

Mitoitus- ja leikkaustyöpisteen suunnittelu

Joonas Marttila

OPINNÄYTETYÖ
Maaliskuu 2020

Konetekniikka
Tuotantotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Tuotantotekniikka

MARTTILA, JOONAS:
Mitoitus- ja leikkaustyöpisteen suunnittelu

Opinnäytetyö 41 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Maaliskuu 2020

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin Valmet Technologies Oy:n Tampereen Fabricsin tehtaalle uusi mitoitus- ja leikkaustyöpiste. Uuden työpisteen avulla voidaan parantaa liitospisteen työturvallisuutta ja kasvattaa sen tuotantokapasiteettia. Yrittäjänkadun tehdas valmistaa paperikonekudoksia ja suodatinkankaita. Mitoitus- ja leikkaustyöpiste kuuluu liitospisteeseen, joka on osa tasokudottujen puristinhuopien valmistusprosessia. Tavoitteena oli laatia suunnitelman pohjalta kustannuslaskelma investointihakemusta varten.

Selvitystyössä luotiin käsitys osaston toiminnasta ja määriteltiin, mitä vaatimuksia mitoitus- ja leikkaustyöpisteelle on. Suunnitelmia laadittiin kaksi, jotka yhtenivät toimintaperiaatteiltaan, mutta ensimmäinen suunnitelma perustui integroituun ja toinen erilliseen työpisteeseen. Suunnitelmista valittiin suunnitelma 2, jota lähdettiin viimeistelemään rakenteiden ja laitteiden osalta. Erillinen työpiste mahdollistaa työpisteen optimoinnin vain mitoitus- ja leikkaustyölle, jolloin työpisteen työturvallisuus ja ergonomia saatiin vastaamaan tavoitetta. Erillinen työpiste mahdollistaa tehokkaamman työskentelyn osastolla, jolloin sen tuotantokapasiteetti kasvaa. Nykyiseen työskentelymenetelmään verrattuna suunnitelma vapauttaa huomattavasti tehtaan lattiapinta-alaa.

Suunnitelman perusteella laaditun kustannuslaskelman avulla yrityksellä on mahdollisuus tehdä investointihakemus, jonka kautta suunnitelman toteutuminen etenee. Opinnäytetyöstä saaduilla tuloksilla yritys pystyy parantamaan tuotannon turvallisuutta ja tuotantokapasiteettia. Tulevaisuudessa yrityksen halutessa kasvattaa entisestään tasokudottujen puristinhuopien tuotantoa, se voi hyödyntää opinnäytetyössä tehtyä suunnitelmaa lisäämällä tuotantoonsa mitoitus- ja leikkaustyöpisteitä.

Asiasanat: tuotantokapasiteetti, työturvallisuus, kustannuslaskelma

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Production Engineering

MARTTILA, JOONAS:
Design of a Sizing and Cutting Workstation

Bachelor's thesis 41 pages, appendices 1 page
March 2020

The purpose of this thesis was to design a new sizing and cutting workstation for the Fabrics factory of Valmet Technologies Oy. With the new workstation, the department's production capacity can be increased and occupational safety can be improved. The Fabrics factory is a manufacturer of paper machine clothings and filter fabrics. The sizing and cutting workstation is part of the splice department, which belongs to the manufacturing process of a flat woven press felt. The aim was to draw up a cost statement for the investment application.

For the design work, the splice department's operations were studied and the requirements for the sizing and cutting were determined. Two plans were drawn up which were similar in function, but the first design was based on an integrated workstation and the second design had a separate workstation. The latter plan was chosen and further development was begun. The separate workstation provided the opportunity to optimize a workstation only for the sizing and cutting work, bringing the workplace safety and ergonomics to the required level. Production capacity of the splice department increases with the separate workstation, enabling better work efficiency. Compared to the current working method, the design will use significantly less factory floor space.

With the cost calculation, the company can make an investment application in order to proceed with the implementation of the design. With the results of the thesis, the company can improve the safety and production capacity of its production. In the future, if the company wants to increase the production of flat woven press felt even more, it can utilize the design made in this thesis by adding more sizing and cutting workstations to production.

Key words: production capacity, occupational safety, cost calculation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	VALMET OYJ	6
	2.1 Historia	6
	2.2 Yrityksen nykytila	7
	2.3 Yrittäjänkadun tehdas	7
	2.4 Paperikonekudokset.....	8
	2.4.1 Puristinhuopa	9
	2.4.2 Tasokudottu puristinhuopa	10
3	TYÖTURVALLISUUS	13
	3.1 Turvallisuusjohtaminen	13
	3.2 Fyysiset kuormitustekijät	14
4	LEAN	15
	4.1 Toiminnan hukka.....	17
	4.2 Esteiden teoria	18
	4.3 5S-kehitystyökalu	19
5	SELVITYSTYÖ	22
	5.1 Liitospiste	22
	5.1.1 Mitoitus ja leikkaus	23
	5.1.2 Liitäntä.....	24
	5.1.3 Läpimenoaika	26
6	MITOITUS- JA LEIKKAUSTYÖPISTEEN SUUNNITTELU	27
	6.1 Lähtökohdat	27
	6.2 Mitoitus- ja leikkausvälineet	28
	6.2.1 Mittapyöräjärjestelmä	29
	6.2.2 Pulssianturi.....	29
	6.3 Suunnitelma 1	30
	6.4 Suunnitelma 2	31
7	SUUNNITELMAN VALINTA.....	33
	7.1 Ongelmat	33
	7.2 Valinta	34
	7.3 Suunnitelman 2 jatkokehitys	35
8	KUSTANNUSLASKELMA.....	36
9	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	37
	LÄHTEET.....	39
	LIITTEET	41
	Liite 1. Kustannuslaskelma	41

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Tampereen Yrittäjänkadulla sijaitseva Valmet Technologies Oy:n Fabricsin tehdas, joka valmistaa paperikonekudoksia. Työn aiheena on tasokudotun puristinhuovan valmistukseen käytettävän työpisteen suunnittelu ja selvitystyö. Työhön kuuluu myös kustannuslaskelman laatiminen laitteiston hankintaa varten. Tasokudotun puristinhuovan tuotanto on ollut yrityksessä toistaiseksi suhteellisen vähäistä, mutta tulevaisuudessa sen tuotantomäärää ja sitä kautta tuotantokapasiteettia halutaan lisätä.

Kehityskohteena on puristinhuovan pohjakankaan mitoitus- ja leikkaustyöpiste. Tavoitteena on saada integroitua uusi työpiste nykyiseen pohjakankaan liitännästyöpisteeseen. Uuden työpisteen on tarkoitus lisätä tasokudotun puristinhuovan valmistuksen tehokkuutta ja samalla parantaa työvaiheen suorittamisen työturvallisuutta ja työskentelyergonomiaa.

Tarkoitus on, että opinnäytetyöstä saatavien suunnitelman ja kustannuslaskelman pohjalta uudesta työpisteestä voidaan tehdä investointihakemus ja uusi työpiste saadaan käyttöön vuonna 2020. Työssä kerrotaan myös lean-työkaluista ja suunnitelman avulla ohjataan työpistettä kohti lean-ajatteluun pohjautuvaa tuotantoa.

2 VALMET OYJ

2.1 Historia

Valmetin historia juontaa juurensa 1750-luvulle, jolloin Viaporin linnoituksessa toimi pieni telakka, joka päätyi 1900-luvulla osaksi Valmetia. Useat uuteen Valmetiin kuuluvat yritykset ovat perustettu 1800-luvulla, kuten 1800-luvun puolella välissä perustetut Karlstad Mekaniska Werkstad ja Beloit Corporation. (Valmet 2019.)

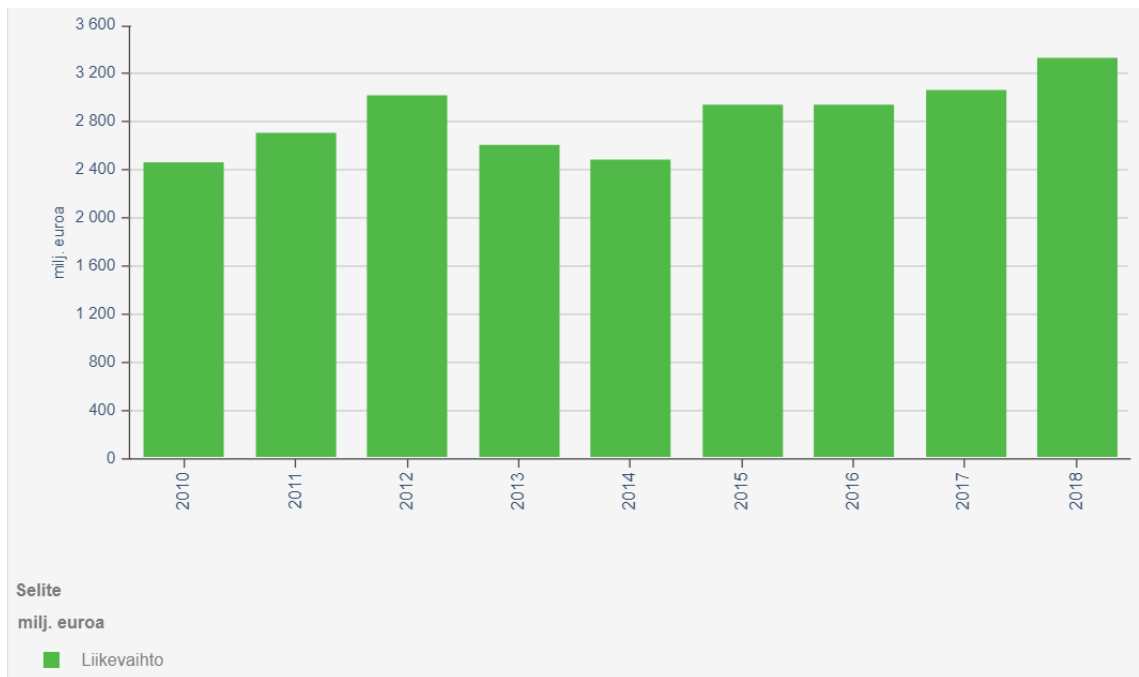
Vuonna 1946 useat valtion omistamat metallitehtaat yhdistyivät Valtion Metallitehtäiksi ja vuonna 1951 sen nimeksi tuli Valmet Oy. Vuosien saatossa Valmetin tuotevalikoimaan kuului esimerkiksi aseita, lentokoneita, hissejä, traktoreita sekä paperikoneita. Valmetin asema paperikonevalmistajana kasvoi 1960-luvulla, kun se alkoi toimittaa paperikoneita maailman johtaviin paperiteollisuusmaihin. 1980- ja 1990-luvulla Valmet alkoi keskittyä etenevässä määrin paperikoneisiin ja niihin liittyvään teknologiaan. Valmet esimerkiksi luopui hissien ja traktoreiden valmistuksesta, mutta osti kartonkikonevalmistaja Tampella Paper-technin. (Valmet 2019.)

Valmet ja Rauma fuusioituivat Metsoksi vuonna 1999. Valmetin paperikoneteknologian ja Rauman kuituteknologian, virtauksensäätöratkaisuiden ja kivenmurskainten myötä Metsosta syntyi kansainvälisellä tasolla toimiva prosessiteollisuuden laitetoimittaja. 2000-luvulla Metso teki isoja yritysostoja massa-, paperi- ja voimatuotantoliiketoiminnoissaan, joiden avulla yritys paransi asemaansa sellu- ja paperiteollisuuden kokonaistoimittajana. Vuonna 2009 Metso osti merkittävän paperikonekudoksia valmistavan Tamfeltin. (Valmet 2019.)

Vuonna 2013 Metso jakautui Metso Oyj:ksi ja Valmet Oyj:ksi. Metson liiketoiminnot olivat tästä eteenpäin kaivos ja maanrakennus sekä automaatio (automaatio siirtyi vielä myöhemmin Valmetille). Valmetin liiketoiminnoiksi muodostuivat massa, paperi ja voimantuotanto. (Valmet 2019.)

2.2 Yrityksen nykytila

Nykyään Valmet on maailmanlaajuinen johtava teknologian, automaation ja palveluiden toimittaja ja kehittäjä sellu-, paperi- ja energiateollisuudelle. Valmetin tavoite on olla paras yrityksen asiakkaiden palvelemisessa. Valmet haluaa edistää asiakkaidensa menestystä, josta yrityksen logossa oleva teksti ”Forward” (eteenpäin) myös kertoo. Valmetilla on noin 13 000 työntekijää yli 30 maassa ympäri maailman. Vuonna 2018 Valmetin liikevaihto oli 3,3 miljardia euroa ja maantieteellisesti eniten tilauksia yritykselle tuli EMEA:sta (Eurooppa, Lähi-itä ja Afrikka). Yhtiön liikevaihto on kasvanut vuosittain vuodesta 2014 alkaen (kaavio 1). Yhtiön pääkonttori sijaitsee Espoossa ja sen osakkeet noteerataan Helsingin pörssissä. (Valmet 2019.)



KAAVIO 1. Valmetin liikevaihto vuosittain. (Valmet 2020)

2.3 Yrittäjänkadun tehdas

Valmetin Kudokset – liiketoimintalinjan Tampereen Yrittäjänkadulla sijaitseva Fabricsin tehdas valmistaa paperikonekudoksia ja suodatinkankaita. Kudosten

osuus koko Valmetin liikevaihdosta oli vuonna 2016 noin kuusi prosenttia. Tampereen tehtaalla työskentelee 570 ihmistä ja sen pinta-ala on 60 000 neliötä. Vuoteen 2010 asti tehdas tunnettiin nimellä Tamfelt, kunnes se liittyi Metsoon ja jakautumisen myötä Valmetille. (Valmet 2017.) Tamfeltin historia yltää vuoteen 1797, jolloin perustettiin Jokioisten Verkatehdas. (Valmet Fabrics 2017.)

2.4 Paperikonekudokset

Paperikonekudoksiin kuuluvat märkäviirat, puristinhuovat, kenkäpuristinhihnat ja kuivatusviirat. Kudoksia käytetään paperi-, kartonki- ja pehmopaperikoneissa sekä sellunkuivatuskoneissa. Paperikonekudokset valmistetaan asiakkaalle mitattilauksena. (Valmet 2017.)

Märkäviiran tarkoitus on poistaa vettä mahdollisimman tehokkaasti paperirainasta, markkeerata mahdollisimman vähän ja taata sopiva käyntiaika. Eri paperilajit vaihtelevat paljon, joten niihin käytettävät viirat ovat hyvinkin erilaisia. Viiran rakenteella voidaan säätää paljon viiran ominaisuuksia, kuten läpäisyä ja kulutuskestävyyttä. Viirujen valmistuksessa vaaditaan tarkkuutta. Pienetkin langatiheyserot kudonnassa aiheuttavat viiran paikalliseen läpäisyyn eroja. Nykyään kaksi- ja kolmikerros viirat ovat yleisimmin käytössä olevat märkäviirat. Märkäviirujen käyttöikä on jopa yli vuoden hitaammilla koneilla ja nopeillakin koneilla käyttöikä on 200-300 vuorokautta. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 173-174.)

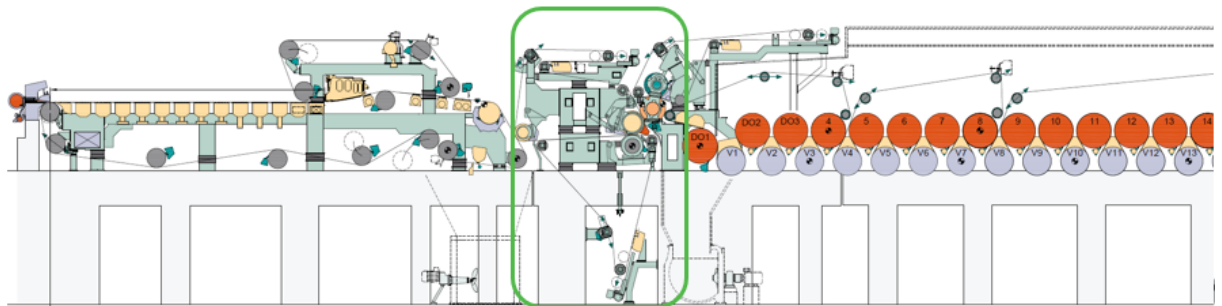
Kenkäpuristimet ovat paperikoneiden nopeuksien kasvaessa yleistyneet. Kenkäpuristimella saadaan kuiva-ainepitoisuus 3-8 prosenttia suuremmaksi kuin perinteisellä puristimella. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 158.) Polyuretaani on kenkäpuristinhihnojen raaka-aine. Kenkäpuristinhihna on erittäin luja ja venymätön. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 176-177.)

Kuivatusviiran alkuperäinen tarkoitus on siirtää lämpöä telalta paperirainaan ja kuivata siten rainaa. Kuivatusviiran tehtävä on myöskin kuljettaa paperirainaa ja toimia samalla joidenkin telojen voimansiirtona, asettaen kuivatusviiralle suuret

lujuusvaatimukset. Kuivatusviirojen valmistusprosessi on yhtenevä märkäviiröjen kanssa. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 177-178.)

2.4.1 Puristinhuopa

Paperikoneessa puristinhuopa sijaitsee puristinosassa viiraosan jälkeen (kuvio 1). Puristinhuopa (kuva 1) on monimutkainen tekninen tekstiili, joka koostuu kudotusta pohjakankaasta, johon on neulattu hahtuvaa kerroksittain. Puristinhuopa voidaan valmistaa joko päättömänä tai saumallisena. Tyypillinen huovan pituus on 13-35 metriä ja niitä on paperikoneessa 2-5 kappaletta. Puristinhuopa on kriittinen osa paperikoneen toimintaa, joten se vaikuttaa paljon koneen suorituskykyyn. (Press Felts 2018.)



KUVIO 1. Puristinosa (Press Felts 2018)



KUVA 1. Puristinhuopa (Press Felts 2018)

Puristinhuovan tärkein tehtävä paperikoneella on suojata ja poistaa vettä paperirainasta. Paperiraina tiivistyy puristinosalla parantaen sen lujuutta ja ajettavuutta. Puristinosan jälkeen paperiraina kulkeutuu kuivatusosalle. Tärkeimmät puristinhuovalta halutut ominaisuudet ovat taloudellinen ja suunnitellun mukainen elinkaari, hyvä vedenpoistokyky ja kestävyys, minimaalinen markkeerausherkkyyys sekä pieni taipumus tärinään. (Press Felts 2018.)

Aiemmin puristinhuovat on valmistettu huovuttamalla villakudosta. Nykyään huovissa on peruskudoksena polyamidimonofilamentti, johon on molemmille puolille neulattu polyamidi katkokuitua. Elastisuus tekee polyamidista parhaan raaka-aineen puristinhuoville. Normaalisti huopien peruskudos on kerrattua monofilamenttia. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 175-176.)

Huovan pintakuidut ja peruskudos ovat yleisimmät markkeeraussyyt paperiin. Kudoksen pintahahtuva on valittava niin hienoksi, ettei se aiheuta liiallista markkeerausta, mutta ei kuitenkaan niin hienoksi, että huovan ominaisuudet kärsivät. Maksimaalinen vedenpoisto ja markkeerauksen välttäminen ovat tärkeimmät tekijät suunniteltaessa huopaa tietylle kohteelle. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 175-176.)

2.4.2 Tasokudottu puristinhuopa

Tuotekehitysinsinööri Kati Mikkosen (2019) mukaan tyypillisesti puristinhuovan pohjakankaat kudotaan pussikudontamenetelmällä, jossa kuteet kiertävät spiraalimaisesti pohjakankaan ympäri muodostaen päättömän pohjakangaslenkin. Tasokudonnassa kudotaan nimensä mukaisesti tasomaista kangasta, joka liitetään päättömäksi lenkiksi vasta myöhemmissä tuotantovaiheissa.

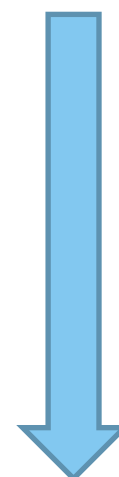
Pussikudonnassa kuteet, eli kutomakoneen poikkisuuntaiset langat, ovat valmiin tuotteen pituuslankoja ja loimet, eli pituussuuntaiset langat, ovat tuotteessa leveysuuntaisia lankoja. Tasokudonnassa loimilangat ovat valmiin tuotteen pituuslankoja, eli kudontaprosessi on käänteinen. Tasokudonta on nopeampaa kutoa kuin pussikudonta, koska tasokudonnassa syöstävien tilalla on tarttuvia

viemässä kuteita. Joissain tapauksissa tasokudonta on jopa kolme kertaa nopeampaa kuin pussikudonta, mutta ero ei ole läheskään aina näin suuri. (Mikkonen 2019.)

Tasokudotun puristinhuovan hinta riippuu huopaan tulevien pohjakankaiden tyyppistä ja niiden määrästä. Pohjakankaita tulee tuotteeseen 1-3 ja niiden lankojen paksuus vaihtelee. Mitä enemmän pohjakankaita tasokudottuun puristinhuopaan tulee, mahdollisesti sitä enemmän sen valmistusprosessissa on eri vaiheita (taulukko 1). Useampi pohjakangas saattaa tarkoittaa useampaa lämpökäsittelyä, mikä tuo prosessiin lisää valmistusaikaa. Lämpökäsittelyjen tarve riippuu tuotteen pohjakangaskombinaatiosta. Tasokudotut pohjakankaat kudotaan aina täysleveänä ja ne leikataan mitoitus- ja leikkaustyöpisteessä lähelle asiakasleveyttä- ja pituutta. Tasokudottujen pohjakankaiden päät liitetään yhteen, jonka jälkeen niihin neulotaan hahtuva. Liitoksen jälkeen pussikudotun ja tasokudotun puristinhuovan tuotantoprosessit ovat samat. (Mikkonen 2019.)

TAULUKKO 1. Tuotantoprosessit (Mikkonen 2019.)

Pussikudotun puristinhuovan tuotantoprosessi (2 pohjakangasta)	Tasokudotun puristinhuovan tuotantoprosessi (2 pohjakangasta)
Luonti	Luonti
Puolaus	Kudonta
Kudonta	Lämpökäsittely
Tarkastus	(mahdollisesti toisen pohjakankaan lämpökäsittely)
Lämpökäsittely	Pohjakankaiden leikkaus ja liitettä
Neulaus	Neulaus
Viimeistys	Viimeistys
Tarkastus ja Pakkaus	Tarkastus ja Pakkaus



Valmis tuote

Paperikoneessa tasokudottu puristinhuopa ei eroa tuotteen onnistuessa toiminnaltaan tavallisesta puristinhuovasta mitenkään. Tasokudotun puristinhuovan asiakaskohde tulee valita tarkemmin. Tasokudottu huopa ei sovellu välttämättä markkeerauserhille kohteille tai tärinäkohteille. (Mikkonen 2019.)

Alkuperäinen tarkoitus tasokudonnassa on ollut kyetä tekemään nopeasti ja edullisesti pohjakangasta. Toistaiseksi yrityksessä tasokudotut puristihuovat muodostavat pienen osan koko huopien tuotannosta. (Mikkonen 2019.)

3 TYÖTURVALLISUUS

Turvallisen työympäristön tunnusmerkkejä ovat turvalliseksi suunnitellut ja toteutetut työskentelytilat- ja menetelmät. Työssä käytettävät koneet ja työvälineet ovat soveltuvia niiden käyttötarkoitukseen. Työt suunnitellaan ottaen huomioon niiden aiheuttama fyysinen ja henkinen kuormitus. Työssä käytettävät raaka-aineet vaaroineen on tunnistettu ja työntekijät on opastettu niiden vaaroista. (Työympäristö.)

Valmet on yrityksenä sitoutunut parantamaan toimintansa ja palveleмиensa toimialojen terveyteen, työturvallisuuteen ja ympäristöön liittyvää suorituskyykyä. Yritys pyrkii rakentamaan vahvan turvallisuuskulttuurin parantaakseen turvallisuuden liittyvää suoritusta. Turvallisuuskulttuuria vahvistetaan kehittämällä globaaleja turvallisuuskäytäntöjä, sisällyttämällä turvallisuusasiat johdon kokousten vakioasiaksi ja varmistamalla työntekijöiden koulutus ja osaaminen turvallisuusasioissa. Valmet haluaa antaa turvalliset työskentelyolosuhteet ja minimoida toimintansa ympäristökuormitukset. Valmet edellyttää työntekijöidensä tuntevan jokaisen henkilökohtaisen vastuun omasta turvallisuudesta. Haittojen nollasso on yrityksen tavoite. (HSE-johtaminen 2020.)

3.1 Turvallisuusjohtaminen

Turvallisuusjohtamisella tarkoitetaan toimintaa, jossa työpaikka tekee jatkuvasti toimia ylläpitääkseen ja kehittääkseen työpaikan turvallisuutta ja terveellisyttä. Ylläpidolla ja kehityksellä tavoitteena on ehkäistä työtaturmia ja työstä aiheutuvia sairauksia, sekä parantaa työn tuottavuutta ja laatua. (Työsuojelu 2018.)

Työnantajan tulee luoda työpaikalle turvallisuuskulttuuri ja määrittää toimintatavat, velvollisuudet ja valtuudet turvallisuuskulttuurin ylläpidolle. Yrityksen vastuulla on varmistaa osaaminen ja tarvittavat resurssit, sekä tiedottaa turvallisuuden liittyvistä asioista. Johdon vakava suhtautuminen turvallisuusasioihin ilmenee työpaikalla turvallisuuskulttuurin toteutumisena. Johdon sitoutuminen turvallisuuden näkyä esimerkiksi johdon jalkautumisena turvallisuuskierroksille

ja turvallisuusasioiden sisällyttäminen kokouksiin. Turvallisuuskulttuurin olemassaolo vaatii kuitenkin koko henkilöstön sitoutumisen turvallisuusasioihin. (Työsuojelu 2018.)

Työturvallisuuslaki on määrittänyt työnantajan velvollisuudet työturvallisuuden hallintaan liittyen. Työturvallisuuslaissa on määriteltä työntekijän tehtäväksi:

- Tehdä toimintaohjelma työsuojelulle
 - Tehdä ja päivittää riskien arviointi, eli tunnistaa työpaikan haitta- ja vaaratekijät. Tunnistamisen lisäksi riskejä pitää vähentää ja poistaa.
 - Järjestää työntekijöille opetus ja ohjaus
 - Ylläpitää työympäristön- ja yhteisön tilannetta
- (Työsuojelu 2018.)

3.2 Fyysiset kuormitustekijät

Työn fyysisillä kuormitustekijöillä tarkoitetaan työasentoja, työliikkeitä, liikkumista ja fyysisen voiman käyttöä. Työn liiallinen kuormitus on yhteydessä tuki- ja liikuntaelinvaivoihin, ja työn pitäisi kuormittavuudeltaan olla sopiva työntekijän toimintakyky ja hyvinvointi huomioon ottaen. Tuotantotilojen- ja prosessien hyvällä suunnittelulla ja oikeilla sekä ergonomisilla työvälineillä vaikutetaan työskentelyn fyysiseen kuormittavuuteen. (Fyysiset kuormitustekijät.)

Turvallisuusnäkökulmasta hyvällä työpisteellä on muun muassa seuraavia ominaisuuksia:

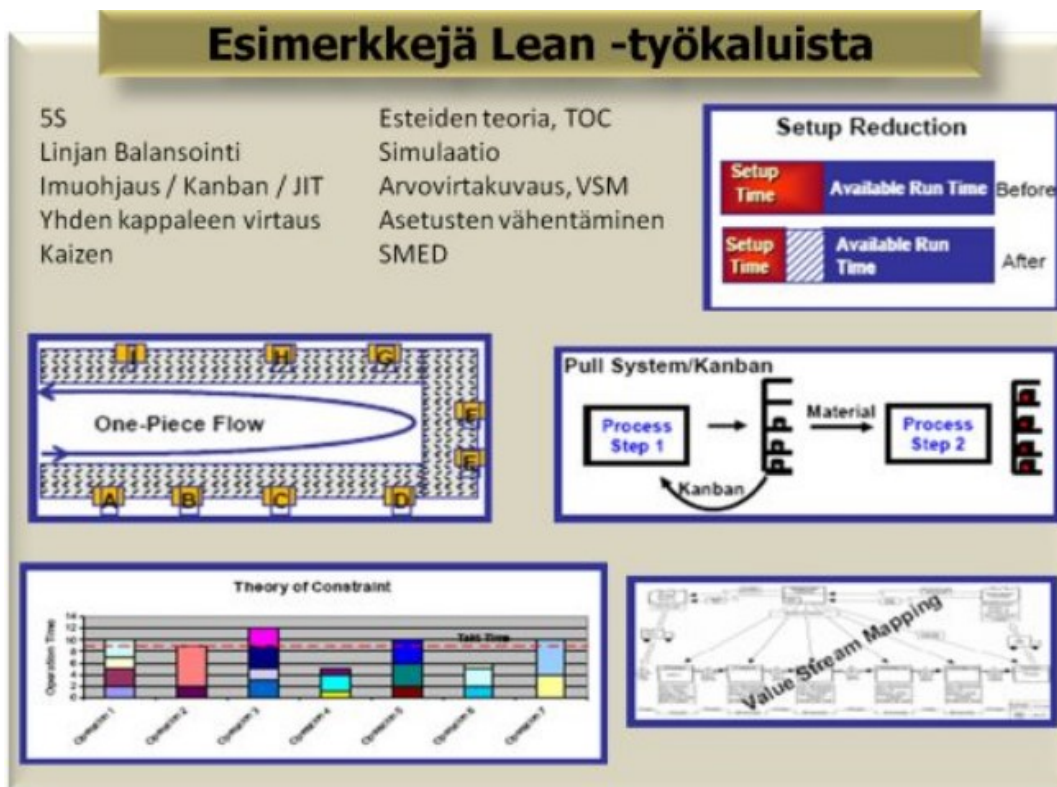
- Työntekijöiden fyysisten mittojen erot on otettu huomioon
 - Laitteiden käyttö ei vaadi liikaa voimaa ja niitä on helppo käyttää virheettömästi
 - Työpisteessä ei ole tapaturmia aiheuttavia tekijöitä
 - Työpisteessä liikkuminen on suunniteltu sujuvaksi ja siinä voi vaihtaa työskentelyasentoa
- (Fyysiset kuormitustekijät.)

4 LEAN

Leanin juuret ovat autonvalmistaja Toyotan tuotanto systeemissä (Toyota Production System, TPS). Toyota oli maailmansotien jälkeen tilanteessa, jossa sillä ei ollut käytössään juurikaan pääomaa ja sen konekanta oli vanha. Toyota päätti alkaa kehittämään toimintoja, jolla saataisiin tuotettua enemmän vähemmällä. Jotkut lean-työkalut ja toiminnot olivat kehittyneet jo aiemmin muissa yrityksissä ja maissa, mutta Toyotalla yhdisteltiin ja kehitettiin näitä työkaluja omaan tuotantoon, jolloin lean ajattelu- ja toimintamalli alkoi muodostua. (Lean.)

Leanilla tarkoitetaan asiakaslähtöistä prosessijohtamista, jossa pyritään virtauksen maksimointiin ja hukkan minimointiin. Täydellisellä virtauksella ja minimihukalla saavutetaan lyhyempi läpimenoaika, joka tarkoittaa lähtökohtaisesti taloudellista parannusta. (Lean.)

Usein lean yhdistetään vain sen työkaluihin ja menetelmiin. Hedelmällisempää olisi ymmärtää myös Toyotan jatkuvan parantamisen ajatus- ja toimintamalli. Leanilla ei tarkoiteta sitä, että lean-työkalut itsestään ratkaisisivat yrityksessä olevat ongelmat. Todellisuudessa työkalujen tehtävä on osoittaa prosessista ongelmat, jolloin varsinainen ongelmien ratkaisuvastuu on ihmisillä. Esimerkkejä lean-työkaluista on esitelty kuviossa 2. Lean-projektin onnistuminen vaatii leanin ja sen työkalujen roolituksen ymmärrystä. (Lean.)



KUVIO 2. Lean-työkaluja (lean.)

Lean-ajattelun viisi periaatetta ovat:

1. Yrityksen on erittäin tärkeää ymmärtää arvo, joka tekee asiakkaan tyytyväiseksi ja josta asiakas on valmis maksamaan. Jotta yritys pystyy vastaamaan asiakkaan vaatimukseen, on sen jatkuvasti pyrittävään poistamaan arvoa tuottamattomia tekijöitä eli hukkia tuotannostaan. Yrityksen on valmistettava oikea tuote oikealla menetelmällä.
2. Yrityksen pitää tunnistaa toiminnastaan arvovirta, yrityksen sisäiset toiminnot, joiden avulla tilaus kehittyy toimitukseksi, ja uusien tuotteiden suunnitteluprosessi asiakkaalle. Laajemmassa arvoverkossa toimiminen vaatii ymmärryksen, miten suunnittelu ja valmistaminen yrityksessä tapahtuu. Kehittämällä ja laajentamalla arvoverkkoa voidaan poistaa arvoverkosta johtuvia hukkia ja palvella asiakasta entistäkin paremmin.
3. Täydellinen materiaali- ja tietovirta mahdollistaa sujuvan ja häiriöttömän tuotannon. Hidas materiaalivirta aiheuttaa suuret varastot, jotka pitävät pääomaa sidottuina, eikä varastossa oleva pääoma tuota voittoa.

4. Jos yrityksessä ei saavuteta tuotannon täydellistä virtausta, suositetaan imuohjausta. Puskurivarastot ovat imuohjauksessa hallittuja ja tuotteet siirtyvät eteenpäin vain, jos toimitusketjun seuraavan vaiheen tarpeen mukaan. Hyvässä imuohjauksessa asiakas saa tuotteen ja palvelun asiakkaan vaatimalla tavalla.
5. Yrityksen liiketoiminnan ja sen sidosryhmien tulisi pyrkiä täydellisyyden tavoitteluun kaikissa toiminnoissaan. Lean-ajattelu painottaa kehitystoimintaan investoimisen tärkeyttä, jotta toiminnasta saadaan puristettua ulos viimeiset hukkan aiheuttajat.
(Bateman, Esain, Massey, Rich & Samuel 2006, 15.)

4.1 Toiminnan hukka

Lean-ajattelun ydin on hukkan jatkuva ja järjestelmällinen poistaminen. Hukalla tarkoitetaan toimintoja, jotka lisäävät kustannuksia, mutta eivät tuo lisäarvoa. Yleensä prosesseissa on 90 % hukkaa ja 10 % arvoa tuottavaa työtä, joten jatkuva työ hukkanpoistamiseksi on ensisijaisen tärkeää. (Tuominen 2010, 86-87.)

Tunnistamalla työstä arvoa tuottava työ, tunnistetaan myöskin sen hukka, joka on kaikkea muuta kuin arvoa tuottava työ. Tällöin sen poistamiseen voidaan kohdistaa kehitysresursseja. Hukan tunnistamiseksi tulee arvioida toiminnan nykytilannetta prosessikaavioiden, menetelmäkuvausten, aikakaavioiden ja tarkastuslistojen avulla. Hukkien poistamisessa kannattaa tutkia ensin yleisimpiä hukkan lähteitä, kuten varastointi, kuljetukset, prosessi aika ja tarkastaminen. Hukkia ehkäistään jatkuvalla kyseenalaistamisella ja menetelmien kehittämällä. (Tuominen 2010, 86-87.)

Lean-ajattelussa puhutaan usein seitsemästä hukkan aiheuttajasta:

1. Ylituotanto.

Tuotetaan yli tarpeen tai ajallisesti ennen kuin on tarve.

2. Odottaminen.

Odottamista aiheutuu, kun seuraava vaihe odottaa edellistä vaihetta tai kone odottaa ihmisen tekemistä ja toisinpäin. Kuljetuksen tai henkilön saapumisen viivästyminen on myös odottelua.

3. Materiaalien siirto.

Materiaaleja ja muita tarvikkeita siirretään työpaikalla, työpaikalle ja työpaikalta.

4. Ylimääräinen tekeminen.

Ylimääräisellä tekemisellä tarkoitetaan kaikkea sitä, joka ei anna lisäarvoa asiakkaalle tai yritykselle, esimerkiksi tarpeeton työstäminen tai kiillottaminen.

5. Varastointi.

Yrityksessä säilytetään erilaisia komponentteja ja tuotteita, ja säilyttäminen ei tuo lisäarvoa tuotteelle.

6. Turhat liikkeet.

Työn suorittamisessa voi olla turhia liikkeitä, jotka eivät tuo sille lisäarvoa, kuten etsimistä ja kurottelua.

7. Virhekustannukset.

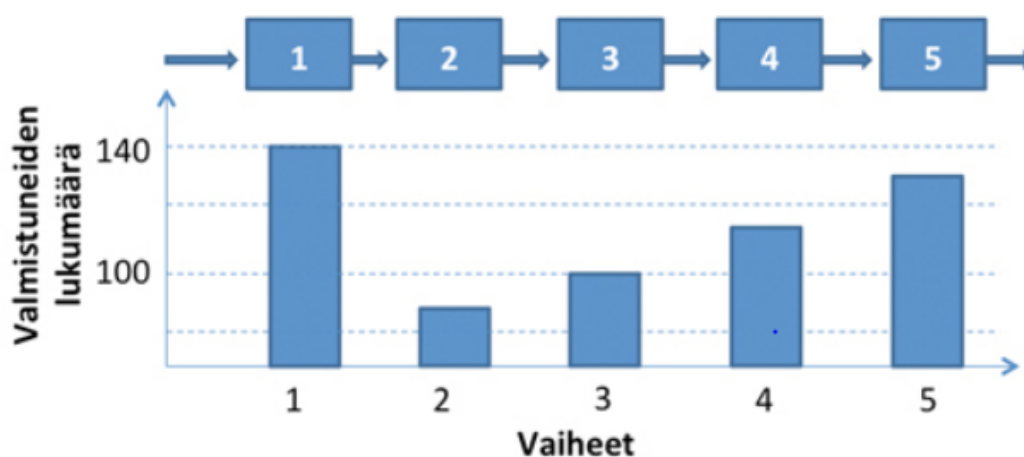
Virhekustannukset syntyvät virheistä, joiden takia esimerkiksi tuotteita joudutaan tarkastamaan, lajittelemaan, korjaamaan ja vastaamaan reklamaatioihin.

4.2 Esteiden teoria

Esteiden teoria (Theory of Constraints, TOC) on johtamismalli, jonka avulla hallitaan systeemin rajoittavia esteitä, eli pullonkauloja. Teorian keskeinen ajatus on, että jokaisella systeemillä on yleensä vain yksi este, eli suorituskykyä rajoittava tekijä. Kuormitettaessa estettä sen eteen kertyy tavaraa, jolloin hukka kas-

vaa, läpimenoaika pitenee ja tehokkuus kärsii. Teoriassa painotetaan läpimenoa rajoittavan esteen tunnistamista ja sen kuormittamisen selvittämistä. Esteiden teoriassa priorisoidaan kehitystoimenpiteet esteeseen ja vältetään systeemin ohjauksella ylituotanto. (Esteiden teoria.)

Esteiden teorian mukaan prosessin läpimenoajan määrittää prosessin pullonkaula, eli este. Kuviossa 3 on esitettyä viisi vaiheisen prosessin tehokkuudet tuotantomäärällä mitattuna. Prosessin vaihe numero 2 on este, koska sen valmistusmäärä on prosessin matalin. Parannustoimia kohdistettaessa prosessin vaiheeseen 2, läpimenoaika saadaan parannettua. Jos parannustoimien kohdentamista ei hallita, parannukset prosessin tehokkaampiin vaiheisiin jäävät näennäisiksi, koska ne eivät lyhennä läpimenoaika. (Esteiden teoria.)



KUVIO 3. Tuotantomäärät (Esteiden teoria.)

4.3 5S-kehitystyökalu

5S on tunnettu leanin perustyökalu, jolla työympäristö organisoidaan toimivaksi. Menetelmä kehitettiin alun perin Japanissa ja siinä on viisi porrasta. 5S ei ole yksittäinen kampanja tai toimenpide vaan päivittäinen toiminta- ja ajattelumalli, jonka tarkoitus on lean-ajattelun mukaisesti lyhentää läpimenoaika ja parantaa virtausta. (Väisänen 2013.)

Yrityksissä on usein ongelmana ahtaus, epäjärjestys, pitkät selvittelyajat ja ylimääräiset laitteet ja komponentit. 5S-menetelmän avulla päästään eroon ylimääräisistä tavaroista ja erottelemaan tarpeelliset tavarat järjestykseen. Menetelmällä saadaan helposti selville toiminnasta hukkia ja se on konkreettisuutensa takia usein yritykselle ensimmäinen askel kohti lean-toimintaa. Käytännössä toiminnasta poistetaan kaikki materiaalit, tarvikkeet ja työkalut, mitkä estävät virtausta tai niitä ei tarvitse työtehtävän suorittamiseen. (Väisänen 2013.)

5S-menetelmän viisi porrasta ovat:

1. Lajittelu (Sort, Seiri)

Kaikki ne asiat, joita ei tarvita kyseessä olevaan työhön, poistetaan. Näitä voi olla esimerkiksi turhat materiaalit, tietokoneen tiedostot, työvälineet ja tarvikkeet.

2. Järjestäminen (Store, Seiton)

Tarpeellisille asioille järjestetään paikka ja ne merkitään huolellisesti. Paikka tulee järjestää siten, että siitä on nopea ja turvallinen ottaa käyttöön ja palauttaa asioita.

3. Puhdistaminen (Shine, Seiso)

Puhdistetaan työpiste, työvälineet ja työvaatteet säännöllisesti. Puhdistamisella taataan välineiden toimintavarmuus ja hyvä kunto. Epäkunnossa olevat kohteet poistetaan käytöstä.

4. Standardointi (Standardize, Seiketsu)

Standardoimalla työpiste visuaalisesti, varmistetaan vaiheiden 1-3 toteutuminen. Selkeiden visuaalisten ohjeiden avulla työpiste pysyy standardin mukaisessa kunnossa.

5. Sitoutuminen (Sustain, Shitsuke)

Toimintatapojen ylläpitämisellä varmistetaan 5S:än toteutuminen. Menetelmän määrätietoinen harjoittaminen varmistaa, että siitä tulee rutiini, jolloin se vakiinnuttaa asemansa päivittäisessä toiminnassa.

(Väisänen 2013.)

Työympäristön organisoinnilla saavutetaan myös turvallisuutta. Siisteys ja järjestyks antavat vakioituneen ja turvallisen työpisteen. 5S-menetelmän käyttöönotossa tulevat esille esimerkiksi laitevikoja, puuttuvat merkinnät ja kadonneet osat. (Väisänen 2013.)

5 SELVITYSTYÖ

Työn tarkoituksena oli suunnitella uusi mitoitus- ja leikkaustyöpiste. Suunnitelman pohjatyöksi tehtiin selvitystyö, jonka pohjalta suunnittelu voidaan toteuttaa. Selvitystyöllä luotiin käsitys osaston nykyisistä työpisteistä ja työskentelymenetelmistä. Käytännössä selvitystyö suoritettiin seuraamalla osaston työntekijöiden työskentelyä ja tehden samalla muistiinpanoja.

5.1 Liitospiste

Osastolla, eli liitospisteellä, vakioleveä tasokudottu pohjakangas leikataan mittoihinsa ja sen päät liitetään yhteen liitälaitteella. Liitospisteen tuotantokapasiteetti on toistaiseksi riittänyt vastaamaan tasokudottujen puristinhuopien kysyntään yrityksessä. Osastolla työskentelevät työntekijät eivät työskentele siellä vakituisesti, vaan menevät sinne tarvittaessa työskentelemään, riippuen tasokudottujen huopien tilauskannasta.

Nykyiseen liitospisteeseen (kuvio 4) kuuluu seuraavat osat:

1. Pakkavarasto
2. Mitoitus- ja leikkausalue
3. Liitälaitteet

Pakkavarastossa on vaihteleva määrä kangaspakkoja, eli tasokudottuja pohjakankaita, putkille varastoituna. Työntekijät nostavat kattonosturilla kangaspakan pakkarullaimille, jonka jälkeen kangasta aletaan mitoittamaan. Ajoittain tuote tulee prosessin edellisestä vaiheesta, eli lämpökäsittelystä väärinpäin, jolloin liitospisteellä joudutaan kääntämään tuote. Nykyinen työskentelytapa mitoituksessa ja leikkauksessa vaatii pohjakankaan paperipuolen olevan kohti putkea.

Mitoitus- ja leikkausalue on lattiaan maalattu 228 neliömetrin kokoinen alue, johon pohjakangas levitetään mitoitusta ja leikkausta varten. Alue on pidettävä jatkuvasti vapaana eikä siihen voida esimerkiksi varastoida mitään tai mitoitus- ja leikkaustyö ei onnistu.



KUVIO 4. Liitospiste

5.1.1 Mitoitus ja leikkaus

Mitoitus- ja leikkausalueella tuote mitoitetaan ja leikataan leveyteensä ja pituutensa. Tuote rullataan pakalta auki mitoitus- ja leikkausalueelle, jonka jälkeen se mitoitetaan tilauspituuteensa. Mitoitus tapahtuu hyödyntämällä laseretäisyysmittaria ja sen vastinkappaletta. Mitoituksessa tehtyjä tussimerkintöjä käyttäen tuote leikataan mittoihinsa.

Leveyssuuntainen leikkaus tehdään lattialla leikkaamalla kankaan reuna saksilla lankasuoraan, koska liitöntä vaatii reunojen suoruuden toisiinsa nähden. Pituussuuntainen leikkaus tehdään leikkaamalla toinen reuna tuotteesta työvaihetta varten suunnitellulla kolvilla. Kolvin lämmön ansiosta leikattu reuna sulaa hieman, ja siten ei lähde purkautumaan. Toista pituussuuntaista reunaa ei tarvitse leikata.

Jos tuote on pidempi mitä mitoitus- ja leikkausalueen pituus on, joudutaan mitoitus tekemään jopa useampaan kertaan. Tällöin pohjakangasta vedetään kangaspakasta ensin lattian sallima enimmäispituus, jonka jälkeen kankaaseen merkitään pituus. Kun pohjakangasta vedetään pakasta loppupituuden verran, merkintöjen avulla kyetään tekemään pituusmitoitus riittävän tarkasti.

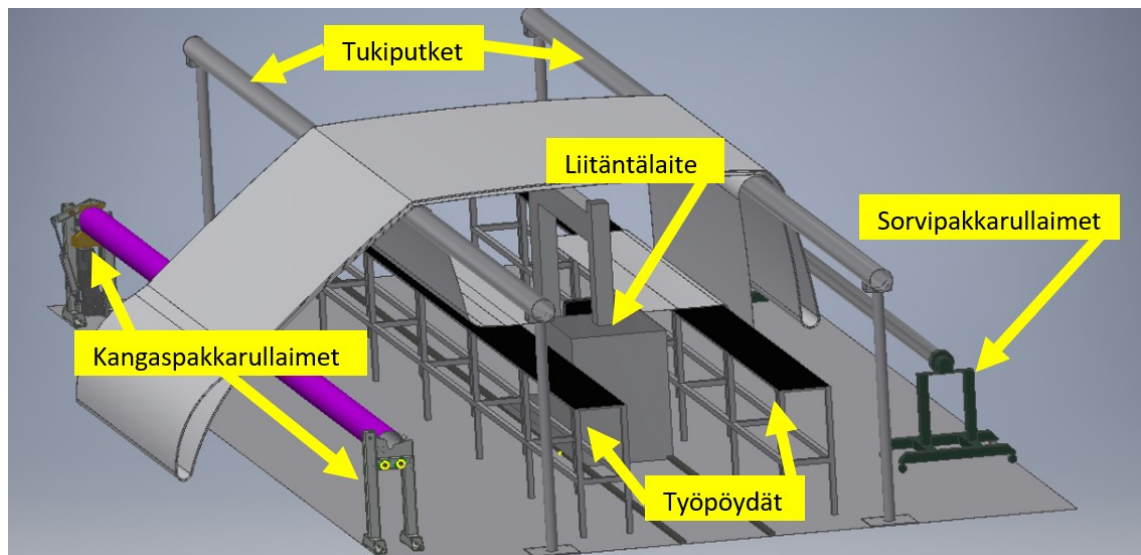
Vaikka nykyiseen mitoitus- ja leikkaustyöhön on kehitetty tehokkaampia työkentelymenetelmiä ja laitteita, kuten laseretäisyysmittari ja kolvi, työpisteen kehitystarve on ilmeinen. Saksilla leikkaus tapahtuu lattialla kontaten, joka on työturvallisuusriski. Lattialla tapahtuva mitoitus on hidasta ja se vaatii paljon lattia-pinta-alaa.

5.1.2 Liitântä

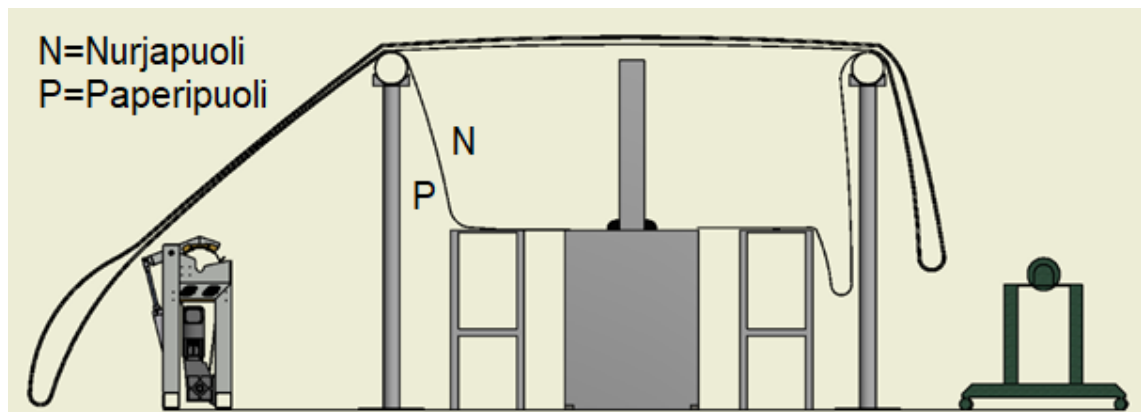
Liitântätyöpisteessä (kuvio 5) pohjakankaan päät liitetään yhteen. Liitännän jälkeen pohjakankaasta tulee päätön. Tuote asetellaan liitântätyöpisteeseen kuvion 6 osoittamalla tavalla, eli liitännän jälkeen tuotteen nurjapuoli, eli telapuoli, jää sisäpuolelle ja mikään rakenne ei jää pohjakankaan sisään. Kankaan asetus liitântälaitteelle tapahtuu joko käsin tai nostopuomia hyödyntäen.

Liitântätyöpisteen tärkeimmät osat ovat (kuvio 5):

- Kiskoilla liikkuva liitântälaitte
- Alumiiniprofiileista rakennetut työpöydät
- Tukiputket
- Kangaspakkarullaimet
- Sorvipakkarullaimet



KUVIO 5. Liitântätyöpiste



KUVIO 6. Pohjakangas asetettuna liitântätyöpisteeseen

Liitântälaite etenee kankaan leveysuunnassa ja saa aikaan lujan liitoksen kankaaseen. Liitännän jälkeen tuote rullataan putkelle ja se jatkaa prosessin seuraavaan vaiheeseen, eli neulaukseen. Liitântätyöpisteen prosessia on kehitetty aiemmin niin, että työpisteellä on samaan aikaan huovan määrittämä määrä kankaita päällekkäin, jotka liitetään yksitellen yhteen. Yhden kankaan liitännän aikana jo liitetty kangas on asetettu pois tieltä rullainputkien väliin ja liitântää odottavan kankaan päät ovat lattialla. Useamman kankaan päällekkäisyys työpisteellä mahdollistaa niiden tehokkaan rullauksen päällekkäin putkelle. Päällekkäisyys putkella tehostaa tasokudotun huovan prosessin seuraavaa vaihetta huomattavasti.

5.1.3 Läpimenoaika

Selvitystyössä mitattiin mitoitus- ja leikkaustyövaiheen läpimenoaika (taulukko 2) kolmen tuotteen osalta nykyisellä työskentelymenetelmällä. Työpisteen suunnittelun onnistumista voi mitata hyvin läpimenoajan muutoksen seurannalla, kun suunnitelma on toteutettu. Jokaisen työstettävän tuotteen osalta konfirmoidaan työskentely- ja asetusajat yrityksessä käytössä olevaan toiminnanohjausjärjestelmä SAP:iin (Systems, Applications & Products). Aluksi tarkoitus oli seurata läpimenoaikoja hakemalla SAP:sta tuotteiden konfirmointiajat, mutta aikojen todettiin olevan liian epätarkkoja. Läpimenoajan mittaaminen toteutettiin seuraamalla osaston työskentelyä ja kirjaamalla ylös toimintoihin kuluneet ajat. Läpimenoaikojen kerroin on tiedossa yrityksellä.

TAULUKKO 2. Läpimenoajat

Läpimenoaika (kerroin)	Tuote 1	Tuote 2	Tuote 3
Mitoitus- ja leikkaus	X	$0,93 \cdot X$	$3 \cdot X$
Muut tiedot			
Työntekijämäärä	2,00	3,00	2,00
Tuotteen pituus (m)	13,00	16,50	$3 \cdot 20,49$
Tuotteen leveys (m)	8,38	7,40	7,98
Tyyppi	P10-4	P10-4	P10,4
Asetustyöt n. $0,66 \cdot X$			

6 MITOITUS- JA LEIKKAUSTYÖPISTEEN SUUNNITTELU

6.1 Lähtökohdat

Uuden mitoitus- ja leikkaustyöpisteen tärkeimpänä tavoitteena on koneellistaa tasokudotun pohjankankaan mitoitus- ja leikkaustyötä, jonka ansiosta työn turvallisuutta, ergonomiaa ja tehokkuutta parannetaan. Tavoite on saada integroitua mitoitus- ja leikkaustyöpiste liitäntätyöpisteeseen, jolloin liitospiste saadaan kompaktimpaan kokoon ja vapautettua tehtaan lattia pinta-alaa muuhun käyttöön. Suunnittelussa keskitytään mitoitus- ja leikkaustyöpisteeseen eikä liitäntätyöpisteeseen ole tarkoitus tehdä merkittäviä muutoksia. Osaston layoutiin ei myöskään paneuduta, muuten kuin mitoitus- ja leikkaustyöpisteen osalta. Suunnittelu toteutetaan käyttämällä Autodesk Inventor -3D suunnitteluohjelmistoa.

Suunnittelussa tulee huomioida pohjakankaan vaatima asetus- ja liitäntäprosessi liitäntätyöpisteessä. Pohjakangas tulee saada asetettua liitäntälaitteen vaatimalla tavalla ja useamman kankaan rullaus putkelle päällekkäin pitää onnistua. Tuotteen pituus- ja leveysmittauksen tarkkuudet pitää olla riittävällä tasolla.

Suunnittelussa on tarkoitus hyödyntää mahdollisuuksien mukaan osastolla jo käytössä olevia hyväksi todettuja työvälineitä, kuten laseretäisyysmittaria, kolvia ja pakkarullaimia. Nykyisten työvälineiden hyödyntämisellä parannusten kustannukset pysyvät maltillisina ja käyttäjillä on jo entuudestaan osaamista työvälineistä.

Alustavien suunnittelujen pohjalta pidetään opinnäytetyön väliesittely, johon osallistuvat opinnäytetyönohjaajat, tuotekehitysinsinööri, osaston työntekijät ja työnjohtaja. Väliesittelyn yleisön kattaessa tuotannon eri osa-alueita, voidaan suunnitelmia tarkastella ja jatkokehittää hyvin erilaisista näkökulmista. Välipalaverissa esitellään alustavat suunnitelmat ja arvioidaan yhdessä niitä. Palaverissa valitaan suunnitelmista se, jota lähdetään jatkokehittämään.

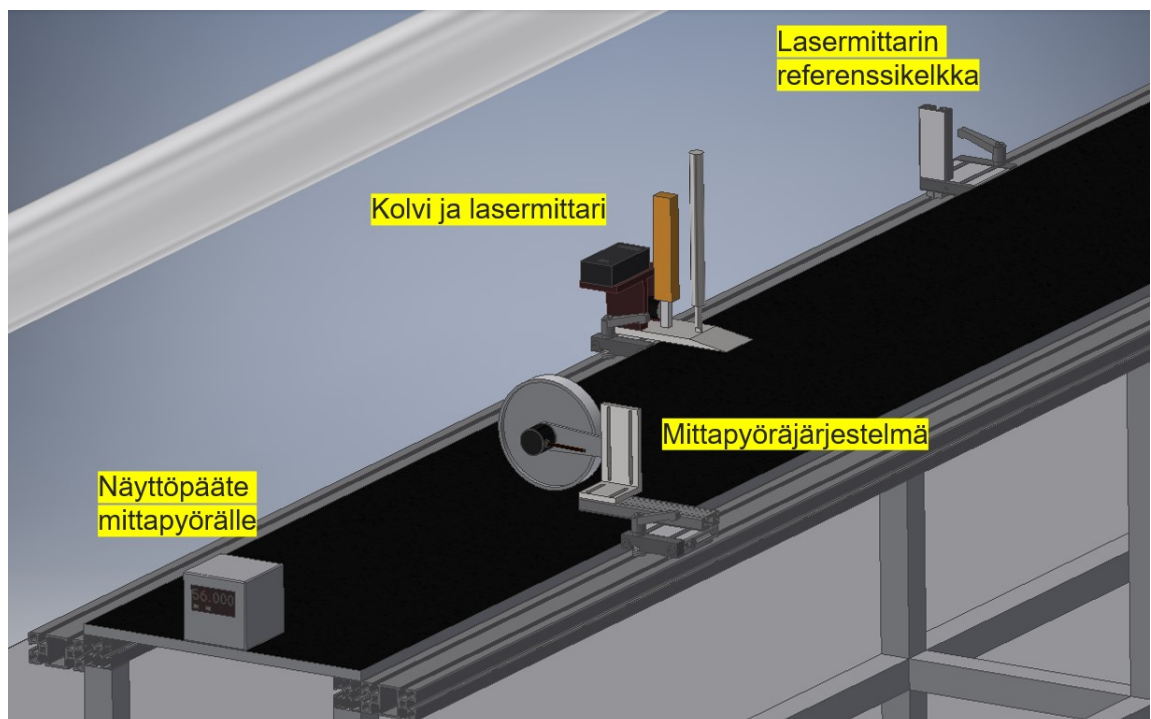
6.2 Mitoitus- ja leikkausvälineet

Kankaan pituusmitoitusta varten suunnitellaan pituusmittausjärjestelmä. Kangasta pitää pystyä mittaamaan jopa 100 metriin asti. Vaadittava tarkkuus pituusmitoitukselle on normaalissa tuotteessa ± 10 mm. Mittauslaitteiston tulee olla helposti käytettävä- ja huollettava sekä varmatoiminen.

Suunnitelmissa käytetään seuraavia mittaus- ja leikkauslaitteita (kuvio 7):

- Mittapyöräjärjestelmä
- Kolvi
- Laseretäisyysmittari ja sen referenssikelkka
- Näyttöpäätte

Opinnäytetyön alkuvaiheessa pituusmittausjärjestelmäksi päätettiin valita pulssi-anturiin perustuva mittapyöräjärjestelmä. Pituussuuntaisessa leikkauksessa on alustavasti tarkoitus käyttää nykyistä toimivaksi ja hyväksi todettua kolvia. Leveysmitoituksessa hyödynnetään nykyistä laseretäisyysmittaria. Laseretäisyysmittari tarvitsee myös referenssipisteen. Leveysuuntainen leikkaus toteutetaan edelleen saksilla lankasuoruusvaatimuksen takia.



KUVIO 7. Mitoitus- ja leikkausvälineet

6.2.1 Mittapyöräjärjestelmä

Mittapyöräantureita (kuva 2) käytetään lineaarisen liikkeen mittaukseen. Mittapyörä antaa lineaarisen liikkeen arvoja, jotka mittajärjestelmä muuttaa nopeus- ja paikka-arvoiksi. Mittapyöräjärjestelmä ei vaadi mittauspintaan referenssipistettä, joten se soveltuu hyvin erilaisiin mittauskohteisiin. Mittapyörä on varustettu usein jousivarrella, jolloin varmistuu luistoton mittaus. (Sick 2020.)



KUVA 2. Mittapyöräanturi (Sick 2020)

6.2.2 Pulssianturi

Digitaalisiin siirtymäantureihin lukeutuvaa pulssianturia käytetään kierto- ja lineaarisen liikkeen mittaamiseen. Pulssiantureiden käyttökohteita ovat esimerkiksi robotiikka, työstökoneet, tarkkuusmittalaitteet ja moottorit. Pulssianturit ovat käytävyydeltään monipuolisia ja niitä on helppo liittää digitaalisiin ohjauslaitteisiin. Pulssiantureiden käyttö yleistyy koko ajan ja niiden valmistajia on paljon. (Fonselius, Laitinen, Pekkola, Sampo & Välimaa 1994, 102-111.)

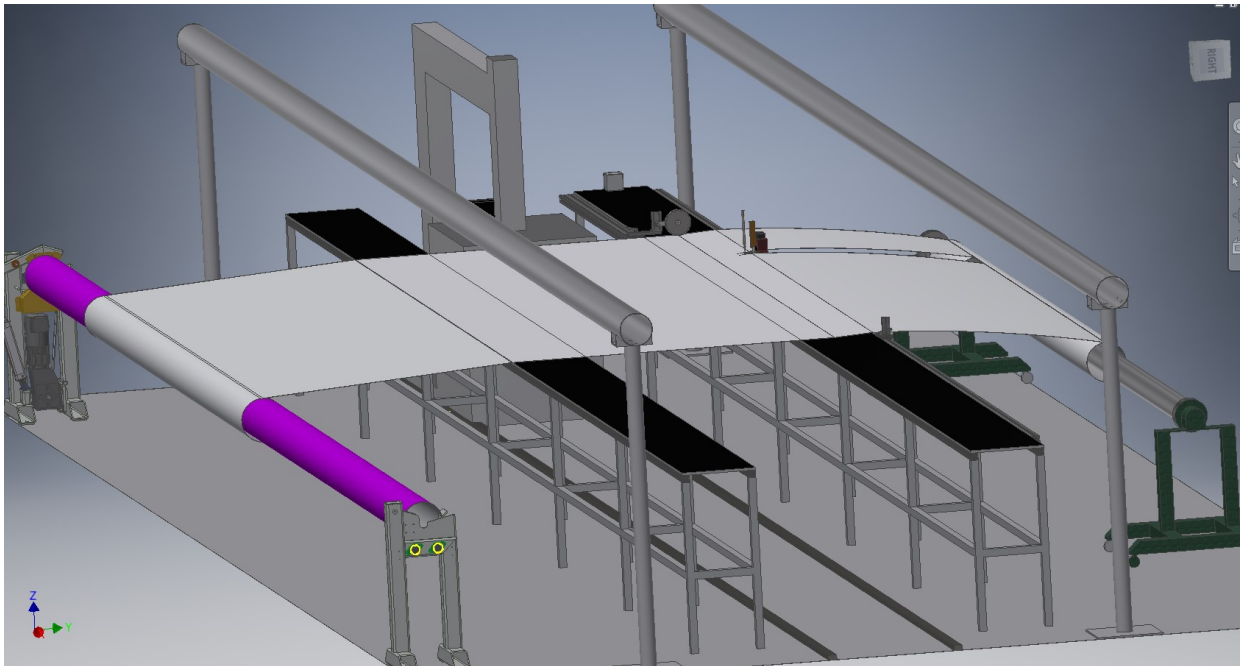
Yksinkertaistettuna pulssianturi koostuu valo läpäiseviin -ja läpäisemättömiin sektoreihin jaetusta anturikiekosta, joka on sijoitettu valon lähteen ja valokennon väliin. Lineaarisen pulssianturin toimintaperiaate on sama, mutta anturikiekko on viivaimen mallinen. Pulssianturin tarkkuus riippuu sektorien lukumäärästä. Tyyppillinen erottelukyky on 100-2500 pulssia per kierros, joten ne sopivat tarkkuutta vaativiin mittauksiin. Pulssiantureissa käytetään usein infrapunavaloa edullisten

infrapunaledien saatavuuden ansiosta. Tarvittaessa voidaan käyttää myös laseria, xenonlamppua, hehkulamppua tai elohopeakorkeapainelamppua. Käyttämällä kahta sektorikiekkoa tai valokennoa pulssianturi tunnistaa pyörimissuunnan. Kolmatta sektorikiekkoa käytetään nollapulssin havaitsemiseen. Pulssiantureilla voidaan mitata myös nopeutta, koska anturin antamien pulssien taajuus on verrannollinen pyörimisnopeuteen. (Fonselius ym. 1994, 102-111.)

6.3 Suunnitelma 1

Suunnitelman 1 perustana on liitántätyöpisteeseen integroidut mitoitus- ja leikkauslaitteistot (kuvio 8). Integroiduilla laitteilla koko nykyinen mitoitus- ja leikkausalue vapautuu muuhun käyttöön. Nykyisiin pöytiin on asennettu alumiiniprofiilit, joissa on sivuttaissuunnassa liikkuvat ja lukittavat kelkat. Kelkkoihin on asennettu mittapyöräjärjestelmä, kolvi, laseretäisyysmittari ja referenssikelkka. Kolvi ja laseretäisyysmittari on asennettu samaan kelkkaan kohdetta varten räätälöidyn telineen avulla. Teline voidaan valmistaa esimerkiksi muovista 3d-tulostamalla. Jotta laseretäisyysmittari näyttää oikean lukeman, pitää sen olla samassa asemassa kuin kolvin terä. Pöydän päässä on mittapyöräjärjestelmän näyttöpäätte.

Pohjakangas asetetaan pöytien ylitse ja teipataan putkeen kiinni. Referenssikelkka asetetaan kankaan reunaan, ja tilausleveyden mukaan kolvi lukitaan oikeaan asemaan. Pyöritettäessä kangasta toiselta putkelta toiselle, mittapyörä mittaa kankaan pituutta ja kolvi leikkaa kangasta. Mitoituksen ja leikkauksen jälkeen kangas asetellaan putkelta liitántään muuten samalla tavalla kuin nykyisin, mutta toiselta puolelta työpistettä. Usean pohjakankaan tuotteessa kaikki kankaat ensin mitoitetaan ja leikataan, jonka jälkeen ne asetetaan liitántään päällekkäin. Suunnitelma 1 vastaa hyvin työn tavoitetta saada integroitua mitoitus ja leikkaus nykyiseen liitántätyöpisteeseen. Rakenne- ja laitekustannukset rajoittuvat suunnitelmassa 1 mittauslaitteisiin ja rakenteisiin.

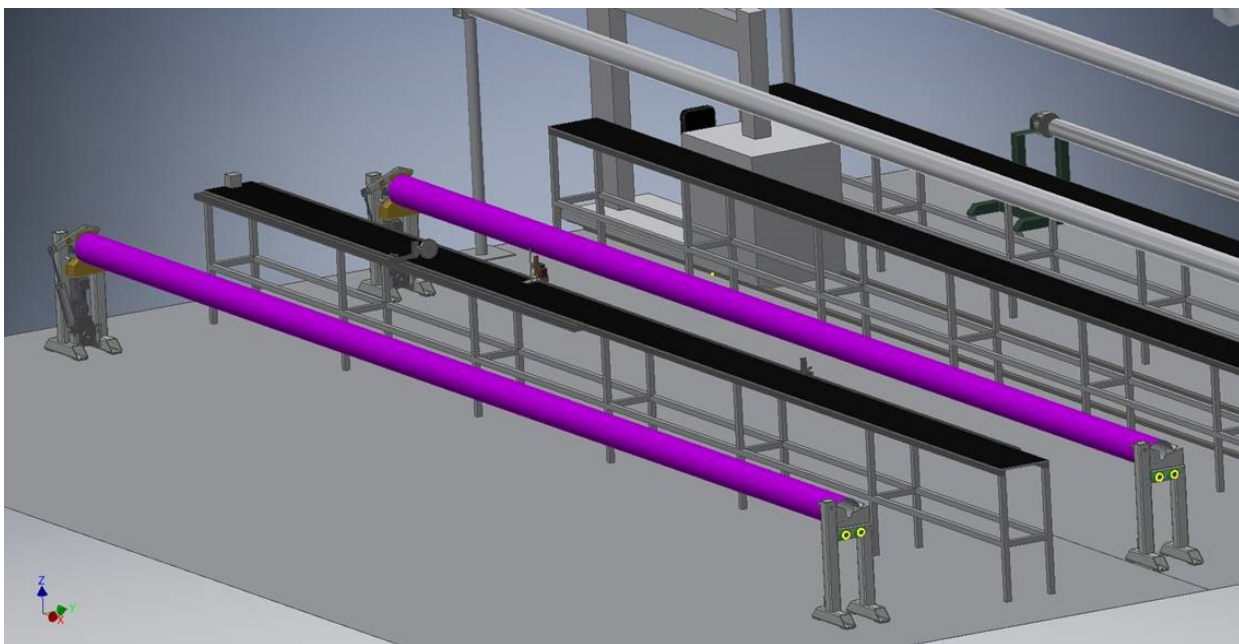


KUVIO 8. Suunnitelma 1

6.4 Suunnitelma 2

Toisessa suunnitelmassa (kuvio 9) on erillinen mitoitus- ja leikkaustyöpiste. Nykyiselle mitoitus- ja leikkausalueelle lähelle liitäntätyöpistettä on sijoitettu olemassa olevien pakkarullainten kanssa yhtenevät uudet rullaimet. Rullainten välissä on alumiiniprofiileista rakennettu työtaso. Mitoitus- ja leikkauslaitteistot ja rakenteet on toteutettu samalla tavalla kuin suunnitelmassa 1.

Pohjakankaan mitoitus- ja leikkaustyövaiheet ovat yhtenevät suunnitelman 1 kanssa. Asetustyö liitännään toteutetaan nykyisellä tavalla. Erillinen mitoitus- ja leikkaustyöpiste mahdollistaa samanaikaisesti tehtävän mitoituksen- ja leikkauksen, sekä liitännän. Suunnitelman 2 kustannukset koostuvat mittauslaitteistosta, rakenteista, uusista pakkarullaimista ja uudesta työtasosta.



KUVIO 9. Suunnitelma 2

7 SUUNNITELMAN VALINTA

Väliesittelyssä perehdyttiin suunnitelmiin ja arvioitiin vastaako suunnitelmat mitoitus- ja leikkaustyöpisteelle asetettuja tavoitteita. Suunnitelmia tarkasteltiin myös riski- ja ongelmaperusteisesti.

Mitoitus- ja leikkausvälineiden todettiin olevan toimivia ja riittävän tarkkoja ratkaisuja. Työskentelymenetelmiä pidettiin parannuksina työturvallisuuden- ja ergonomian näkökulmasta ja siten tavoitteidenmukaisina. Työvaiheiden suorittaminen esitetyillä työskentelymenetelmillä todettiin alustavasti toimiviksi. Ryhmän yhteinen ajatus oli, että työskentelymenetelmät kehittyvät rakenteiden ja välineiden käytöstä saadun kokemuksen ansiosta.

7.1 Ongelmat

Selvitystyön ansiosta suunnitelmasta 1 ilmeni muutamia ongelmia. Suunnitelman 1 suorat hankintakustannukset ovat pienemmät kuin suunnitelman 2, mutta suunnitelmassa 1 vaatii osastoon ja rakenteisiin muita muutostöitä, jotka tuovat suunnitelman 1 toteuttamiseen huomattavasti lisää kustannuksia.

Kangasaihio on todellisuudessa leveämpi, kuin mikä sorvipakkarullaimissa käytettävän putken leveys on. Käytännössä ilman sorvipakkarullainten putken levenämistä suunnitellulla menetelmällä mitoitusta ja leikkausta ei voisi suorittaa. Kyseisiä putkia on käytössä tehtaalla paljon ja niiden leveys on optimoitu tuotantoprosessin seuraavaa vaihetta varten.

Liitälaitteen liikkuminen rajoittuu lattialla olevien kiskojen pituuteen. Pohjakaan asetustyössä liitälaitte tulee tielle, eikä kiskojen pituus riitä nykyisellään saamaan liitälaitetta riittävän pitkälle pois tieltä. Liitälaitetyöpisteen toisessa päässä on osastojen välinen seinä ja toisessa päässä on kulkukäytävä. Pohjakaan leveys on vakio ja kiskojen pidentäminen vaatisi suuria muutoksia rakenteisiin tai layoutiin.

Työpöydät ovat liitänntyöpisteessä räätälöity liitälaitteelle, eikä niiden korkeutta voi muuttaa. Työpöytien pöytäpinnan leveyttä ei myöskään voi muuttaa, jolloin kiskorakenteiden kiinnityksistä tulee monimutkaisempia. Liitänntyöpisteen lattialla olevat kiskot ja tukiputkien palkit aiheuttavat kankaan asetustyöhön kompastumis- ja törmäysvaaraa.

7.2 Valinta

Vaikka suunnitelmassa 2 mitoitus- ja leikkaustyöpistettä ei ole integroitu liitänntyöpisteeseen, valinta suunnitelmasta oli selkeä. Integroinnin tuomat ongelmat ja erillisen työpisteen edut puolsivat suunnitelman 2 valintaa. Vaikka integroitu työpiste vapauttaa koko nykyisen mitoitus- ja leikkausalueen muuhun käyttöön, erillinen työpiste on silti lattiapinta-alaltaan huomattavasti pienempi kuin nykyinen mittaus- ja leikkausalue. Suunnitelmassa 2 mitoituksen- ja leikkauksen vaatima lattiapinta-ala pienenee 228 neliömetristä noin 42 neliömetriin rullainten välin ollessa 2,5 metriä. Rullainten ja työpöydän asemat työpisteessä määrittyvät työpisteen käyttöönotossa.

Erillisestä mitoitus- ja leikkaustyöpisteestä saadaan räätälöityä työvaiheelle optimoitu kokonaisuus, jolloin työpisteestä saadaan turvallisempi ja ergonomisempi verrattuna integroituun työpisteeseen. Työpöydän mitat voidaan suunnitella juuri mitoitusta ja leikkausta varten, sekä myöskin rullainten ja työpöytien väliset etäisyydet toisiinsa nähden voidaan optimoida. Erillisessä työpisteessä ei ole ylimääräisiä rakenteita aiheuttamassa kompastumis- ja törmäysvaaraa.

Nykyisellään liitännän ajan liittäjää lukuun ottamatta muut työntekijät odottavat liitännän valmistumista. Erillisen mitoitus- ja leikkaus työpisteen ansiosta osastolla on mahdollista samaan aikaan sekä mitoittaa ja leikata, että liittää. Suunnitelmassa 1 samanaikainen työskentely osastolla ei ole mahdollista, koska kankaan ollessa asetettuna liitäntää varten, se on mitoituksen ja leikkauksen tiellä. Suunnitelmassa 2 osastolla tapahtuvan tuottavan työn määrää saadaan siis lisättyä ja kappaleiden läpimenoaikaa lyhennettyä.

Uuden mitoitus- ja leikkausmenetelmän ansiosta pakkavarastoon väärinpäin tuotua pakkaa ei tarvitse kääntää, koska rullainten pyörimissuunnan valinnalla tuote saadaan joka tapauksessa rullattua oikeinpäin. Kehitetty menetelmä vähentää turhaa kuljettelua.

7.3 Suunnitelman 2 jatkokehitys

Osastolla työskentelee eri pituisia työntekijöitä, joten heidän ergonomiseksi kokema työskentelykorkeus vaihtelee. Etukäteen on hankala arvioida, mikä on työpöydän optimikorkeus, jolla mitoitus- ja leikkaustyö on paras toteuttaa.

Väliesittelyssä päätettiin, että mitoitus- ja leikkaustyöpisteen työpöytä suunnitellaan sähköisesti korkeussäädettäväksi. Korkeussäädettävän pöydän suunnittelua ei kuitenkaan sisällytetä tähän opinnäytetyöhön. Kustannuslaskelmaan varataan tälle hinta-arvioon perustuva kustannusvaraus. Yrityksessä on muihin osastoille tehty sähkötoimisia korkeussäädettäviä työpöytiä- ja pukkeja, joiden pohjalta saadaan hinta-arvio uudelle työpöydälle.

Mitointus- ja leikkausvaiheessa kun rullataan kangasta putkelta putkelle, rullaimia pitää pyörittää eri nopeudella, koska kangaspakan halkaisijan muuttuessa sen kehänopeus muuttuu. Rullauksen vaatiessa molempien rullainten tarkkailua ja hyvää käsikoordinaatiota, työvaiheen automatisoinnilla saavutettaisiin työvaihetta helpottava ja sujuvoittava hyöty. Rullainten automatisoinnin voisi toteuttaa esimerkiksi rullaimen asennettavalla momenttianturilla, joka säätää rullainten pyörimisnopeuksia.

Nykyisessä leikkaustyössä kolvia käytetään käsin, jolloin epätasaisuudet kankaan leikkaamisessa on helppo tuntea. Kolvin kohdatessa epätasaisuuden, käyttäjä voi siihen nopeasti reagoida. Kolvin ollessa yhdistettynä kankaan koneelliseen virtaukseen, se ei reagoi epätasaisuuksiin ja kolvausjälki voi kärsiä. Käytön otossa kolvin toimivuutta tarkastellaan, ja tarvittaessa hankitaan toinen kolvi tai leikkuri. Kustannuslaskelmaan on varattu uudelle kolville tai leikkurille kustannusvaraus.

8 KUSTANNUSLASKELMA

Mitoitus- ja leikkauslaitteiston hankintaa varten yrityksessä laaditaan investointihakemus. Investointihakemusta varten tarvitaan kustannuslaskelma, johon on lisätty suunnitelmaan kuuluvat rakenteet, niiden toimittajat ja hinnat. Kustannuslaskelmaan on otettu huomioon myös asennuskustannukset. Investointihakemukseen lasketaan kustannuksiin +10 % yllättävien kulujen varalta. Kustannuslaskelma on liitteessä 1.

Alumiiniprofiilit ja kelkat toimittaa Movetec Oy, ja mittapyöräjärjestelmän toimittaa Sarlin Oy Ab. Toimittajilta on saatu hinta-arviot tarjouspyyntöjen kautta. Tarkat tarjouslaskelmat osaluetteloineen ovat yrityksen käytettävissä. Suunnitelmassa olevat uudet pakkarullaimet ovat yhtenevät liitospisteellä jo olevien rullaimien kanssa, joten niiden hinta-arvio on saatu olemassa olevien rullaimien toteutuneesta hinnasta. Korkeussäädettävän työpöydän hinta on arvioitu yrityksen muiden korkeussäädettävien työpöytien toteutuneiden kustannusten perusteella. Rullaimet ja työpöytä tilataan mahdollisimmat valmiiksi kokoonpantuina.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoite oli tehdä mitoitus- ja leikkaustyöpisteestä suunnitelma, jonka perusteella laaditaan kustannuslaskelma. Tarkoitus oli saada integroitua uusi työpiste nykyiseen liitäntätyöpisteeseen. Työn edetessä kuitenkin vahvistui käsitys erillisen työpisteen eduista ja se koettiin yleisesti paremmaksi vaihtoehdoksi. Työn tuloksena saatiin toimivaksi todettu suunnitelma ja siitä laadittu investointihakemus. Suunnitelma vaatii korkeussäädettävän pöydän osalta vielä jatkotyötä. Suunnitelma antaa edellytykset turvallisemmalle ja ergonomisemmalle työskentelylle osastolla ja antaa yritykselle yhden askeleen kohti fyysisen kuormituksen vähentymistä. Osaston tuotantokapasiteetti nousee suunnitelman avulla läpimenoajan lyhentyessä. Tasokudottujen puristinhuopien myynnin kasvassa suunnitelma antaa valmiudet liitospisteen osalta sujuvaan virtaukseen. Suunnitelman avulla työskentelystä poistuu monia lean-ajattelun hukkia ja se vapauttaa huomattavasti tehtaan lattiapinta-alaa.

Yrityksen halutessa lisätä liitospisteen kapasiteettia entisestään, valmiiden suunnitelmien ansiosta voidaan lisäinvestoinneilla lisätä tuotantoon koneita ja rakenteita. Koneet voisi sijoittaa vapautuneeseen lattiapinta-alaan. Läpimenoaikojen tilastointeja tulisi hyödyntää arvioidessa opinnäytetyön onnistumista. Samoille asiakkaille menee tulevaisuudessa samoilla mitoilla olevia puristinhuopia, joten samoilla mitoilla olevat tuotteet on helppo löytää toiminnanohjausjärjestelmästä ennen tuotantoon tuloa. Onnistumista voi mitata myös vertaamalla vanhan ja kehitetyn menetelmän riskinarviointeja, joiden pisteyksien vertailusta voidaan nähdä turvallisuusparannuksia. Liitännän ajan muut työntekijät tulisi mahdollisuuksien mukaan ohjeistaa tekemään mitoitus- ja leikkaustyötä, jolloin odottelu vähenee.

Tasokudottujen puristinhuopien tuotantoon on hyvä soveltaa lean-työkaluja, koska tuotanto on vielä melko pientä. Tasokudottujen puristinhuopien tuotannon lisääntyessä voisi siihen soveltaa esteiden teoriaa, eli kohdistaa kehitysresursseja tuotantoprosessin pullonkauloihin. Tällä hetkellä osaston tuotantokapasiteetti on huomattavasti isompi kuin mitä tuotteita myydään, eli resursseja tulisi

kohdistaa myyntiin. Myynnin kasvaessa tulee tarkastella tuotantoprosessia ja etsiä sieltä pullonkaulat. Käyttöön otettaessa uutta mitoitus- ja leikkaustyöpistettä, tulisi 5S ottaa heti käyttöön. Liitospisteellä ja tehtaalla yleisesti on 5S käytössä, mutta sen uudelleenarviointi voisi olla työn uudistuessa paikallaan.

Suunnitelman onnistumisesta kiitokset ansaitsevat liitospisteen työntekijät, opinnäytetyön ohjaajat, tuotekehitysinsinööri ja muut prosessiin vaikuttaneet henkilöt, jotka kukin aktiivisella ja auttavalla asenteella antoivat hyvän tuen suunnitteluprosessiin. Selvitystyössä työntekijät olivat erittäin yhteistyöhaluisia, joka mahdollisti selvitystyöhön käytetyn ajan pysymisen maltillisena. Selvitystyön alussa mitoitus- ja leikkaustyön läpimenoaikaa olisi voinut seurata useamman tuotteen osalta. Opinnäytetyön etenemisestä tiedottamiseen olisi voinut käyttää enemmän aikaa ja systemoida sitä.

Motivaatio opinnäytetyön tekemiseen oli suuri, koska suunnitelma tuli todelliseen tarpeeseen. Selvitystyö myöskin osoitti käytännössä mitoitus- ja leikkaustyön huonot työasennot, jotka entisestään lisäsi motivaatiota suunnittelulle. Opinnäytetyö antoi paljon tärkeää kokemusta uransa alussa olevalle insinöörille, etenkin suunnittelun ja ryhmätyöskentelyn osalta. Yrityksessä tuotantoinsinöörinä työskentely mahdollistaa työpöydän jatkosuunnittelun, investointihakemuksen, käyttöönoton ja riskinarviointien parissa työskentelyn opinnäytetyön valmistumisen jälkeen.

Ajankäyttö opinnäytetyöhön osoittautui odotetusti haasteeksi, koska opinnäytetyötä tehtiin omalla ajalla, tehden samalla juuri aloittaneen tuotantoinsinöörin tehtäviä täyttä työviikkoa. Etenkin selvitystyöhön oli haastavaa löytää aikaa, koska liitospisteellä ei tehdä joka päivä töitä ja tuotantoinsinöörin tehtäviltä oli vaikeaa löytää aikaa opinnäytetyölle työpäivien keskellä. Ajankäytön haasteellisuus antoi toisaalta tärkeää oppia priorisoinnin ja aikataulutuksen tärkeydestä. Ottaen huomioon, että opinnäytetyötä tehtiin lähinnä iltaisin työpäivien jälkeen, sisällöllisesti ja tuloksellisesti voidaan kuitenkin olla tyytyväisiä opinnäytetyöhön.

LÄHTEET

Bateman, N., Esain, A., Massey, L., Rich, N. & Samuel, D. 2006. Lean Evolution. 1.painos. New York. Cambridge University Press.

Fonselius, J., Laitinen, E., Pekkola, K., Sampo, A. & Välimaa, T. 1994. Anturit – koneautomaatio. 3. painos. Helsinki. Painatuskeskus Oy.

Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2006. Paperin ja kartongin valmistus. 5. painos. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy.

Mikkonen, K. Tuotekehitysinsinööri. 2019. Haastattelu 20.12.2019. Haastattelija Marttila, J. Tampere. Valmet Technologies Oy.

Sick. 2020. Mittapyöräanturit. Luettu 2.2.2020.
<https://www.sick.com/fi/fi/enkooderit/mittapyoeraeanturit/c/g365351>

Sixsigma. Lean. Luettu 15.2.2020.
<http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/>

Sixsigma. Esteiden teoria. Luettu 15.2.2020
<http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/esteiden-teoria-toc/>

Tuominen, K. 2010. Lean – kohti täydellisyyttä. 1. painos. Juva. WS Bookwell Oy.

Työsuojelu. 2018. Turvallisuusjohtaminen. Luettu 5.2.2020.
<https://www.tyosuojelu.fi/tyosuojelu-tyopaikalla/turvallisuusjohtaminen>

Työturvallisuuskeskus. Fyysiset kuormitustekijät. Luettu 11.2.2020
https://ttk.fi/tyoturvallisuus_ja_tyosuojelu/tyoturvallisuuden_perusteet/tyoymparisto/fyysiset_kuormitustekijat

Työturvallisuuskeskus. Työympäristö. Luettu 11.2.2020
https://ttk.fi/tyoturvallisuus_ja_tyosuojelu/tyoturvallisuuden_perusteet/tyoymparisto

Valmet. 2018. Press Felts Basics. Julkaisematon. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

Valmet. 2017. Kudokset tehdasvierailu 2017. Sijoittajasuhdeblogi. Luettu 17.12.2019. <https://www.valmet.com/fi/sijoittajat/sijoittajasuhteet/sijoittajasuhdejohtajan-blogi/kudokset-tehdasvierailu-2017/>

Valmet. 2019. Valmet lyhyesti. Luettu 1.12.2019.
<https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/>

Valmet Fabrics. 2017. Fabrics Site Visit 2017 presentation. Luettu 17.12.2019
<https://www.valmet.com/globalassets/investors/reports--presentations/other-presentations/2017/fabrics-site-visit-2017-presentation.pdf>

Valmet. 2020. Avainluvut koko- ja neljännesvuosittain. Luettu 18.1.2020.
<https://www.valmet.com/fi/sijoittajat/taloudellista-tietoa/avainluvut-koko--ja-nel-jannesvuosittain/>

Valmet. 2020. HSE-johtaminen. Luettu 11.2.2020
<https://www.valmet.com/fi/kestava-kehitys/vastuulliset-toiminnot/terveys-turvallisuus-ja-ymparisto/>

Väisänen, J. 2013. Viiden ässän kehitystyökalu. Luettu 15.2.2020
<http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/viiden-aessaen-kehitystyokealu/>

LIITTEET

Liite 1. Kustannuslaskelma

Kustannuslaskelma				
Mitoitus- ja leikkaustyö-				
piste				
Valmet Technologies Oy				
	Toimittaja	Hinta (à)	Määrä (kpl)	Euroa
Rullaimet			1,00	10 000,00 €
Käyttöpää		8 000,00 €	1,00	8 000,00 €
Vapaapää		2 000,00 €	1,00	2 000,00 €
Mittapyöräjärjestelmä			1,00	900,00 €
Pulssianturi (1024 ppr)	Sarlin Oy Ab	220,00 €	1,00	220,00 €
Mittapyörä (159 mm)	Sarlin Oy Ab	90,00 €	1,00	90,00 €
Jousivarsi	Sarlin Oy Ab	140,00 €	1,00	140,00 €
Näyttöpääte	Sarlin Oy Ab	180,00 €	1,00	180,00 €
Rakenteet				1 760,48 €
Alumiiniprofiili 45x90 12m	Movetec Oy	192,50 €	4,00	770,00 €
Liukukelkka (lukittava)	Movetec Oy	130,27 €	3,00	390,81 €
Johtokouru 6m	Movetec Oy	37,55 €	2,00	75,10 €
Energiansiirtoketju 6m	Movetec Oy	114,00 €	2,00	228,00 €
Kulmakiinnikkeet 45x90	Movetec Oy	7,25 €	24,00	174,00 €
Muut tarvikkeet	Movetec Oy			122,57 €
Työpöytä		12 000,00 €	1,00	12 000,00 €
Asennus		65 e (per h)	80 (h)	5 200,00 €
Yleiskulut (leikkaus yms.)				1 957,50 €
Yhteensä				31 818 €
			+10%	35 000 €