työvälineitä ja materiaaleja. Havainnoinnin tuloksena päätettiin uusien työpisteiden suunnittelussa kiinnittää huomiota 5S-ajattelun toteutumiseen. Konkreettiset toimenpiteet tehtiin 5S-filosofiaa noudattaen.

5.6 Spagettikaavio

Materiaalivirtojen kulkua muuttaessa ja työpisteitä suunniteltaessa on spagettikaavion tekeminen hyvä apuväline. Sen ideana on havainnollistaa materiaalien ja ihmisten liikettä, sekä niiden välillä olevia etäisyyksiä. Tuotantotilojen layouttiin piirretään materiaalien ja työpisteiden sijainnit, jonka jälkeen niiden välille piirretään yhteydet. Tämä tapa auttaa visualisoimaan ylimääräiset siirtelyt, materiaalien haut ja ihmisten liikkeet. Spagettikaavio on hyvin yksinkertainen, mutta tehokas ja toimiva tapa hukan kartoittamisessa. Tässä opinnäytetyössä piirrettiin tela- ja akselikaavauksen alkutilanteesta spagettikaavio, jonka perusteella materiaalivirtoja ja työpisteitä lähdettiin muuttamaan. Opinnäytetyössä spagettikaaviota hyödynnettiin enemmänkin logistisessa mielessä, kun taas yleensä spagettikaaviota käytetään kuvaamaan tuotteen kulku valmistusprosessin läpi. Visualisoinnin etuna on se, että muutokset ovat helposti perusteltavissa. (Using Spaghetti Diagrams With 5S n.d.)



Kuva 4. Spagettikaavio. (Using Spaghetti Diagrams With 5S n.d.)

5.7 Kapeikkoajattelu

Kapeikkoajattelu on syntynyt 1970-luvun lopulla israelilaisen Eliyahu M. Goldrattin kehittämän tuotannonohjausohjelmiston pohjalta. Sen keskeisenä ajatuksena on se, että jokaisen yrityksen suorituskykyä rajoittaa kapeikot. Näillä kapeikoilla tarkoitetaan asioita, jotka rajoittavat ja estävät yritystä toteuttamasta toimintaansa paremmalla suoritusasteella. Kapeikkoajattelu oli aluksi vain tuotannonohjausjärjestelmä, josta muodostui myöhemmin johtamisfilosofia. (Salminen 1996, 37.)

Jokaisessa järjestelmässä on tietty maksimaalinen läpivirtaus, jota rajoittaa yksi tai useampi toiminto. Näitä rajoittavia tekijöitä kutsutaan kapeikoiksi. Kapeikkoajattelussa koko arvoa tuottava toimintaketju on määriteltävä toimimaan kapeikkojen tahdissa, koska läpivirtaus määräytyy kapeikkojen mukaan. Jos näin ei tehtäisi, synnyttäisiin kapeikkojen välille varastoa. Tämän vuoksi kehitystoimenpiteet prosessissa tulee suunnata nimenomaan kapeikkoihin. Jos näin ei tehdä, voidaan pahimmassa tapauksessa esimerkiksi laskea kannattavuutta varastomäärien suurenemisen myötä. (Salminen 1996, 38-39.)

Kapeikkojen kehittämistyössä voidaan noudattaa viisivaiheista prosessia:

1. Kapeikkojen etsiminen
2. Kapeikkojen parhaan mahdollisen tavan käytön suunnittelu
3. Materiaalivirtojen ja muun toiminnan järjestäminen kapeikkojen mukaan
4. Kapeikkojen avartaminen
5. Kapeikon poistuessa, etsi seuraava

(Salminen 1996, 40.)

Kapeikkoajattelussa kehittämistyön voidaan ajatella olevan jatkuvaa. Prosessia tai järjestelmää rajoittaa aina jokin kapeikko, joka poistamalla päästään suurempaan läpivirtaukseen. Kapeikkoihin kohdistetut kehitystoimenpiteet vaikuttavat siis suoraan toiminnan kannattavuuteen ja yrityksen tulokseen. Tässä opinnäytetyössä voidaan ajatella tela- ja akselituotannon kapeikkona kaavausprosessia. Valmiiden tuotteiden läpivirtauksen maksimoimiseksi kaavattuja kehiä tulisi tuottaa enemmän, jotta niitä voitaisiin valaa. (Salminen 1996, 49.)

Valumuottien valmistuksen määrän kasvattamisessa on kuitenkin huomioitava sen vaikutus koko tuotantovirtaan. Kaavauksen jälkeisten tuotantoprosessin vaiheiden on pystyttävä hyödyntämään kasvanut valumuottien määrä. Jos valmistuksen määrää kasvatetaan, on sitä myös pystyttävä hyödyntämään. On varottava kasvattamasta pelkästään keskeneräisen tuotannon määrää. Opinnäytetyössä kaavausprosessia ja sen jälkeisten työvaiheiden sujuvuutta tarkasteltiin myös tältä kantilta. (Salminen 1996, 43.)

6 Työn toteutus

6.1 Nykytilanteen kartoitus

Työn toteutus aloitettiin perehtymällä kaavausprosessin nykytilanteeseen. Nykyisellään tela- ja akselikaavauksessa syntyy liitteen 2 mukaiset kehät 5-6 työvuoron aikana. Kaavaukseen kuluva aika riippuu kuitenkin pitkälti kaavattavan kappaleen omi-

naisuuksista. Kaavausprosessi aloitetaan, kun tuotekohtaisesti laadittu valusuunnitelma on valmis. Valusuunnitelmassa on esitetty kaikki tiedot, materiaalit ja ohjeet, jotka kappaleen valmistamiseen vaaditaan. Kehien kaavausohjeet eivät kuitenkaan ole nykytilanteessa niin yksityiskohtaisia, että niitä seuraamalla kokematon työntekijä pystyisi kaavaustyötä tekemään.

Nykytilan kartoitus aloitettiin tekemällä altavalukselin kaavausprosessin työvaiheista lista, sisältäen kuljetukset ja materiaalien haut. Työvaiheille kartoitettiin vaiheajat, jotka on esitetty liitteessä 1. Tämän vaiheistuksen perusteella arvovirtakuvausta lähdettiin tekemään. Prosessin vaiheajat kerättiin aiempaa sisäistä tietoa, haastatteluita ja omaa havainnointia apuna käyttäen. Kinnunen oli omassa opinnäytetyössään valimolla (Kinnunen 2019.) tehnyt ”hybridin” prosessivaihekuvauksesta ja arvovirtakuvauksesta, joten arvovirtakuvauksesta saatuja vaiheajoja pystyttiin vertaamaan siihen. Kaikki arvovirtakuvauksessa esiintyvien aikojen paikkansapitävyys varmistettiin omilla havainnoilla. Havainnointi tapahtui seuraamalla kaavaajien työkentelyä työpisteellä, samalla heitä haastatellen. Näin saatiin realistiset ja nykytilanetta parhaiten kuvaavat vaiheajat selvitettyä. Lisäksi jo havainnointia tehdessä tuli esiin suoria parannusehdotuksia, niin omasta kuin työntekijöidenkin puolesta.

Kaavausprosessin arvovirtakuvausta ja prosessivaiheajoja analysoidessa ei voida suoraan laskea kappaleen läpimenoaikaa kokonaisajasta. Suuri osa prosessin vaiheajoista on muotin kovettumis- ja tuuletusaikoja. Muottien valmistusta kuitenkin tapahtuu myös näiden kovettumis- ja tuuletusaikojen sisällä, joten tämä on syytä ottaa analysoinnissa huomioon.

Kun vaiheajat olivat selvillä, jaoteltiin ne kolmeen eri ryhmään:

1. jalostava työaika
2. ei jalostava työaika, mutta prosessin kannalta välttämätön
3. ei jalostava työaika

Jaottelun jälkeen laskettiin ryhmien kokonaisajat ja prosentuaalinen osuus läpäisyajasta. Näin saatiin havainnollistettua, miten altavalukselin kaavauksessa kuluva

aika jakaantuu aikaryhmien kesken. Arvovirtakuvaus tela- ja akselikaavausprosessista on esitetty liitteessä 2. Arvovirtakuvausta tehdessä asiakkaana pidettiin seuraavaa työvaihetta, eli valumuotin kasausvaihetta.

Tämän jälkeen perehdyttiin kaavauksessa esiintyviin, ei-jalostaviin työvaiheisiin. Hukkien poistaminen on yksi keskeisin asia tuotannon kehittämisessä, joten niistä oli syytä tehdä selvitys. Tämän perusteella selvisi, että suurin osa ei-jalostavasta työajasta kuluu erilaisten kaavauksessa tarvittavien tarvikkeiden hakuun ja etsimiseen. Esimerkiksi kaavauskehien, keernoihin liittyvien tarvikkeiden, kanaviston osien, raudoitusten ja mallien haku vievät kaavaajien työajasta suuren osan. Taulukossa näitä ei-jalostavia työvaiheita merkattiin punaisella värillä, ja niiden osuus kokonaisajasta oli noin 12 %. Nämä työvaiheet ovat siis puhdasta hukkaa aiheuttavia, joiden poistaminen onnistuisi suurilta osin ilman merkittäviä investointeja.

Seuraavaksi tutkittiin ei jalostavaa, mutta prosessin kannalta välttämätöntä työaika. Taulukossa näitä aikoja merkattiin keltaisella värillä. Ne sisältävät esimerkiksi valmis-televia työvaiheita, kehien varustelua ja peitostusta. Tämä osa-alue oli myös kokonaisajaltaan selkeästi suurin, vieden yli 80 % koko akselin kaavausajasta. Tässä on kuitenkin huomioitava, että tämä aikaryhmä koostuu suurilta osin muottien tuuletus- ja kuivatusajoista. Todellisuudessa kaavausta voidaan tehdä myös näiden kuivatus-aikojen sisällä, joten tämä on johtopäätöksiä tehdessä huomioitava.

Jalostavaksi työajaksi kaavausprosessissa laskettiin kaikki se aika, joka käytetään muotin täyttämiseen hiekalla. Toisin sanoen, vain mikserin käydessä tuotetaan lisäarvoa. Jalostavan työajan osuudeksi saatiin noin 6 %, joka on samalla myös mikserin käyntiajan osuus kaavausprosessissa. Tätä kautta asetettiin myös yksi tutkimusongelma: miten saadaan mikserin käyntiaika maksimoitua?

Arvovirtakuvauksen pohjalta esiin nousi seuraavat hukkaa aiheuttavat työvaiheet:

- tukirautojen ja kokillien haku
- kaatokanaviston osien haku ja sahaus oikeaan mittaan
- kaavauskehien etsiminen ja haku
- keernalaatikoiden ja -tarvikkeiden haku

- välivarastoinnit
- kaasupoistonarujen kiinnitys tukirautoihin
- mallin ja kehän kohdistus nykyisillä menetelmillä

Koska kaikki ei-jalostava työaika vaikutti selvityksen perusteella syntyvän erilaisten tarvikkeiden ja materiaalien hauista, piirrettiin tilanteen havainnollistamiseksi spagettikaavio. Sen tarkoituksena oli havainnollistaa kaavaajatyöntekijöiden liikkumista välineiden ja tarvikkeiden luo tela- ja akselikaavauksen aikana. Spagettikaavio tehtiin kaavaajien materiaali- ja välinetarpeen pohjalta. Kaikkien tarvittavien välineiden ja materiaalien sijainnit sijoitettiin tuotantotilojen layout-pohjaan siten, missä ne oikeasti sijaitsevat. Näin saatiin havainnollistava esitys siitä, kuinka paljon liikkumista välineiden ja materiaalien hakeminen aiheuttaa kaavaajille työvuoron aikana. Spagettikaavio tela- ja akselikaavauksesta on esitetty liitteessä 3.

Kaavaajat tarvitsevat työtä tehdessään esimerkiksi valumalleja, kokilleja, kehiä, tukirautoja ja muita tarvikkeita. Näistä suurin osa sijaitsee melko suurien etäisyyksien päässä kaavauspisteeltä. Lisäksi opinnäytetyötä tehdessä kaavaajatyöntekijät nostivat esiin, että ongelmia on ollut myös mallien löytymisessä tai mallin osien puuttumisessa. Kaavaajatyöntekijät ovat joutuneet selvittämään ja etsimään malleja tai niiden osia, ja tämä aika on suoraan pois kaavaukseen käytettävästä ajasta. Spagettikaavion ja haastatteluiden kautta kerätty tieto huomioitiin kehitystoimenpiteissä, jotta päästäisiin ei-jalostavasta työajasta eroon. Mallivarusteiden kanssa ilmenneet ongelmat pyritään ratkaisemaan kappaleessa 6.4 esitetyn keräilyvaiheen avulla.

Omana havaintonani huomiota tulisi kiinnittää myös siisteyteen ja järjestykseen. Kaavauspaikalla työvälineillä ei juurikaan ole vakioituja säilytyspaikkoja, lisäksi säilytyksessä on paljon kaavaukseen liittymätöntä tai turhia työvälineitä. Koska työpöytä on täynnä tarpeetonta tavaraa, kaavaajat tekevät esimerkiksi kaatokanavistojen sauhuksen ja kaasunpoistonarujen teippauksen lattialla. Tämä on myös tärkeä huomioida työturvallisuuden vuoksi. Kaasunpoistonarulle ei myöskään ole selkeää varastointipaikkaa, vaan nykytilanteessa narukerä oli varastoitu lattialle. Tällaiset asiat tulee huomioida kehitystoimenpiteissä, ja tehdä työskentelystä ergonomisempaa, turvallisempaa ja sitä kautta mielekkäämpää.



Kuva 5. Kaasunpoistonarun säilytys lattialla

Kaikki nykytilan kartoituksessa kerätty aineisto, omat havainnot ja suorat kehitysehdotukset kirjattiin ylös. Tehdyissä huomioissa selkeästi suurimmaksi hukan aiheuttajaksi muodostui välineiden, materiaalien ja tarvikkeiden haut. Lisäksi kaavaajilta kuuluu aikaa muottiin tarvittavien kaatokanavistojen sahaukseen ja kasaukseen. Kaatokanavistot tehdään kehäkohtaisesti tarvittavan halkaisijan ja pituuden mukaan. Myös kaasunpoistonarujen teippaus kehän tukirautoihin hidastaa potentiaalista mikserin käyntiaikaa.

Kaavaajia haastateltaessa kaavausprosessia satunnaisesti hidastavaksi asiaksi koettiin viereisessä hallissa tapahtuva muotin kasaus, sillä kaavaajat joutuvat satunnaisesti tekemään myös muotin kasaustöitä. Lisäksi kaavauksessa kehiin asennetaan rautoja, joihin teipataan kaasunpoistonarut kiinni. Työn edetessä oli tarkoitus selvittää mahdollisuutta tämän työvaiheen suorittamiseen ennen kuin kehä odottaa täyttöä mikserin alla. Ideaalitulanteessa saataisiin suoraan varusteltu, täyttöä vaille valmis kehä mikserin alle. Näin kehä ei ”varaisi” mikseriä varustelun ajaksi.

6.2 Tahtotilan määrittely

Tahtotilaa määriteltäessä lähdettiin tähtäämään toimeksiantajan asettamaan tuotantotavoitteeseen, joka oli vähintään 50 % tuotantomäärän lisäys. Tahtotilaa lähdettiin

kuvaamaan poistamalla nykytilanteen arvovirtakuvauksen analysoinnissa ilmenneet hukat. Lisäksi tahtotilan kuvauksessa huomioitiin uudella kaavauspaikalla sijaitseva suurempituottoinen mikseri, jonka avulla kehän täyttövaihe nopeutuu. Tämän jälkeen tarkoituksena oli tutkia keinoja saada kaavausprosessi virtaamaan paremmin. Tahtotilasta piirrettiin saman tyyppinen arvovirtakuvaus, kuin nykytilanteen kartoituksessakin. Tahtotilanteen arvovirtakuvaus on esitetty liitteessä 4.

Tahtotilan kuvauksessa yhden altavalukselin läpimenoaikaa saataisiin vähennettyä noin 25 %. Tämä muutos saadaan aikaan poistamalla hukka kaavausprosessissa, sekä ottamalla tuotantoa nopeuttavat investoinnit huomioon. Arvioimalla tuotannon nopeuttamiseen tehtyjen investointien positiivista vaikutusta läpimenoaikaan, vaikutti toimeksiantajan asettama tavoite täysin mahdolliselta saavuttaa. Uuden kaavauspaikan toimintatapa prosessin vaiheineen on selvitetty tarkemmin luvussa 6.5.

Ei-jalostavaan, mutta prosessin kannalta pakolliseen työaikaosuuteen ei tässä opinäytetyössä mainittavia kehityskohteita löydetty. Kyseinen työaika koostuu kuitenkin suurelta osin muottien tuuletus- ja kuivatusajoista, joten tätä ei pidetty niin merkittävänä kehityskohteenä. Tämän aikaryhmän osalta tehtiin kuitenkin työntekoa helpottavia parannuksia, esimerkiksi työergonomiaan liittyen. Muottien kuivatusrata voi lyhentää myös tähän aikaryhmään sisältyviä vaiheajoja, mutta sitä on hankala vielä etukäteen arvioida. Sen aiheuttamaa vaikutusta ei tahtotilan kuvauksessa otettu huomioon.

Tela- ja akselikaavausprosessin kehitys aloitettiin nykytilan kuvauksessa ilmenneiden hukkien poistamisella ja toimeksiantajalta tulleen ajatuksen perusteella, jossa kaavaukseen tarvittavat materiaalit tuodaan valmiina kaavauspaikalle. Kaavaajatyöntekijät varustelevat kehän täyttöö varten valmiiksi ja täyttävät sen. Tahtotilanteeseen päästessä kaavaajatyöntekijöiden ei tarvitse poistua kaavauspaikalta laisinkaan. Keräilyvaiheen avulla saadaan siirrettyä mikserin käyntiaikaa viedä työvaiheet pois kaavaustyöntekijöiltä. Kaavaajien aika ei menisi jatkossa materiaalien ja tarvikkeiden hakuun ja etsimiseen, vaan he keskittyvät jatkossa vain kehien kaavaukseen. Tällä tavalla saadaan myös mikserien käyttöastetta nostettua, joka nostaa samalla jalosta-

van työajan osuutta kaavausprosessissa. Jalostavan työajan lisääntyminen ei kuitenkaan selkeästi näy tahtotilan arvovirtakuvauksesta, koska uudella kaavauspaikalla sijaitseva mikseri on edellistä kaksi kertaa tehokkaampi. Tälle toimintamallille alettiin luomaan edellytyksiä keräilyvaiheen ja kaavauspisteen osalta.

6.3 Keräilytyöpiste

Kinnunen (Kinnunen 2019. 33) esitti ajatuksen opinnäytetyössään mahdollisuudesta jakaa kaavausprosessin vaiheet osakokoonpanotyyppisesti. Ajatuksena oli se, että kaikki työvaiheet, joita ei olisi välttämätöntä tehdä kaavauksen aikana, tehtäisiin erillisinä työvaiheina. Sen avulla olisi mahdollista vakioida toimintatapoja ja vähentää kaavausprosessin läpäisyäikää.

Tämän ajatuksen perusteella aloitettiin selvittämään mahdollisuutta lisätä erillinen materiaalien keräilyvaihe tuotantoon. Lähtökohtana suunnittelulle oli se, että mikserin alle tuotaisiin varusteltu, täyttöä vaille valmis kehä. Täytön jälkeen kehä voitaisiin siirtää seuraavaan työvaiheeseen kaavausprosessissa, pois mikserin alta. Tällä tavoin toimimalla yksi kehä on mikserin alla vain täytön ajan. Nykytilanteessa kehä varustellaan täyttöä varten valmiiksi mikserin alla, ja se rajoittaa mikserin käyntiaikaa ja tätä kautta kaavattujen kehien tuotantomäärää. Suunnittelu keräilyvaiheen osalta aloitettiin, ja alettiin luoda edellytyksiä sen toiminnalle. Ajatuksena oli myös, että lisäämällä keräilyvaihe tuotantoprosessiin, päästään suurilta osin eroon arvovirtakuvauksessa esiintyneistä kaavausprosessin hukista.

Keräilyprosessin toimintaa suunniteltaessa tavoitteena oli, että keräilytyön tekeminen ei vaatisi valimoalan koulutusta. Alkuperäisessä muodossa olevan valusuunnitelman perusteella tämä ei kuitenkaan ollut mahdollista, sillä kaikille materiaaleille ei ollut minkäänlaista tunnistetietoa. Tämän havainnon perusteella valusuunnitelmaan alettiin tekemään muutoksia. Jokaiselle osalle luodaan yksilöivä tunniste, joka ilmenee valusuunnitelmasta ja varastopaikalta. Valusuunnitelmaan lisättiin myös tiiliputkien osalta kehäkohtaiset halkaisija- ja pituusmitat, joiden perusteella tiiliputket voi-

daan kasata valmiiksi jo keräilyvaiheessa. Valusuunnitelmaan lisättiin myös tarvittavien materiaalien kappalemäärät keräilytyön helpottamiseksi. Erillistä keräilylistaa ei lähdetty toteuttamaan, vaan muutokset tehtiin valusuunnitelmaan.

Keräilytyötä varten valusuunnitelmaan täytyi tehdä muitakin muutoksia. Koska kaavausta tehdään esimerkiksi keernojen osalta muualla kuin uudessa kaavauspaikassa, vaaditaan tämä informaatio myös valusuunnitelmaan. Valusuunnitelmaan olisi saatava materiaalit tarpeet kohdistetusti ennalta sovituille kaavauspaikalle. Näin keräilyvaiheen työntekijä osaa toimittaa oikeat materiaalit oikeaan kaavauspaikkaan. Tulevaisuutta ja keräilytoiminnan laajentamista ajatellen olisi hyvä selvittää, olisiko tuotannossa toistuvia ja samanlaisia keernoja järkevää valmistaa varastoon tuotantoennusteen mukaisesti. Tässä tulee kuitenkin ottaa huomioon tuotteiden ominaisuuksien vaihtelevaisuus, jota tela- ja akselinvalmistuksessa esiintyy. Keernojen yhtenäistämismahdollisuuksia tuoteperheiden kesken kannattaa jatkossa selvittää.

Ennen kaavausta tapahtuvassa materiaalien keräilyssä keskityttiin tässä opinnäytetyössä tela- ja akselinvalmistukseen, kuitenkin pitäen mielessä mahdollisuus laajentaa ajatus myös muiden kappaleiden kaavaukseen. Keräilyyn tehtävänä on tuoda kaavauspisteelle valmiina tuotekohtaisesti kaikki tela- tai akselinvalmistuksen kaavausprosessissa tarvittava materiaali. Lisäksi materiaalit ovat valmisteltu etukäteen niin pitkälle kuin mahdollista. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että kaatokanavistot ovat kasattuna ja sahattuna oikeaan mittaan, ja rimmaraudat on valmisteltu kehän varustelua varten valmiiksi. Keräilypaikka on siis yksi oma työpisteensä, jonka läheisyyteen tela- ja akselinkaavausmateriaalit on kerätty valmiiksi ennen kaavauksen aloitusta. Keräilypaikan layoutin suunnittelussa otettiin huomioon toimeksiantajan toiveesta myös se, että keräilytoiminta voidaan tulevaisuudessa liittää myös muiden kappaleiden kaavausta edeltäväksi työvaiheeksi.

Kaavauksessa tarvittavasta ja keräilyyn soveltuvasta materiaalista tehtiin lista, joiden perusteella varastotarve saatiin määritettyä. Keräilypaikaksi valikoitui helpoiten hyödynnettävissä oleva tila, joka on suhteellisen lähellä materiaaleja ja kaavauspaikkaa. Keräilypaikan työvälineet ja materiaalit tarpeet kartoitettiin, ja toimeksiantajan edus-

taja teki ehdotuksen pohjalta layout-piirustuksen ja 3D-mallin. Kaavauspaikalle tarvikkeiden varastointia pyrittiin välttämään. Ainoastaan pientarvikehylly, joka sisältää lähinnä kiinnitystarpeita, katsottiin järkevimmäksi sijoittaa kaavauspaikalle. Pientarvikkeille oli jo oma säilytyskaappi edellisessä kaavauspisteessä olemassa, joten sen paikka siirrettiin uuteen kaavauspisteeseen. Myös menekiltään vähäiset, mutta suuri-kokoiset rimmaraudat päätettiin varastoida suoraan kaavauspaikalle. Niiden etukäteen tapahtuvaa keräilyä ei nähty järkeväksi toteuttaa kuljettamisen vaikeuden ja suhteellisen pienen menekin vuoksi. Havainnekuva keräilytyöpisteen layoutista on esitetty liitteessä 5.

Keräilijän työnkuvaan kuuluu tarvittavan materiaalin lastaaminen kuormalavoille, jotka toimitetaan kaavauspisteeseen hieman ennen tela- tai akselikaavauksen aloitusta. Tämä aiheuttaa luonnollisesti sen, että keräilijällä tulee olla etukäteen hyvin tiedossa valmistettavat kappaleet. Keräilyn pitää olla tehtynä siinä vaiheessa, kun kaavauksessa materiaaleja tarvitaan. Tämän vuoksi keräily on aloitettava muutamaa päivää aikaisemmin, ennen kuin kaavaus on suunniteltu aloitettavaksi. Materiaalivarasto on kokonaan visuaalisessa ohjauksessa, joten etukäteen tehtävällä keräilyllä voidaan välttää myös tuotannon keskeytykset materiaalien loppumisen vuoksi. Keräilytyö on tarkoitus kuormittaa tuotannonohjausjärjestelmän kautta. Järjestelmään lisättiin keräilytyövaihe, ja muutoksia kuormitukseen tehtiin myös keernanvalmistuksen osalta. Muutoksia tehtiin silmällä pitäen sitä, että keräilijä saisi selkeän työlistan, minkä järjestyksen mukaan keräily tehdään.

Nykytilan kartoituksessa esille nousut huono työergonomia ja siisteys pyrittiin huomioimaan suunnittelussa mahdollisimman hyvin. Keräilypaikalle sijoitettiin nostopöytä, jonka avulla työskentelykorkeutta pystytään muuttamaan työntekijälle sopivaksi. Työntekijä pystyy työskentelemään työpöytää, nostopöytää ja trukkia hyödyntäen. Varastoinnin suunnittelussa keräilytyöpisteelle hankittiin kuormalavahyllyt, ja työpisteen läheisyyteen sijoitettiin menekiltään suurimmat materiaalit. Esimerkiksi kaatokanavistojen varasto sijoitettiin mahdollisimman lähelle tiilisahaa ja saksipöytää, koska niiden menekki on suurinta. Yhteen altavalettavaan akseliin saattaa mennä jopa 15 metriä kaatokanavistoa.

Kaatokanavistojen esikokoonpanoa varten tehtiin testaus, jossa kolme halkaisijaltaan 200mm kaatokanavistoputkea liimattiin toisiinsa. Liimaus vaikutti onnistuvan ja kestävän normaalin käsittelyyn, mutta testin perusteella ilmeni tarve hankkia parempi liimauslaite. Kaatokanaviston pituuden mittaamiseen olisi mielestäni hyvä käyttää laseretäisyysmittaria, joka on nopea ja helppo keino tarkkaan pituusmittaukseen. Kaavausvaiheessa syntyy ongelmia, jos valmiiksi kasattu kaatokanavisto on kaavauskehään nähden liian pitkä tai vino. Tämän vuoksi pituusmittauksen tulee olla mahdollisimman tarkka.



Kuva 6. Kaatokanaviston kuljetuslava

Testauksen perusteella kaatokanaviston esikokoonpano vaikutti olevan mahdollinen toteuttaa. Suunnitelmana oli valmistaa keräilypaikalla kaatokanaviston osat valmiiksi, josta ne siirrettäisiin muun materiaalin kanssa edelleen uuteen kaavauspaikkaan. Siirtoa varten suunniteltiin kuljetuslava, johon kasatut kaatokanavistot saadaan sijoitettua. Kuljetuslava suunniteltiin tällä hetkellä suurimman akselin tarpeen mukaisesti, joten pienempien akselien kohdalla kaikki kuljetuslavan lokerot eivät välttämättä ole

käytössä. Koska kaatokanavistot on valmistettu pituuden ja halkaisijan mukaan kehäkohtaisesti, merkataan kaatokanavistoon näkyvälle paikalle kehän numero, johon se kuuluu. Numerointi on tehty myös valusuunnitelmaan. Näin kaavauskehän varustelu paikalla varustelija osaa laittaa oikean kaatokanaviston oikeaan, työn alla olevaan kaavauskeuhän.

Turhien työvälineiden varastointia pyrittiin välttämään tuomalla työpisteeseen vain tarpeeseen tulevat työvälineet, 5S periaatteiden mukaisesti. Työvälineille osoitettiin myös nimetyt paikat, joilla ne säilytetään. Kaatokanaviston sahauksesta tulevaa järettä varten tiilisahan viereen sijoitettiin jättestia, jonka kautta tiilijäte pystytään trukkia hyödyntämällä hävittämään.

Keräilypaikan läheisyyteen on varastoitu kaikki muu materiaali, paitsi mallivarusteet ja kokillit. Kokillit ajetaan käytön jälkeen puhdistuslinjan läpi, joka sijaitsee suhteellisen lähellä keräilytyöpistettä. Jatkokehitysehdotus kokillien osalta on esitetty luvussa 7. Uudessa toimintatavassa keräilijätyöntekijä ajaa mallit malliverstaalta suoraan kaavauspaikalle. Nykytilanteessa vain harvoille malleille on nimetyt varastopaikat, ja muut mallit ovat varastoitu satunnaiseen järjestykseen. Tämän vuoksi malliverstaalle rajattiin tela- ja akselimalleille ”malliparkki”, joka toimii tuotantoon menevien ja tuotannosta palaavien mallien alueena. Kun saadaan tieto malleista, joita tuotantoon tarvitaan ajankohdalla X, malliverstaan työntekijät siirtävät nämä mallit valmiiksi malliparkkiin. Mallit merkitään tunnisteella, joka löytyy myös valusuunnitelmasta. Tämän perusteella keräilijätyöntekijä osaa hakea malliparkista oikeat mallit tuotantoon. Kun malleja ei kaavauspisteessä enää tarvita, ajetaan mallit takaisin malliparkkiin. Mallien mahdolliset korjaustarpeet havainnoidaan, jonka jälkeen ne voidaan varastoida. Malliverstaan ja keräilytyöntekijän kanssa sovittiin pidettäväksi seurantapalavereja, joiden avulla saadaan mahdollisia ongelmakohtia ja poikkeustilanteita kartoitettua.

6.4 Tela- ja akselikaavauksen työpiste

Toimeksiantajalla oli aikomus siirtää tela- ja akselikaavaus tuotantotiloissaan eri paikkaan, ja tämä oli selvillä jo opinnäytetyön aloitusvaiheessa. Uuden kaavaustyöpisteen etuna on myös suurempituottoinen hiekkamikseri, jolla muottien täyttövaiheeseen

kuluva aika puolittuu. Paikka on myös tiloiltaan ja sisäiseltä logistiikaltaan edellistä parempi.

Kaavauskehien ja mallien kohdistusta varten hankittiin kaavauslevyt. Niiden tarkoituksena on kulkea kaavauskehän mukana kaavausprosessin läpi. Kaavauslevyihin saadaan helposti kohdistettua malli ja kaavauskehä, jolla varmistetaan kaavattujen kehien yhteensopivuus kasausvaiheessa. Kaavauslevyjen etuna on myös tilanteet, joissa samalla mallilla kaavataan useampi kehä. Kun kehä irrotetaan kaavauslevyistä, jää malli levyyn kiinni. Kaavauslevy voidaan siirtää mallin kanssa takaisin varustelupaikalle, ja nostaa uusi tyhjä kaavauskehä sen päälle. Havainnekuva kaavauslevyn toimintaperiaatteesta on esitetty liitteessä 7.

Lisäksi uuteen kaavauspaikkaan tehtiin investointi hiekan tiivistystä helpottavaan ja nopeuttavaan tärytyspöytään. Sen päälle nostetaan täyttöö vaatava kehä, jonka jälkeen täyttö hiekalla aloitetaan. Täytön aikana hiekkaa on tiivistettävä, jotta muotista saadaan kestävä. Tärytyspöydän avulla hiekan tiivistys onnistuu yhdellä työntekijällä, kun taas käsin sullomalla se vaatii useimmiten kaksi työntekijää. Tärytyspöytä lisää myös työergonomiaa, kun yksi käsin tehtävä työvaihe jää pois.



Kuva 7. Tärypöytä

Uuden kaavauspaikan suunnittelussa lähdettiin liikkeelle prosessivaihelistauksen avulla. Sen avulla mietittiin vaihe vaiheelta, mitä kaavausprosessissa tapahtuu ja missä järjestyksessä. Kehien, valumallien ja kehiin tulevien materiaalien kulku huomioidiin layoutin suunnittelussa. Kaavausprosessin kulku suunniteltiin seuraavalla tavalla: keräilijä toimittaa kaavauspisteeseen tarvittavat materiaalit ja mallit. Malli kohdistetaan ja kiinnitetään kaavauslevyyn, jonka jälkeen nostetaan kaavauskehä kohdistetusti mallin ympärille. Kehä varustellaan valusuunnitelman ohjeistuksen mukaisesti, ja nostetaan tärypöydän päälle. Tämän jälkeen kehä täytetään hiekalla ja täytetään. Täytetty kehä ja kaavausalusta nostetaan lattialle kovettumaan, ja kovettumisen jälkeen kehä irrotetaan. Kehä siirretään tuulettumaan, ja kaavausalusta palautuu varustelupisteeseen. Jos kaavausalustassa olevalla mallilla ei ole tarvetta kaavata enempää kehiä, voidaan malli irrottaa kaavauslevystä. Malli palautuu takaisin parkkiin. Muotti tuulettuu kuivatusradalla, johon johdetaan lämmintä ilmaa tuuletuksen tehostamiseksi. Sen jälkeen muotti peitostetaan, ja annetaan kuivua kuivatusradalla. Kuivumisen jälkeen muotti on valmis kasausta varten. Materiaalien virtaus uudessa kaavauspaikassa tapahtuu pääsääntöisesti kaikkien kehien kohdalla samalla tavalla. Uuden kaavauspaikan layoutin havainnekuva on esitetty liitteessä 6.

Uudessa tela- ja akselikaavauksen työpisteessä sijaitsee myös peitostusallas, johon tehtiin rakenteellisia muutoksia työergonomiaa ajatellen. Peitostusaltaan muutostyöt toteutettiin haastattelemalla työntekijöitä, jotta saataisiin tehokas ja toimiva ratkaisu. Kehien peitostaminen uuden peitostusaltaan kanssa on jatkossa mahdollista niin nosturissa roikottamalla, kuin kehän päällä seisoessa. Tähän ratkaisuun vaikutti työntekijöiden erilaiset mieltymykset peitostamisessa. Peitostusruiskulle hankitaan myös kevennin, jotta peitostaminen olisi työntekijälle ergonomisempaa.

Kaavauspaikalla tarvittavat työvälineet kartoitettiin yhdessä työntekijöiden kanssa, jotta työpisteissä ei varastoitaisi ylimääräisiä välineitä. Työvälineille osoitettiin omat säilytyspaikat, jotka ovat lisäksi merkitty. Säilytyspaikkojen toteutuksessa hyödynnettiin seinälle asennettavia työkaluseiniä. Säilytyspaikat priorisoitiin tarpeellisuuden mukaan, 5S periaatteen mukaisesti. Tällä tavalla pyritään pääsemään eroon vanhasta toimintatavasta, jossa työpisteellä on paljon ylimääräisiä ja jopa turhia välineitä.

Työpisteen suunnittelussa kiinnitettiin huomiota myös valaistuksen parantamiseen ja meluisuuden vähentämiseen. Valaistus hoitui helposti lisäämällä valaisimia työnteon kannalta tärkeimpiin kohtiin. Meluisuuden vähentämistä silmällä pitäen aloitettiin meluseinän suunnittelu, koska kaavaustyöpiste sijaitsee toisen meluisen työpisteen vieressä.

Koska valumuottien tuotantomäärää kasvaa lähtötilanteesta, tulee myös miettiä kaavauskehien kiertokulku tuotantoprosessissa. Kehiä tarvitaan kaavaukseen viikkotasolla useita kymmeniä. Nykytilanteessa kehille ei ole nimettyjä säilytyspaikkoja, joista niiden tiedettäisiin varmuudella löytyvän. Toki kaavaustyöntekijöillä on jonkinlainen käsitys niiden sijainneista, mutta mitään määrättyjä säilytyspaikkoja ei ole.

Kehien kiertokulun suunnittelu aloitettiin ajatuksesta, jossa kehillä tulisi olla omat varastointialueensa. Varastoalueelle ne olisi lajiteltu halkaisijan mukaan. Lisäksi varataan alue korjausta vaativille kaavauskehille. Kehien kulku tulevaisuudessa alkaisi siis niiden varastopaikalta. Kaavauskehille määritetään omat varastointipaikat, joista kehät ajetaan kaavaustyöpisteelle valusuunnitelmasta ilmenevän kaavausjärjestyksen mukaisesti. Kehät kaavataan, siirretään valuun ja puretaan. Purun jälkeen kehät puhdistetaan ja viedään takaisin varastointipaikoille. Ongelmaksi voi joissain tilanteissa koitua tilan riittävyys kaavaustyöpisteellä, jos ilmenee tarve varastoida siihen useampia kehiä.

Suunnitelma kehien varastointiin niiden halkaisija- ja korkeusmitan perusteella on esitetty liitteessä 8. Esimerkiksi akselikaavauksessa, yhden kappaleen valmistuksessa käytetään 60-80 % 1000 mm korkeita kehiä. Tämän tiedon perusteella, kehien varastointisuunnitelmassa eniten käytössä olevat kehäkoot ovat suunniteltu varastoitavaksi halkaisijan mukaan kaavaustyöpisteen läheisyydessä. Tilan puutteen vuoksi, kaikkia kehiä ei ole mahdollista varastoida optimaalisten etäisyyksien päähän kaavauspisteeltä.

7 Johtopäätökset ja pohdinta

Saadessani mahdollisuuden tehdä insinööritutkintoon liittyvän opinnäytetyöni Rautpohjan valimolle, tartuin tilaisuuteen mielelläni. Käydessäni opinnäytetyön aihetta ja tarkoitusperiä tarkemmin läpi toimeksiantajan edustajan kanssa, oli valintani varma. Aihe herätti mielenkiintoni, sekä näin mahdollisuuden perehtyä sen avulla valimotekniikkaan syvemmin. Ennen opinnäytetyön aloittamista ei itselläni ollut syvempää ymmärrystä valimon tuotannosta ja siihen liittyvistä erikoisuuksista. Pidin tätä alusta lähtien etuna ja haasteena, sillä koin, että minulla on mahdollisuus kehittää ammatillista osaamistani ja oppia lisää valimotekniikasta.

Jo työn alkuvaiheessa tehdyillä selvityksillä pystyttiin osoittamaan, että kaavaukseen tehtävän toimintatavan muutoksella on potentiaalisia hyötyjä saavutettavissa. Lisäksi toimeksiantajan puolesta oli varattu resursseja tehdä muutoksia ja toimenpiteitä tuotantoon. Näin tämän opinnäytetyön aiheen hyväksi mahdollisuudeksi päästä osoittamaan omaa osaamistani. Varatut resurssit ja toimeksiantajan pyrkimys muutoksiin pitivät omalla kohdallani myös motivaation työhön korkealla, sillä tehdyt toimenpiteet ja suunnitelmat pystyi työn edetessä näkemään konkreettisesti. Opinnäytetyö sisälsi myös paljon käytännön selvitystyötä, jonka erityisesti koin kehittävän ammatillista osaamistani.

Työn tuloksena toimeksiantaja saa käyttöönsä arvovirtakuvauksen analysointeineen, spagettikaavion, prosessinvaiheet prosessin vaiheikoineen ja uuden toimintatavan tela- ja akselikaavaukselle. Työ sisälsi myös paljon käytännön selvitystyötä, esimerkiksi varastotilanteen ja -tarpeiden selvitystä, tarjouskyselyitä, materiaalivirran suunnittelua, työpisteiden logistista suunnittelua ja toiminnan kehittämistä. Toimeksiantajalla on myös mahdollisuus soveltaa tätä uutta toimintatapaa myös muuhun kuin tela- ja akselikaavaustoimintaan. Kun perusajatus ja edellytykset uudelle tela- ja akselikaavausprosessille on luotu, voidaan helpommin siirtyä keräilytoiminnan käyttöön myös muiden kappaleiden kaavausprosessien osalta.

Koska opinnäytetyö on kehittämistutkimus, on tutkimuksen luotettavuuden arviointi hieman haasteellisempaa kuin esimerkiksi määrällisen tutkimuksen arviointi. Tämä

johtuu kehittämistutkimuksen luonteesta, sillä se on ikään kuin kooste määrällisiä ja laadullisia tutkimusmenetelmiä. (Kananen 2015. 111) Opinnäytetyössä arvovirtakuvauksen tekeminen oli ainoa määrällinen tutkimusmenetelmä. Sen osalta keräsin tutkimusaineistoa havainnoimalla toimintaa konkreettisesti ja haastatteleamalla työntekijöitä avoimesti. Arvovirtakuvaukseen saatuja vaiheajoja verrattiin vuonna 2019 tehtyyn Miika Kinnusen opinnäytetyössä tehtyyn prosessivaihekuvaukseen. Koska Kinnusen opinnäytetyössä oli käsitelty koko tela- ja akselivalmistusprosessia, täytyi prosessivaiheista erottaa kaavaukseen kuuluvat vaiheajat. Verrattuani omia saamiani vaiheajoja Kinnusen tutkimuksessa esiintyviin, pystyin pitämään saamaani tutkimusaineistoa ja tämän tiedon perusteella luotua arvovirtakuvausta luotettavana. Kaikki tutkimuksessa tarvittu aineistoa kerättiin työnjohtajien, työntekijöiden ja muiden toimeksiantajan edustajien kanssa toimiessa. Opinnäytetyössä käytettäviä tietoja tarkistettiin myös edellä mainittujen henkilöiden kanssa, jotta työhön ei päätyisi virheellistä tietoa. Kerättyä aineistoa voi mielestäni pitää luotettavana, sillä suurin osa siihen osallistuneista henkilöistä omaa pitkän kokemuksen valimoteollisuudessa parissa työskentelystä.

Jatkokehitystoimina olisi mielestäni hyvä pohtia kokillien kulkua tuotantoprosessissa. Kokillit kerätään astioihin valumuotin purkuvaiheessa, jonka jälkeen ne ajetaan puhdistuslinjan läpi. Tämä aiheuttaa sen, että erityyppiset kokillit menevät sekaisin. Kokillien kierron osalta voisi selvittää, tulisiko lajittelu eri astioihin tehdä niiden osalta jo purkupaikalla. Näin ne voitaisiin ajaa puhdistuslinjan läpi omana tyyppinään. Toki tämä aiheuttaisi lisätyötä purkupaikalla, mutta tätä vaihtoehtoa kannattaa miettiä. Kokillit ovat melko painavia, joten niiden käsin tehtävä lajittelu ei ole kovin ergonomista.

Haasteita voi jatkossa aiheuttaa myös mallivarusteiden riittävyys kaavauksessa. Malli on sidottuna kehään aina kaavauskehän varustelupaikalta kehän irrotukseen saakka. Tämän vuoksi muilla malleilla kaavattavia muotteja on kaavattava 2-3 kappaletta välissä, ennen kuin samalla mallilla suoritettava muotin kaavaus voidaan aloittaa uudelleen. Mallien riittävyyden kannalta kaavausprosessissa on selvitysten perusteella olemassa optimaalinen kaavausjärjestys, jota noudattamalla kehä voitaisiin kaavata yhtäjaksoisesti mahdollisimman kauan, ilman että mallien riittävyys koituu ongelmaksi.

Kaavausjärjestyksen suunnittelu tulisi olla etukäteen mietittynä, sekä tulla ilmi valusuunnitelmasta. Työntekijöiden olisi helppo noudattaa tätä kaavausjärjestystä, eikä mallin puutteesta aiheutuvaa tuotantokatkosta pääsisi tapahtumaan. Toki järjestystä voidaan joutua joissain poikkeustilanteessa muuttamaan, mutta pääasiallinen toimintatapa voisi olla edellä mainitun kaltainen.

Myös työtapojen ja materiaalien suhteen kehitystoimenpiteitä voisi suunnata menetelmien vakiinnuttamiseen niiltä osin kuin valmistuksen suhteen on mahdollista. Hyvänä esimerkkinä voidaan pitää kaavauksessa tarvittavien rimmarautojen kirjoa, sillä erilaisia rimmarautoja valmistetaan erityyppisiä kaavauskehiä varten. Jos kaikissa kaavauskehissä tietyn tyyppisen rimmaraudan kiinnitystapa olisi vakio, riittäisi parhaassa tapauksessa vain yhden rimmarautatyypin valmistaminen kuhunkin tarkoitukseen. Tällä saataisiin myös rimmarautojen varastoinnin osalta selkeyttä.

Samaa toimintamallia voisi harkita kaatokanaviston osien kohdalla. Nykyisellään kaatokanavistot esikokoonpannaan 200-300 mm pätkistä (toimittajan standardimitta). Tekemäni selvityksen perusteella nykyiseltä toimittajalta olisi saatavissa sopimuksen mukaan myös pidempiä pätkiä. Tämä vähentäisi merkittävästi kaatokanaviston esikokoonpanon työmäärää niin liimauksen kuin sahauksenkin osalta. Toimimalla näin, saataisiin useassa tapauksessa kaatokanaviston putki esikokoonpantua ilman sahausta. Etuna olisi myös se, että vältettäisiin liimaussaumojen pettäminen kaatokanavistojen nostovaiheessa. Tämä on asia, joka kannattaa ilman muuta ottaa jatkoa ajatellen selvityksen alle.

Tela- ja akselivalujen määrän kasvaessa tulevaisuudessa, tulee huomioida myös valusuunnittelun resursointi. Valusuunnitelma on tärkeä osa kappaleen valmistusta, josta kaikki lähtee liikkeelle. Jos valusuunnitelmaa ei ole, ei kaavaustakaan voida aloittaa. Siksi on tärkeää varmistua siitä, että myös valusuunnittelu pystyy tuottamaan tarvittavan määrän valusuunnitelmia myös jatkossa.

Jyväskylän Ammattikorkeakoulun eettiset periaatteet otettiin tämän opinnäytetyön toteutuksessa huomioon. Muiden asiantuntijoiden ja tutkijoiden tekemä työ otettiin huomioon viittaamalla töihin asianmukaisella tavalla, ja jättämällä näkyviin heidän

työlleen kuuluvan arvon. Opinnäytetyössä esitettyjä tuloksia ei ole keksitty, eikä esitetty muiden saamia tutkimustuloksia omina. Itseäni jäi hieman vaivaamaan se, että aikataulusyistä konkreettiset tulokset muutosten hyödyllisyydestä jäivät tässä opinnäytetyössä toteamatta. Ongelmia aikatauluun aiheuttivat muun muassa tehtyjen investointien toimitusajat, jonka vuoksi uuden tela- ja akselikaavauksen toimintatavan käyttöönotto siirtyi suunniteltua pidemmälle. Usein myös työpisteihin suunniteltujen muutosten teon aikana ilmeni muita töitä, jotka ajoivat kiireellisyydessä työpisteiden rakentamisen ohi. Tulokset olisivat kuitenkin tuoneet työlle lisäarvoa ja olisi ollut mielenkiintoista saada ne myös opinnäytetyöhön. Loppujen lopuksi olen kuitenkin tyytyväinen työssä kehitettyihin toimintatapoihin ja tuloksiin. Toimeksiantaja jatkaa tela- ja akselikaavausprosessin uuden toimintatavan käyttöönottoa ja kehittämistä, ja muutoksen tuomat numeeriset vaikutukset päästään lähitulevaisuudessa näkemään.

Lähteet

About Us. n.d. Artikkele valmet.com nettisivustolla. Viitattu 20.3.2020.

<https://www.valmet.com/about-us/>

Autere, E., Ingman, Y. & Tennilä, P. 1982. Valimotekniikka 1. Insinööritieto Oy.

Autere, E., Ingman, Y. & Tennilä, P. 1986. Valimotekniikka 2. INSKO ry.

Capacity Planning. n.d. Artikkelele managementstudyguide.com nettisivustolla. Viitattu

24.2.2020. <https://www.managementstudyguide.com/capacity-planning.htm>

Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, M. & Sihvonen, P. 1985. Valmistustekniikka. Ota-tieto Oy.

Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas – Miten kirjoitan kehittämistutkimuksen vaihe vaiheelta. Juvenes Print.

Keskinen, R. & Niemi, P. n.d. MuotINVALMISTUKSEN periaate. Artikkelele valuatlas.fi nettisivustolla. Viitattu 17.3.2020. <https://www.valuatlas.fi/node/201>

Keskinen, R. & Niemi, P. n.d. VALAMISEN periaate. Artikkelele valuatlas.fi nettisivustolla. Viitattu 17.3.2020. <https://www.valuatlas.fi/node/197>

Keskinen, R. & Niemi, P. n.d. Yleistä hiekoista. Artikkelele valuatlas.fi nettisivustolla. Viitattu 17.3.2020. <https://www.valuatlas.fi/node/9>

Kinnunen, M. 2019. Akselivalutuotannon tehostaminen ja läpimenon kehitys. Opinnäytetyö.

Kouri, I. 2009. Lean-taskukirja. Kopio Niini Oy. Helsinki.

Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. WSOY.

Lean Thinking and Methods – 5S. n.d. Artikkelele epa.gov nettisivustolla. Viitattu 24.2.2020. <https://www.epa.gov/sustainability/lean-thinking-and-methods-5s>

Lean. n.d. Artikkelele sixsigma.fi nettisivustolla. Viitattu 15.1.2020. <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/>

Lean-ajattelu. n.d. Artikkelele logistiikanmaailma.fi nettisivustolla. Viitattu 25.1.2020. <http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/lean-ajattelu/>

Peltonen, A. 1998. Läpäisyajan lyhentäminen ja visuaalinen ohjaus. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/tehdas6.html>

Salminen, M. & Uitti, S. 1996. Ismien ihmemaana – teollisuusyritysten johtamisopit vertailussa.

Strategy. n.d. Artikkelele valmet.com nettisivustolla. Viitattu 20.3.2020. <https://www.valmet.com/about-us/strategy/>

Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus. n.d. Artikkelele logistiikanmaailma.fi nettisivustolla. Viitattu 24.2.2020. <http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/lean-ajattelu/>

Using Spaghetti Diagrams With 5S. n.d. Artikkelele the5scompany.com nettisivustolla. Viitattu 10.3.2020. <https://the5scompany.com/2018/10/01/using-spaghetti-diagrams-with-5s/>

Valmet Locations, Jyväskylä, Rautpohja. n.d. Artikkelele valmet.com nettisivustolla. Viitattu 20.3.2020. <https://www.valmet.com/about-us/contact-us/valmet-locations/#finland>

Value Stream Mapping. n.d. Artikkelel Atlassian.com nettisivustolla. Viitattu 22.1.2020. <https://www.atlassian.com/continuous-delivery/principles/value-stream-mapping>

Yleistä Leanista. n.d. Artikkelel sixsigma.fi nettisivustolla. Viitattu 23.3.2020. <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/yleinen/>

Liitteet

Liite 1. Altavalukselin kaavauksen työvaiheet ja vaiheajat

Poistettu julkisesta versiosta.

Liite 2. Arvovirtakuvaus nykytilanteesta

Poistettu julkisesta versiosta.

Liite 3. Spagettikaavio

Poistettu julkisesta versiosta.

Liite 4. Arvovirtakuvaus tahtotilasta

Poistettu julkisesta versiosta.

Liite 5. Havainnekuva keräilytyöpisteestä

Poistettu julkisesta versiosta.

Liite 6. Kaavauspaikan layout

Poistettu julkisesta versiosta.

Liite 7. Kaavauslevyn toimintaperiaate

Poistettu julkisesta versiosta.

Liite 8. Kaavauskehien varastointisuunnitelma

Poistettu julkisesta versiosta.