

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

2021

Jyrki Lähteenmäki

PAINEASTIAN PÄÄDYNVALMISTUKSEN KEHITTÄMINEN

– case Kaukora

Jyrki Lähteenmäki

PAINEASTIAN PÄÄDYNVALMISTUKSEN KEHITTÄMINEN

- case Kaukora

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia vedenlämmittimen paineastian päädyn valmistuksen kehittämistä. Työssä selvitettiin automaation lisäämisen mahdollisuuksia, ja pyrittiin löytämään keinoja tuotannon virtaviivaistamiseen. Ehdotuksissa nykyisen hajautetun tuotannon sijaan suositetaan valmistuksen muuttamista solumuotoiseksi joko robottivusteisena tai ilman. Kehitystyössä esitetään ergonomiaan ja kustannustehokkuuden parantamiseen liittyviä keinoja päädynvalmistukseen.

Säiliöntuotannon tekniikoista kuvataan materiaalin muovausta syvävetämällä. Päädyn syvävedossa tutustutaan vaadittavan voiman tuottavaan syvävetokoneen toimintaan, työkaluun sekä aihion voiteluun. Syvävedetyn päädyn jatkokäsittelyssä perehdytään vaotus- ja meistrotekniikkaan. Vaottamalla säiliön päätyyn muovataan koneellisesti asennusta helpottava viiste. Meistämällä syvävedettyyn päätyyn tehdään putkiyhteiden ja vastuksen vaatimat aukotukset.

Kehittämisosuudessa tutustutaan uusiin tuotantofilosofioihin ja tutkitaan niiden soveltuvuutta päädynvalmistukseen. Kehitystyön päämääränä on päädynvalmistuksen tehokkuuden ja tuottavuuden parantuminen. Tavoitteet saavutettaisiin työmenetelmiä kehittämällä ja läpäisyajoja lyhentämällä, sekä välivarastoja poistamalla ja työpisteiden järkevällä sijoituksella.

Parannusehdotuksessa säiliön päädyt valmistetaan joko soluvalmistuksen tai robotoinnin keinoin. Työtapoihin ja resurssien käyttöön perehdytään ajankäyttötutkimuksen menetelmin. Tutkimuksessa kokonaistyöaika jaettiin tekemisaikaan ja apuaikaan. Tarkoitus oli selvittää mikä osa käytetystä ajasta kuluu aikahäviöihin ja mikä niitä aiheuttaa.

Teoriaosuudessa selvitetään investoinnin käsitettä ja investointien merkitystä yrityksen kannattavuudelle. Syntyneiden säästöjen pohjalta arvioidaan investoinnin kannattavuutta investointilaskelmin. Investointiin liittyvää riskiä tarkastellaan herkkyyksianalyysin avulla. Opinnäytetyön pohdintojen perusteella laaditaan budjettiesitys mahdollisen investoinnin toteuttamiseksi yrityksessä.

ASIASANAT:

Tuotannon kehittäminen, tuotantofilosofia, syväveto, soluvalmistus, robotisointi, työntutkimus, investointilaskelmat.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering

2021 | 32 pages, 4 pages in appendices

Jyrki Lähteenmäki

PRODUCTION DEVELOPMENT IN KAUKORA LTD

- Manufacturing the end of the pressure vessel

The purpose of thesis was to study the development of the production of the end of the water heater pressure vessel. In the work, the possibilities of increasing automation were explored, and ways to streamline production were studied. In the proposals, instead of the distributed production, the cell production, either with or without robot aid are recommended. In the development work, ways to improve ergonomics and cost-effectiveness in tank end manufacturing were explored.

In the part of production techniques, the forming of the material by deep drawing is presented. In the process of deep drawing, the machine that produces the required force, tooling and lubrication were explained. In the further processing of the deep-drawn tank end, the crimping and punching technology are researched. By crimping on the end of the tank, a bevel is machine-shaped to facilitate installation. The openings required for pipe connecting and resistance into the deep-drawn end, are made by punching.

In the development section, the new production philosophies were familiarized and their suitability for manufacturing of tank ends were studied. The aim of the development work was to improve the efficiency and productivity of end manufacturing. The objectives were achieved by developing working methods and shortening pass times, both by removing intermediate stocks and by making a sensible placement of work points.

In the suggestion for improvement, the end of the tank is manufactured either by cell manufacturing or by robots. The working methods and resource use are examined by the time use research. In the study, the total working time was divided into manufacturing time and auxiliary time. The intention was to find out what part of the time spent is spent on time losses and what causes them.

In the theory section, the concept of investment and the importance of investments for the profitability of the company were investigated. Based on the savings generated, the profitability of the investment was assessed using investment calculations. The risk associated with the investment is examined through a sensitivity analysis. Based on the thesis considerations, a budget proposal was drawn up to implement a possible investment in the company.

KEYWORDS:

Development of the production, new production philosophies, deep drawing, cell production, robotization, work study, investment calculations

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 YRITYKSEN INVESTOINNIT JA KANNATTAVUUS	7
2.1 Investoinnin kannattavuus	7
2.2 Investoinnin pitoaika ja jäännösarvo	8
2.3 Investoinnin laskentamenetelmät	8
2.3.1 Nykyarvomenetelmä	8
2.3.2 Annuiteettimenetelmä	9
2.3.3 Sisäisen korkokannan menetelmä	9
2.3.4 Yksinkertaistettu sisäisen korkokannan menetelmä	10
2.3.5 Herkkyysanalyysi	10
3 SÄILIÖTUOTANTO JA SEN KEHITTÄMINEN	11
3.1 Uudet tuotantofilosofiat	11
3.1.1 JIT-tuotanto	12
3.1.2 Solutuotanto	12
3.1.3 Tuotantoautomaatio	13
3.1.4 Varastot	14
3.2 Syvävetoteknologia	15
3.2.1 Hydraulinen syvävetopuristin	17
3.2.2 Aihionvoitelu	18
3.2.3 Syvävetotyökalun materiaali	19
3.3 Syvävetopäädyn jatkokäsittely	20
3.3.1 Vaotus	20
3.3.2 Meisto	21
4 SÄILIÖVALMISTUKSEN NYKYTILA JA SEN KEHITTÄMINEN	22
4.1 Päädynvalmistuksen nykytilanne	22
4.2 Nykyisten menetelmien kehittäminen automaatioita lisäämättä	24
4.3 Päädynvalmistuksen robotointi	26
5 TULOKSET	28
5.1 Investoinnin epävarmuus	28
6 YHTEENVETO JA POHDINTA	30

LÄHTEET

32

LIITTEET

- Liite 1. Päätyvedon mittauspöytäkirja
- Liite 2. Rajauksen mittauspöytäkirja
- Liite 3. Kaulustus 1-vaihe mittauspöytäkirja
- Liite 4. Kaulustus 2-vaihe mittauspöytäkirja

KAAVAT

- Kaava 1. Nykyarvotekijän an/i laskukaava (Haverila 2009, 203). 8
- Kaava 2. Annuiteettitekijän i/an laskukaava (Haverila 2009, 204). 9

KUVAT

- Kuva 1. Syväveto yksitoimisella puristimella ja vetotyynyllä. (Mäki-Mantila 2001, 22.) 16
- Kuva 2. Hydraulinen puristin. (Mäki-Mantila 2001, 39.) 17
- Kuva 3. Syvävetotyökalu. 19
- Kuva 4. Automaattinen vaotuskone. (Lucas.eu.) 20

KUVIOT

- Kuvio 1. Herkkyysanalyysi. 29

TAULUKOT

- Taulukko 1. Päädynvalmistuksen nykyiset työkustannukset 23
- Taulukko 2. Päädynvalmistuksen työkustannukset solutuotannossa. 25
- Taulukko 3. Päädynvalmistuksen työkustannukset robottisolulla. 27

1 JOHDANTO

Tämän hankkeistetun opinnäytetyön tavoitteena on laatia kehityssuunnitelma vedenlämmittimien säiliön päätyjen valmistamiseksi ergonomisemmin ja kustannustehokkaammin. Valmistusmäärien kasvun takia oli löydettävä ne sopivimmat menetelmät ja välineet, joiden avulla näihin tavoitteisiin päästäisiin.

Yrityksen teknologinen kilpailukyky syntyy erilaisten teknisten ratkaisujen oivaltamisesta ja niiden hyödyntämisestä. Ideaalinen kevyt ja joustava tuotanto perustuu osaamisen ja teknisten menetelmien yhdistämiseen, sekä kaiken turhan tekemisen vähentämiseen.

Työssä keskitytään valmistusmäärällisesti toiseksi suurimman päätykoon valmistuksen tutkimiseen ja sen kehittämiseen. Kustannustehokkuutta parannetaan päädynvalmistuksen virtaviivaistamisella ja keskeneräisen tuotannon vähenemisenä. Kehitystyössä sovelletaan uusia tuotantofilosofioita, joiden avulla pyritään löytämään mahdolliset turhat kustannukset. Työntutkimuksen keinoin selvitetään työvaihekohtaiset valmistusajat ja niistä laaditaan yhteenveto. Yhteenvedossa eri työvaiheiden osuus kokonaistyöajasta kirjataan taulukon muotoon. Työssä tutkitaan mahdollisuutta siirtää työkoneet yhteen toistensa läheisyyteen ja saattaa näin päädynvalmistus solumuotoiseksi. Valmistussolun ergonomiaan perehdytään työssäni. Robotisoinnilla saatetaan saavuttaa kustannussäästöjä, joita myös tarkastellaan työssä.

Saatuja tuloksia verrataan keskenään ja pyritään esittämään sopivin menetelmä päätyjen valmistukseen. Kehitystyön vaatimia hankintoja tarkastellaan eri investointilaskelmin. Laskelmien perusteella tehdään esitys konsernin hankintaosastolle investoinnin perusteista ja sen mahdollisesta toteuttamisesta.

2 YRITYKSEN INVESTOINNIT JA KANNATTAVUUS

Investointi on rahan käyttöä, jonka tarkoituksena on tulon hankkiminen. Investoinnille tyypillisiä piirteitä on sen pääomia sitova luonne, riskit, useiden vuosien aikana kertyvät tulot ja suuri merkitys liiketoiminnan tulevaisuuden kannalta. (Puolamäki & Ruusunen 2009, 23.)

Investoinnit jaetaan tuottavuusinvestointeihin, välttämättömyysinvestointeihin ja strategiisiin investointeihin. Tuottavuusinvestoinnit käsittävät erilaisia prosessiparannuksia, kone- ja laitehankintoja ym. hankkeita, joiden avulla pyritään kustannussäästöihin tai tuottavuuden parantamiseen. Tuottavuusinvestoinnin ainoa toteutuskriteeri on sen taloudellinen tulos. Kohteen tulee antaa vähintään johdon asettama tuotto, jota mitataan sisäisellä korolla ja takaisinmaksuajalla. (Aho 1982, 254.)

Välttämättömyysinvestoinnit ovat luonteeltaan hyvin erilaisia kohteita, joille kaikille on yhteistä se, että niiden laiminlyömisestä aiheutuu yhtiölle tuntuvaa vahinkoa. Hyvä kriteeri välttämättömyyden selvittämiseksi on kysymys: millainen vahinko syntyy, ellei investointia toteuteta. (Aho 1982, 254.)

Strategisiin investointeihin kuuluvat hankkeet, jotka eivät ole välttämättömiä ja joita ei voida perustella tuottavuusnäkökohdilla, mutta jotka muilla perusteilla katsotaan tarpeelliseksi toteuttaa, kuten esimerkiksi laajennukset. (Aho 1982, 254.)

2.1 Investoinnin kannattavuus

Investoinnin ajallinen ulottuvuus on tavallisesti useita vuosia. Tällöin eri ajankohtien suoritukset on saatava keskenään vertailukelpoisiksi koron avulla. Rahan aika-arvon vuoksi tänään saatava euro on arvokkaampi kuin huomenna saatava euro. (Aho 1982, 11.)

Investoinneille on tyypillistä, että yksittäisestä investoinnista saadaan tuloja useana vuotena. Tällöin investointilaskelmissa käytetään useimmiten jaksollisiin maksuihin perustuvia korkokaavoja. Investointilaskelmissa eriaikaisten maksujen luonnollisin vertailuajankohta on nyky- eli laskentahetki. (Aho 1982, 15–19.)

2.2 Investoinnin pitoaika ja jäännösarvo

Investoinnin pitoaikaa kutsutaan myös investointiajanjaksoksi. Investoinnin kannattavuus lasketaan tälle pitoajalle kohdistuvien tapahtumien perusteella. Mitä pidemmästä pitoajasta on kysymys, sitä useammalle vuodelle poistot normaalisti jakautuvat. Pitoajalla tarkoitetaan useimmiten taloudellista pitoaikaa eli miten kauan investointikohdetta on taloudellisesti kannattavaa pitää käynnissä. (Aho 1982, 30.)

Investoinnin jäännösarvolla tarkoitetaan sitä taloudellista arvoa, joka investoinnista saadaan realisoitaessa se pitoajan lopussa. Usein jäännösarvo oletetaan laskelmissa nolaksi. Jäännösarvo ei yleensä vaikuta investoinnin kannattavuuteen. Mitä pidemmästä investointiajankohdasta on kysymys, sitä pienemmäksi muodostuu jäännösarvon kannattavuusvaikutus. (Aho 1982, 30.)

2.3 Investoinnin laskentamenetelmät

Investointilaskelmien avulla selvitetään eri investointivaihtoehtojen edullisuus. Laskentamenetelmät ryhmitellään laskentakorkokannan käyttöön perustuviin menetelmiin ja investoinnin tuotto prosenttimenetelmiin. (Aho 1982, 37.)

2.3.1 Nykyarvomenetelmä

Nykyarvomenetelmässä kaikki investoinnin käyttövuosien tuotot ja kustannukset diskontataan nykyhetkeen valittua laskentakorkoa käyttämällä. Riittää että jokaiselta vuodelta lasketaan mukaan arvioidut nettotuotot. Jos investoinnin kohteella on merkittävä arvo vielä sen käytön lopettamisvaiheessa, myös tämä jäännösarvo, romuarvo on diskontattava nykyhetkeen. Menetelmän mukaan investointi on kannattava, kun nykyarvo on positiivinen. Tällöin investoinnista syntyvien nettotuottojen nykyarvo jäännösarvo mukaan lukien on suurempi kuin investoinnin perushankinnasta koituvat kustannukset. (Haverila 2009, 201–202).

$$an/i = \frac{(1+i)^n}{i(1+i)^n}$$

Kaava 1. Nykyarvotekijän an/i laskukaava (Haverila 2009, 203).

Tämän laskentamenetelmän suurin heikkous on se, että investoinneissa tiedot tulevaisuudesta ovat aina paljolti arvioita ja arviotkin ovat usein lähinnä arvaamista. (Harju 1987, 201.)

2.3.2 Annuiteettimenetelmä

Annuiteettimenetelmässä nykyhankintameno jaetaan pitoaikaa vastaaville vuosille yhtä suuriksi pääomakustannuksiksi, vuosieriksi eli annuiteeteiksi. Vuosierä sisältää sekä poiston että annetun vuosikoron yhteenlaskettuna. Investointiin ryhtyminen on kannattavaa silloin, kun vuotuiset nettotuotot ovat yhtä suuret kuin pääoman hoitamisesta aiheutuvat kustannukset. Mikäli investointiin liittyy jäännösarvo, on sen nykyarvo vähennettävä hankintakustannuksista. (Businessoulu, 9.)

$$i/an = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Kaava 2. Annuiteettitekijän i/an laskukaava (Haverila 2009, 204).

Annuiteettimenetelmä soveltuu esimerkiksi vanhojen koneiden uusimista koskeviin laskelmiin. Tällöin nettotuotoksi voidaan asettaa uusien koneiden aiheuttamat kustannusten säästöt. (Harju ym. 1987, 202.)

2.3.3 Sisäisen korkokannan menetelmä

Sisäisen korkokannan menetelmä osoittaa sen korkokannan, jolla investoinnin nykyarvo on nolla. Tällöin siis investoinneista kertyvien nettotuottojen nykyarvo on yhtä suuri kuin peruskustannukset. Investointia voidaan pitää edullisena, jos sen sisäinen korkokanta on vähintään tavoitteeksi asetetun pääoman tuotto-%:n suuruinen. Investointivaihtoehtoista on edullisin se, jonka sisäinen korkokanta on suurin. (Haverila 2009, 204.)

2.3.4 Yksinkertaistettu sisäisen korkokannan menetelmä

Tuottoaste eli ROI (Return On Investment) saadaan, kun tyypillisen vuoden nettotuotto jaetaan keskimääräisellä investoinnilla. Sisäisen korkokannan menetelmää on mahdollista yksinkertaistaa jättämällä suoritusten eriaikaisuus pois laskelmista. Tämän tilalle voidaan korjaavaksi tekijäksi ottaa investoinnin poistot. Menetelmä on yksinkertainen, mutta se antaa usein riittävän tarkat tulokset. Varsinkin kun lähtöarvot ovat kovin epävarmoja, ei täsmällinen laskenta juuri hyödytä päätöksentekijää enempää kuin likiarvoilla laskeminen. (Haverila 2009, 204–205.)

2.3.5 Herkkyysanalyysi

Herkkyysanalyysissä tutkitaan, kuinka investoinnin kannattavuus muuttuu, jos yhtä tai useampaa tekijää muutetaan. Jokaisen muutoksen jälkeen tutkitaan, mikä vaikutus sillä on investoinnin kannattavuuteen. Tärkeintä on tutkia ja löytää epäedullisimmat arviointivirheet, joiden löytymisen jälkeen voidaan kriittisemmin arvioida investoinnin kannattavuutta. (Haverila 2009, 206.)

Investointiin liittyvää riskiä tarkasteltaessa on erityisen tärkeää selvittää kannattavuuskomponenttien epäedullisten muutosten vaikutus investoinnin kannattavuuteen. Suoritettaessa herkkyysanalyysi jokaisen kannattavuuskomponentin osalta sillä saadaan selville komponentit, joiden arviointivirheiden vaikutus investoinnin kannattavuuteen on kaikkein voimakkain. Samalla herkkyysanalyysi paljastaa vastaavasti ne kannattavuuskomponentit, joiden arviointivirheiden vaikutus investoinnin kannattavuuteen on vähäisempää. (Aho 1982, 164.)

3 SÄILIÖTUOTANTO JA SEN KEHITTÄMINEN

Yrityksen valmistuksen tuottavuus riippuu merkittävästi käytetyistä työmenetelmistä. Tehokkailla menetelmillä on mahdollista valmistaa tuote huomattavasti edullisemmin, laadukkaammin ja nopeammin kuin tehtävään huonosti soveltuvilla työmenetelmillä. Menetelmien suunnittelu on tärkeää, koska yrityksen kokonaistuottavuus rakentuu yksittäisten työtehtävien ja toimintojen tehokkuudesta. (Haverila 2009, 488.)

Työmenetelmien suunnittelu voi koskea yhtä työvaihetta tai laajempaa valmistuskokonaisuutta. Työmenetelmien suunnittelulla saavutetaan parhaat tulokset, kun ne otetaan huomioon tuotteen suunnittelun varhaisessa vaiheessa. Työmenetelmien suunnittelu liittyy läheisesti myös yrityksen tuotantojärjestelmän suunnitteluun. Käytettävät valmistusmenetelmät määrittelevät tarvittavat koneet, laitteet ja työpaikat. (Haverila 2009, 489.)

3.1 Uudet tuotantofilosofiat

Uuden tuotantofilosofian tärkeimmät periaatteet ovat jatkuva kehitys ja voimavarojen hukkakäytön välttäminen. Jatkuva kehitys tarkoittaa, että yrityksen on mahdollista päästä kaiken aikaa entistä parempiin tuloksiin tuottavuuden, laadun, asiakaspalvelun ja tuotantoprosessin suunnittelun alueilla. Parantamisen varaa on aina, ja jokainen uusi idea tai edistysaskel luo uusia kehitysnäkymiä. (Huge & Anderson 1992, 8–9.)

Voimavarojen hukkakäytöksi katsotaan kaikki, mikä ei lisää tuotteen arvoa. Yleensä vain jalostus lisää tuotteen arvoa. Tämän periaatteen mukaan esimerkiksi osien laskeminen, kaikenlaiset tarkastukset, testaukset, varastointi, materiaalin käsittely, raporttien laatiminen ja laatuvirheet ovat voimavarojen hukkakäyttöä. (Huge & Anderson 1992, 9.)

Tavaran kasaantuminen on tuhlauksen pahin muoto, koska se on yleensä merkki tehottomuudesta tai jatkuvista ongelmista. Varastojen muodostuminen saattaa kieliä esimerkiksi laatuvirheistä, koneiden tehottomasta käytöstä, virheellisistä menetelmistä, väärästä informaatiosta tai ostotoiminnan puutteesta. (Huge & Anderson 1992, 9.)

Uuden tuotantofilosofian keskeisiin kilpailutekijöihin kuuluvat myös henkilöstön luovien voimavarojen hyödyntäminen, tehokas laadunvalvonta ja lyhyet asetusajat. (Huge & Anderson 1992, 9.)

3.1.1 JIT-tuotanto

Just-In-Time eli JIT-tuotannolla tarkoitetaan Japanissa syntynyttä, massateollisuusmallista radikaalisti poikkeavaa toimintamallia. JIT-tuotannossa pyritään valmistamaan tuotteita ja osia välittömän tarpeen verran. JIT-tuotannolle on ominaista pienerävalmistus, jossa tuote-eriä valmistetaan toistuvasti pienin väliajoin. Toimintamallin tehokkuus perustuu valmistettavan tuotteen nopeaan läpäisyyn tuotantoprosessissa sekä toiminnan korkeaan laatuun. JIT-tuotannossa materiaalivirrat pyritään pitämään ohuina ja nopeina, turhaa varastonmuodostusta pyritään välttämään viimeiseen asti. (Haverila ym. 2009, 361.)

Yksi keskeisimpiä JIT-tuotannon piirteitä on voimakas panostus toiminnan laadun kehittämiseen. Lyhyet läpäisyajat, pienet välivarastot ja toiminnan lyhyet aikajänteet eivät yksinkertaisesti anna mahdollisuutta virheellisille toiminnoille. Virheiden vaikutukset ovat erittäin suuret tuotannossa, jossa ei ole välivarastoja. Toisaalta JIT-tuotannossa virheet tulevat nopeasti esille, jolloin niiden syyt ovat helposti ja nopeasti selvitettävissä. (Haverila ym. 2009, 361.)

JIT-tuotannon tuottavuus on massatuotantoa parempi toiminnan korkean laatutason, turhien tehtävien poistamisen, tuotantoprosessien jatkuvan parantamisen sekä sitoutuneen pääoman pienuuden johdosta. (Haverila ym. 2009, 362.)

3.1.2 Solutuotanto

Tuotantoyrityksissä koneet on perinteisesti ryhmitelty siten, että kaikki samantyyppiset työvaiheet muodostavat yhden kokonaisuuden. Uusi tuotantoajattelu taas perustuu siihen, että koneet ryhmitellään soluiksi. Tuotantosolussa kaikki samantyyppisten tuotteiden tai osien valmistuksessa tarvittavat koneet ovat lähekkäin ja muodostavat toimivan kokonaisuuden. (Huge & Anderson 1992, 21.)

Solu on pieni itsenäinen valmistusyksikkö. Tuotantojärjestelmän soluilla tavoitellaan tilannetta, jossa määrätty tuotteiston osa valmistetaan yhdessä siihen erikoistuneessa yksikössä yhdellä impulssilla. Yksittäiset työvaiheet siis yhdistyvät yhdeksi vaiheeksi. (Lapinleimu 1997, 85.)

Solun tuotannonohjaus on helppoa, koska se muodostaa yhden kuormituspisteen. Eri valmistusvaiheiden suorittaminen peräkkäin samalla alueella helpottaa laadunvalvontaa. Virheiden löytyminen ja korjaaminen on myös helppoa. (Haverila ym. 2009, 478.)

Vaiheiden yhdistyminen ja limittyminen solussa johtaa läpäisyajan lyhenemiseen ja edelleen keskeneräisen työn pienenemiseen. Lyhyt oman valmistuksen läpäisy aika antaa aina pelivaraa tuotantosuunnitelman laatimiseen ja siten lisää operatiivista joustavuutta. Solujärjestelmä on siis yksi lean-toimintatavan avaintekniikoita - vaikkakin leania vanhempi. Solujärjestelmä on osoittautunut valmistusautomaation soveltamiselle erinomaiseksi lähtökohdaksi, joskus jopa edellytykseksi. Solu on kooltaan äärellinen koneryhmä. Siinä valmistettavilla kappaleilla on ainakin jotain samankaltaisuutta keskenään. (Lapinleimu 1997, 92–95.)

3.1.3 Tuotantoautomaatio

Automaatio ei yksin turvaa yrityksen kilpailukykyä laadun ja tuottavuuden alueella, vaan automaatiolle on aina ensin luotava hyvät toimintaedellytykset tuotantoprosessia kehittämällä. Kokonaisten tuotantojärjestelmien automatisointi yhdellä kertaa saattaa toki onnistua, mutta se vaatii mittavia investointeja ja siihen liittyy monia riskejä. Asteittainen automatisointi on useimmiten parempi vaihtoehto, koska sillä varmistetaan, että järjestelmä toimii moitteettomasti alusta alkaen, ja että investoinnit eivät ole turhia. Halpa hinta ei ole ratkaiseva tekijä, vaan hankintojen tulee perustua koneiden luotettavuuteen. Toiminnan tehokkuutta taas ei pidä arvioida koneiden käyttöasteen vaan investoinnin tuoton perusteella. (Huge & Anderson 1992, 63.)

Tuotantoautomaatio vaikuttaa yrityksen toimintaan ja tuotannon organisointiin monella eri tavalla. Automaatolla toteutettaviin valmistustehtäviin liittyy tavallisesti ihmisten suorittamia tehtäviä ja työvaiheita. Tavallisemmin automaatiolla toteutetaan samanlaisena toistuvia tehtäviä. Ihmisiä tarvitaan työtehtävissä, jotka edellyttävät joustavuutta ja ongelmanratkaisukykyä. Valmistustehtävät, joissa on suuri toistuvuus ja vähän poikkeamia, ovat potentiaalisimpia automatisointikohteita. (Haverila 2009, 493–494.)

Automaation tuottavuus ja laatu riippuu merkittävästi siitä, miten hyvin kappale soveltuu kyseisellä tekniikalla valmistettavaksi. Automaation tehokas ja kannattava käyttö edellyttää tuotteiden konstruktion suunnittelua valitun teknologian asettamilla ehdoilla. (Haverila 2009, 494.)

Automaatiotekniikan hankinta ja käyttöönotto on kallista, mikä kasvattaa merkittävästi yrityksen kiinteitä kustannuksia. Automaatiotekniikan kannattava käyttö edellyttää usein suuria valmistusmääriä tuotteiden yksikkökustannusten alentamiseksi. Automaatioon liittyvät suuret investoinnit kasvattavat myös taloudellisia riskejä. Automaation käyttöönotto edellyttää henkilöstön osaamisen kehittämistä. Osaamista vaaditaan sitä enemmän, mitä monimutkaisempaa käytettävä teknologia on. Osaamisen puute johtaa väistämättä laatu- ja tuottavuusongelmiin. (Haverila 2009, 494.)

Automaation hyödyntämistä perustellaan usein tuottavuusnäkökohdilla. Automaattisilla tuotantolinjoilla ja laiteilla pystytään valmistamaan tuotteita nopeasti ja tehokkaasti. Automaatiolla voidaan osittain korvata työvoimaa ja pienentää näin valmistuksen kustannuksia. Automaatio- ja työvoimakustannusten kehittyminen selittää osittain automaation yleistymistä. Automaatiotekniikka halpenee, kun taas työvoimakustannukset ovat nousussa. Automaattiset koneet ja laitteet vaikuttavat myös tuotteiden laatuun. Tavallisesti virheiden määrä on automaatiojärjestelmässä pienempi kuin vastaavissa ihmisen toteuttamissa valmistusprosesseissa. (Haverila 2009, 496.)

3.1.4 Varastot

Tuote- ja materiaalivarastot ovat välttämättömiä lähes kaikille yrityksille. Varastoja tarvitaan toimituskyvyn turvaamisessa sekä tuotantoprosessin eri vaiheiden kytkennässä. Toimialoilla, joilla esiintyy merkittävää kausivaihtelua, voidaan tasoittaa kausivaihtelun vaikutuksia varastoimalla tuotteita. Varastot ovat merkittävä kustannustekijä yritykselle. Varastoihin sitoutuu merkittävästi pääomaa, varastointi ja materiaalin käsittely aiheuttavat kustannuksia. (Haverila ym. 2009, 445.)

Puskurivarastoja tarvitaan toimituskyvyn varmistamiseen. Monesti yrityksen tuotantoprosessin läpäisy aika on pidempi kuin asiakkaan toimitusaikavaatimukset. Tällöin yrityksen on käytettävä puskurivarastoja toimituskyvyn ja palvelutason ylläpidossa. Puskurivarastoja käytetään myös satunnaisten menekin vaihtelujen tasoittamiseen. Tuotannon läpäisyajan lyhentäminen ja prosessin joustavuuden kasvattaminen vähentävät osaltaan varastoinnin tarvetta. (Haverila ym. 2009, 446.)

Välivarastoja tarvitaan eri työvaiheiden kytkemiseen toisiinsa. Eri vaiheilla on eri nopeus, jolloin keskeneräisiä tuotteita pitää varastoida vaiheiden välillä. Usein tuotteita siirretään työpisteiden välillä, jolloin siirtoerät kasvattavat varastoja. Välivarastot ovat sitä suuremmat, mitä enemmän valmistuksessa on erillisiä vaiheita. Varastoihin vaikuttavat myös työvaiheiden välimatka samoin kuin tuotetyyppien määrä. Välivarastot hidastavat merkittävästi valmistuksen läpäisyäikää, sitovat pääomaa sekä kasvattavat laatuvirheiden määrää. (Haverila ym. 2009, 446–447.)

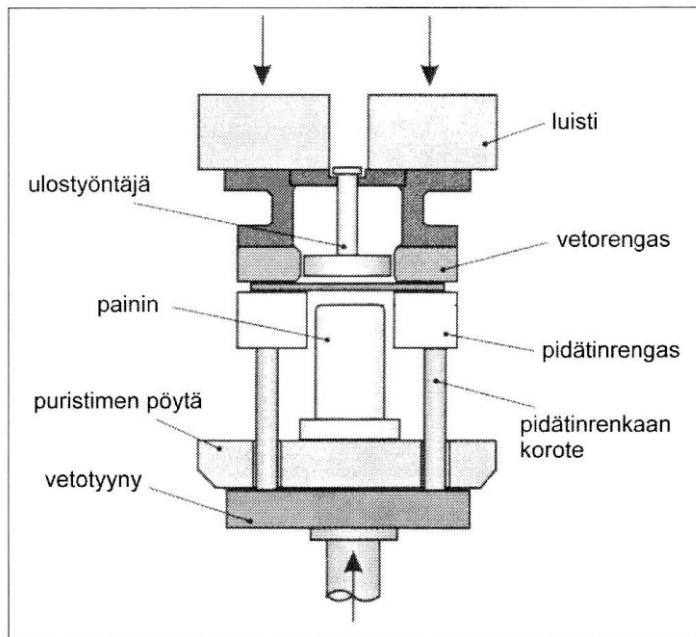
Pitkät asetusajat tai suuret asetuskustannukset johtavat suuriin valmistuseräkokoihin. Suuri valmistuserä muodostaa vaiheen jälkeen suuren välivaraston. Eräkoon kasvattaminen yhdessä vaiheessa johtaa helposti eräkokojen kasvuun koko tuotantoprosessissa, mikä pidentää läpäisyäikää ja kasvattaa keskeneräisen tuotannon määrää. Varastoja voidaan vähentää lyhentämällä asetusajoja, jolloin tuotannon eräkokoja voidaan pienentää kustannustehokkuuden kärsimättä. (Haverila ym. 2009, 447.)

Toiminnan ja valmistuksen laatuvirheet peitetään helposti ylimääräisillä varastoilla. Virheen sattuessa voidaan turvautua varastoihin, jolloin välttyään laajemmilta tuotantohäiriöiltä tai toimituskykyongelmilta. Toiminnan laatuongelmien hoitaminen ylimääräisillä varastoilla estää toiminnan kehittämisen. Ongelmat ja niiden syyt jäävät peittoon, jolloin niihin ei osata tarttua. (Haverila ym. 2009, 447.)

3.2 Syvävetoteknologia

Syvävetämisellä ymmärretään levyn muovausta kupiksi vetopainimen ja vetorenkaan välissä pyrkimättä muuttamaan levynpaksuutta. (Aunio 1989, 236.)

Syvävedossa aihiota muovataan puristimeen asennetun syvävetotyökalun avulla. Syväveto on nopea valmistusmenetelmä, minkä vuoksi se sopiikin suurille valmistusmäärille. Syvävetotyökalun osia ovat vetorengas, pidätinrenkas ja vetopainin. Muovaavan voiman tuottaa yksitoimisen puristimen yläpuolen luisti. Levynpidätyksen vastavoiman tuottaa vetotyyny. Menetelmä on esitetty kuvassa 1.



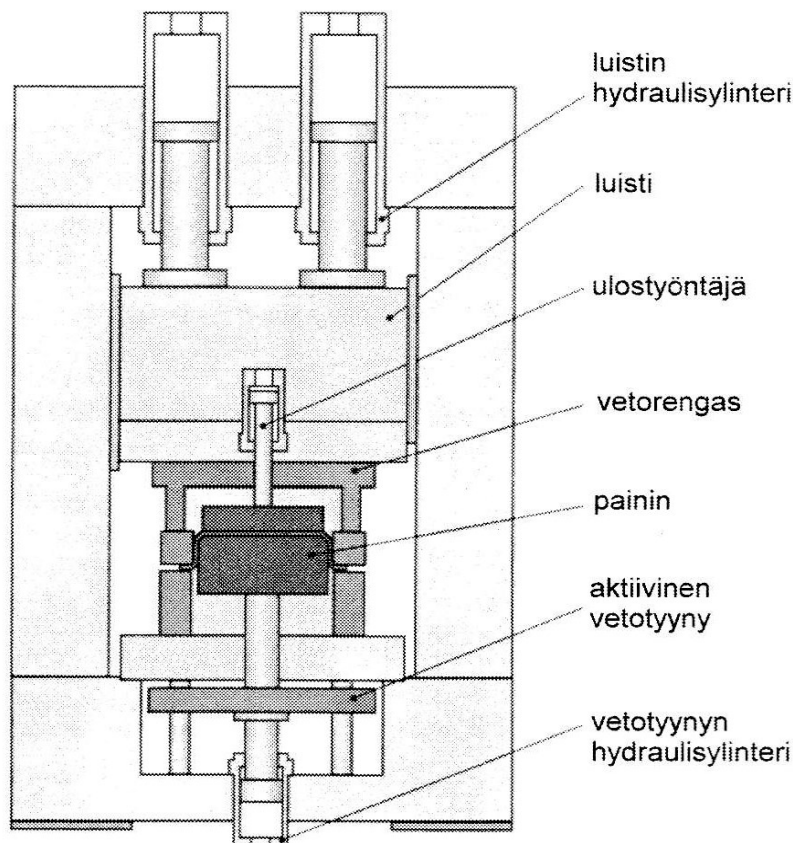
Kuva 1. Syväveto yksitoimisella puristimella ja vetotyynyllä. (Mäki-Mantila 2001, 22.)

Aihio asetetaan pidätinrenkaan ja vetorenkaan väliin, työkalu puristetaan kiinni ja vetopainin muovaa levyaihion muotoonsa. Muovattava aihiomateriaali virtaa muovauksen aikana vetorenkaan pyörityksen yli aihion laipasta kupin alueelle. Pidätin- ja vetorenkaan välissä vaikuttava puristuspaine estää kappaleen laipan rypyttymisen, kun materiaali joutuu muovautumisen vuoksi tyssäntymään laipan alueella. (Mäki-Mantila 2001, 22.)

Puristimen luisti painaa vetorenkaan pidätinrengasta vasten ja saa aikaan levynpidätysvoiman, jota ohjataan vetotyynyn avulla. Vetotyyny antaa periksi luistin voimalle ja pidätinrenkas painuu alaspäin, jolloin pidätinrenkaan keskellä oleva painin tulee esiin ja suorittaa muovauksen. Painin pysyy paikoillaan muovauksen ajan, ja muovauksen suorittaa veto- ja pidätinrenkaan liike alaspäin. Muovauksen jälkeen kuppi on suuaukko alaspäin. (Mäki-Mantila 2001, 23.)

3.2.1 Hydraulinen syvävetopuristin

Hydraulisissa puristimissa (kuva 2) työliike aikaansaadaan yhden tai useamman hydraulisylinteri avulla. Työliikkeen voimaa ja nopeutta voidaan ohjata. Vetotyynyn (kuva 2) tehtävänä on toimia levynpidättimenä syvävedossa. Sitä käytetään mekaanisissa ja hydraulisissa yksitoimisissa puristimissa. Vetotyynyt ovat joko hydraulii- tai paineilmakäyttöisiä, ja ne voivat olla numeerisesti ohjattuja. Hydraulisilla vetotyynyillä saadaan suurempi pidätysvoima kuin paineilmakäyttöisillä.



Kuva 2. Hydraulinen puristin. (Mäki-Mantila 2001, 39.)

Vetotyynyn pidätysvoima alkaa vaikuttaa, kun puristimen luisti, laskeutuu alaspäin ja työkalun veto- ja pidätinrenkaat tapaavat toisensa. Kun syväveto on suoritettu ja puristimen luisti palaa ylöspäin, vetotyyny seuraa luistia ohjatusti erillisen nostosylinterin nostamana tietyn viiveajan jälkeen. Vetotyynyn etuna on, että pidätysvoimaa voidaan säätää erikseen muovausvaiheesta ja -ajasta riippumatta. Muovaus vetotyynyllä varustetulla yksitoimisella puristimella vaatii enemmän voimaa kuin sama muovaus kaksitoimisella puristimella. Tämä johtuu siitä, että vetotyynyn ja luistin voimat vaikuttavat toisiaan vastaan, kun taas kaksitoimisessa puristimessa veto- ja pidätysvoima vaikuttavat molemmat ylhäältä käsin. (Mäki-Mantila 2001, 39.)

3.2.2 Aihionvoitelu

Levynmuokkauksessa pyritään yleensä mahdollisimman alhaiseen kitkaan. Keinoja tähän ovat aihion ja työkalujen voitelu, eri työkalumateriaalit tai pinnoitteet ja muovin käyttö levyn pinnassa. Myös muovattavan levyn pinnankarheudella ja pintarakenteella on vaikutusta voiteluaineen toimintaan. (Mäki-Mantila 2001, 30.)

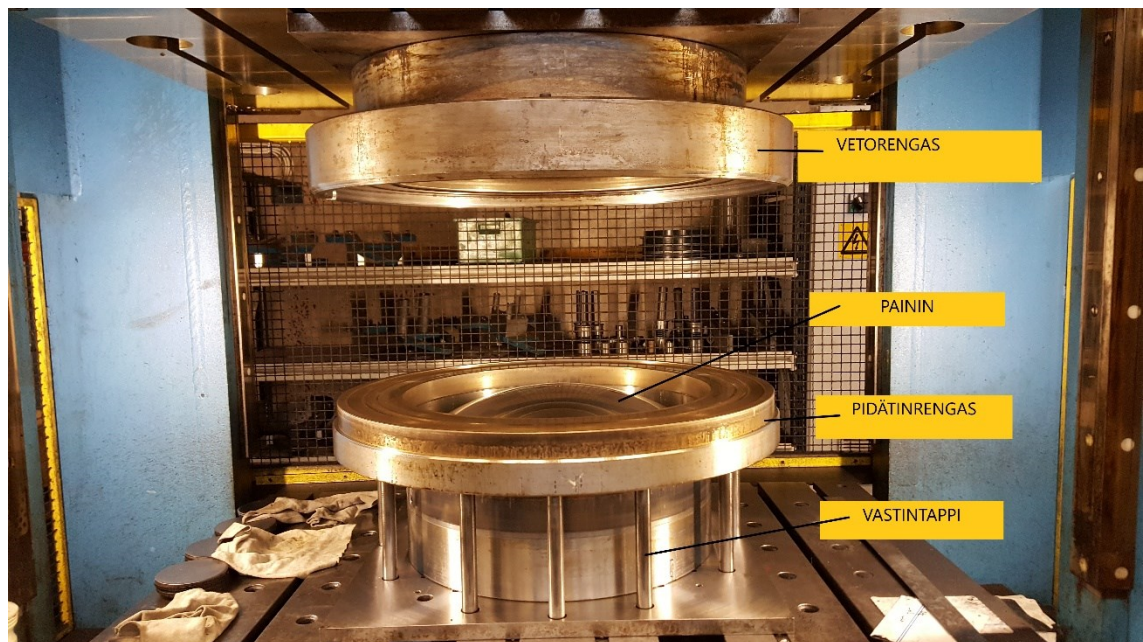
Ohutlevyn muovauksen onnistumisen kannalta voitelu on kriittinen tekijä. Voiteluaineet voivat olla pelkkiä öljyjä tai vesiliukoisia öljyjä, jotka muodostavat veden kanssa emulsion. Muut voiteluainetyypit ovat saippuoita, vahoja tai steariineja. Voiteluaineen tulee säilyttää voiteleva kalvo muovaustapahtuman aiheuttaman pintapaineen alaisena. Voiteluaineiden tulee olla kappaleesta helposti poistettavissa ja niiden tulee olla myrkyttömiä ja ympäristöystävällisiä. (Mäki-Mantila 2001, 30.)

Hyvin helppoihin muovauksiin saattavat haihtuvat voiteluaineet tarjota riittävän voitelukyvyyn. Tällöin kappaleita ei tarvitse puhdistaa muovauksen jälkeen. Hankalimmissa muovauksissa kyseeseen tulee vesipohjainen voiteluaine-emulsio. Voiteluainetta eli emulgoituvaa öljyä on emulsiossa yleensä 1...10 prosenttia. Veden haihtumisen jälkeen kappale on kohtalaisen puhdas, ja joissakin tapauksissa puhdistusta ei tarvita lainkaan. Vaikeissa syvävedoissa käytettävä voiteluaine on usein öljypohjainen. (Mäki-Mantila 2001, 31.)

Voiteluaineen levitys syvävedossa voidaan toteuttaa monin tavoin. Aihiota voidaan voidella telalevityslaitteella tai ruiskuttamalla voiteluainetta rainalle. Voiteluaineen levityksessä tärkeitä ominaisuuksia ovat voiteluaineen määrän säädettävyys ja levityksen taseisuus. Hyvä voitelu vähentää työkalun kulumista ja huoltotarvetta sekä pienentää öljynkulutusta. (Mäki-Mantila 2001, 31.)

3.2.3 Syvävetotyökalun materiaali

Alumiinipronssia käytetään työkalumateriaalina ruostumattoman teräksen muovauksessa pienen kitkakertoimen, tahmaamattomuuden ja hiottavuuden vuoksi. Alumiinipronssi ei helposti naarmuta kappaletta ja ruostumattoman teräksen vetorenkaissa se on osoittautunut hyväksi. Työkalun liukkaus parantaa muovattavuutta, koska materiaalin virtaus muovausalueelle helpottuu.



Kuva 3. Syvävetotyökalu.

Työkalun ja materiaalin välinen alentunut kitka mahdollistaa myös voiteluaineiden käytön vähentämisen tai helpoissa muovauksissa niistä luopumisen. Voiteluaineiden käytön vähentäminen säästää kustannuksia, pienentää puhdistustyön määrää ennen maalausta

ja lisää ympäristöystävällisyyttä. Liiallinen voiteluaineen käytön vähentäminen tai epäkelvon voiteluaineen käyttäminen johtaa muovauksien epäonnistumisiin ja työkalun ennenaikaiseen kulumiseen sekä automaattisilla puristinlinjoilla toimintahäiriöihin. (Mäki-Mantila 2001, 32.)

3.3 Syvävetopäädyn jatkokäsittely

3.3.1 Vaotus

Vaotus on menetelmä, jossa pyörivän rullaparin avulla aihioon muovataan uria. Rullat ovat levyn eri puolilla ja toimivat painimena ja vastimena. Aihio voi olla pyöreä, kulmikas tai levymainen. Uritus on usein tehty asennusta varten tai jäykistämään rakennetta. Vaotus tunnetaan myös nimellä sikkaus. Pyöreille ja monikulmaisille kappaleille voidaan tehdä vaotuksia tähän tarkoitukseen suunnitelluilla automaattikoneilla. Automaattisessa vaotuskoneessa leikkaustoiminto oikealla ja muovaustoiminto vasemmalla (kuva 4).



Kuva 4. Automaattinen vaotuskone. (Lucas.eu.)

Kappaletta pyöritetään koneessa vaakatasossa ja hydraulisynterikäyttöiset muovausrullat muovaavat kappaleeseen uria tai taivutuksia tai suorittavat rajauksen. Kappaletta pyörittävä kara on usein laajeneva, jolloin kappale kiinnittyy karaan. Karaan on tehty vastamuodot urituksia varten. Työvaiheena menetelmä sijoittuu usein syvävedon tai painosorvauksen jälkeen. Menetelmällä voidaan esimerkiksi tehdä jäykistys- ja kohdistusuria, liittää pohja ja kansi runko-osaan, kiinnittää tiivisteitä tai rajata syvävedon jälkeinen epäsuora kupin reuna. (Mäki-Mantila 2001, 53–54.)

3.3.2 Meisto

Meisto on työmenetelmä, jossa leikataan aineesta irti kappale tai aihio. Tehtäessä reikä käytetään nimeä lävistys. Leikkaimen pääosat ovat pistin ja tyyny. Pistin on valmistettavan kappaleen tai reiän muotoinen ja tyynyssä on vastaava reikä. Työkalun toiminnan ja leikatun reiän laadun takia on pistimen ja tyynyn leikkaavien reunojen etäisyys eli leikkausväli oltava oikea. Tyynyn reiän mitat määräävät leikattavan kappaleen ja pistimen mitat lävistettävän reiän suuruuden. Leikattava aine asetetaan tyynyn päälle. Pistin tekee työiskun sen läpi edeten kuitenkin korkeintaan tyynyn pintaan saakka. Irrottaminen on aihion leikkaamista irti leikattavasta aineesta. (Aaltonen 1997, 92.)

4 SÄILIÖVALMISTUKSEN NYKYTILA JA SEN KEHITTÄMINEN

Päätyjä on valmistettu syvävetämällä Kaukora Oy:ssä vuodesta 1990, jolloin syvävetokone hankittiin yritykseen. Kehittämisen tutkimisessa keskityin kahteen asiaan: olemassa olevien menetelmien kehittämiseen ja automaation lisäämiseen valmistuksessa.

4.1 Päädynvalmistuksen nykytilanne

Tällä hetkellä osa päädynvalmistukseen käytettävistä koneista ovat hyvin etäällä toisistaan. Syvävetokone ja lävistysyksiköt ovat lähellä toisiaan, kun taas syvävetopäädyn rajaus ja kaulustuskoneet ovat naapurihallissa. Koneiden nykyinen sijoittelu aiheuttaa ylimääräistä kuljetusta.

Kaulustuskoneella kyetään tekemään ainoastaan yhtä vaihetta kerralla, jonka jälkeen päädyt on pinottava häkkeihin ja kuljetettava varastoon odottamaan toista vaihetta. Toista vaihetta varten samaiset häkit on kuljetettava takaisin samalle koneelle. Päädyt on poimittava häkeistä toista vaihetta varten ja sen jälkeen valmiit päädyt on pinottava takaisin häkkeihin. Poiminta ja pinoaminen häkkeihin vaatii runsaasti toistuvia kumartumisia, ja on fyysisesti raskasta.

Nykyisen kuljettamisen kustannukset muodostavat 8 % koko päädynvalmistuksen kustannuksista. Soluvalmistukseen siirtyminen vähentäisi huomattavasti kuljettamisen tarvetta ja alentaisi valmistuskustannuksia.

Nykytilannetta tarkasteltaessa (taulukko 1) kuljetusten osuus vuosikustannuksista on 8 %. Kyseiset kustannukset eivät lisää tuotteen jalostusarvoa, eikä asiakas halua maksaa niistä yhtään ylimääräistä. Vaikka käsityön osuus automaattikoneilla on merkittävä, koneajan osuus siitä on 76–90 %. Kaulustuksen toisessa vaiheessa apuajan osuus on muita huomattavasti suurempi. Tämä johtuu siitä, että kaulusrenkaat pinotaan 25 kappaleen pinoihin oikein päin ja samalla tarkastetaan, että kaikissa rei'issä on kierteet.

Taulukko 1. Päädynvalmistuksen nykyiset työkustannukset

Työvaihe		aika/sek.	ker- rat/vuosi	%	Vuosikustannus %
Päätyveto		33,9	20000	88,1 %	20 %
Työkalun vaihto/poisto		14400	5	9,4 %	
Apuaika	Aihiopinon vaihto	300	67	2,6 %	
Lävistys		33,9	10000	90,0 %	10 %
Apuaika	Häkin vaihto	300	125	10,0 %	
Rajaus		41,2	10000	84,9 %	25 %
Työkalun vaihto/poisto		14400	5	7,4 %	
Apuaika	Häkin vaihto	300	250	7,7 %	
Kaulustus 1-v		33,2		94,5 %	18 %
Työkalun vaihto/poisto		260	5	0,2 %	
Apuaika	Häkin vaihto	300	125	5,3 %	
Kaulustus 2-v		44,4		76,1 %	30 %
Työkalun vaihto/poisto		260	5	0,1 %	
Apuaika	Häkin vaihto	300	125	3,2 %	
	renkaan panostus	300	800	20,6 %	
Kuljetukset					8 %
	Vetoon	300	67	6,8 %	
	Vedosta	300	250	25,4 %	
	rajaukseen	200	250	16,9 %	
	rajauksesta	200	250	16,9 %	
	kaul.1-v	200	125	8,5 %	
	kaul.1-v sta	200	125	8,5 %	
	kaul.2-v	200	125	8,5 %	
	kaul.2-v sta	200	125	8,5 %	

4.2 Nykyisten menetelmien kehittäminen automaatioita lisäämättä

Päädyn syvävetämisessä nykyinen vetokone toimii hyvin. Koneen ohjausjärjestelmä uusittiin vuonna 2011 Windows-pohjaiseksi ja on päivitettävissä. Samoin koneen hydraulikka, venttiilit ja turvalaitteet uusittiin.

Vetokoneiden asentamisen jälkeen on yrityksen tuotantotiloja laajennettu, jolloin koneet ovat jääneet epäedulliseen paikkaan. Vetokoneen siirtäminen ja uusien perustusten tekeminen on kallista. Edullisemmaksi tulee siirtää muut kevyemmät koneet vetokoneen läheisyyteen.

Päätyvetotyökalu on vuodelta 1990 ja toimii määrävälein suoritettujen korjaussorvausten ansiosta erinomaisesti. Uusi pylväsohjattu vetotyökalu mahdollistaisi aihion keskittämisen työkalussa tappeja vasten nykyisen urakeskityksen sijaan, ja helpottaisi käsin tapahtuvaa aihion panostusta etenkin käyristyneillä aihioilla.

Päädyn yhdereikien lävistyspuristimet koostuvat vakiokomponenteista ja huollettuina toimivat pitkään. Yksi uusi kaulustuspuristin mahdollistaisi päädyn kaulustamisen valmiiksi perättäisin puristuksin. Olemassa olevaa hydraulikoneikkoa voidaan käyttää myös uuden puristimen voimanlähteenä. Nykyisellä puristimella voidaan tehdä vain yhtä vaihetta kerralla ja päädyt on kuljetettava varastoon odottamaan toista vaihetta. Uusi puristin vähentäisivät kuljettamisia ja työkaluvaihtoja.

Vaotuskoneen siirto lähemmäs vetokonetta ja lävistyspuristimia vähentäisi kuljetusmatkaa merkittävästi. Näin toistensa läheisyyteen asennetuista koneista muodostuu tiivis ryhmä, päädynvalmistussolu.

Päädynvalmistussolussa koneita panostettaisiin ja purettaisiin käsin. Aihiot siirtyisivät koneelta toiselle rullaratoja pitkin. Vetokoneen tahtiaika määrää koko valmistussolun tahtiajan. Vedon jälkeiset työvaiheet on tasoitettava.

Ergonomia paranee merkittävästi, kun eri työvaiheiden jälkeen ei kumarruta poimimaan tai lastaamaan aihioita varastohäkkeihin.

Soluvalmistuksessa (taulukko 2) kuljetusten osuus vuosikustannuksista on saatu puristettua kahteen prosenttiin. Soluun ainoastaan tuodaan päätyaihioita ja valmiit säiliön päädyt kuljetetaan varastoon. Rullaratojen ansiosta apuajat poistuvat lävistysvaiheesta, rajausvaiheesta ja kaulustuksen ensimmäisestä vaiheesta.

Taulukko 2. Päädynvalmistuksen työkustannukset solutuotannossa.

Työvaihe		aika/sek.	ker- rat/vuosi	%	Vuosikustannus %
Päätyveto		33,9	20000	88,1 %	22 %
Työkalun vaihto/poisto		14400	5	9,4 %	
Apuaika	<u>Aihiopinon vaihto</u>	300	67	2,6 %	
Lävistys		33,9	10000	100,0 %	10 %
Apuaika					
	<u>Häkin vaihto</u>	300	0	0,0 %	
Rajaus		41,2	10000	100,0 %	24 %
Työkalun vaihto/poisto		14400	0	0,0 %	
Apuaika	<u>Häkin vaihto</u>	300	0	0,0 %	
Kaulustus 1-v		33,2		100,0 %	19 %
Työkalun vaihto/poisto		260	0	0,0 %	
Apuaika	<u>Häkin vaihto</u>	300	0	0,0 %	
Kaulustus 2-v		44,4		76,2 %	33 %
Työkalun vaihto/poisto		260	0	0,0 %	
Apuaika	Häkin vaihto	300	125	3,2 %	
	<u>renkaan panostus</u>	300	800	20,6 %	
Kuljetukset					2 %
	Vetoon	300	67	24,2 %	
	Vedosta	300	125	45,5 %	
	kaul.2-v sta	200	125	30,3 %	

Soluvalmistuksen tapaan syvävetokoneelle panostettu aihio poistuu solusta valmiina päätynä viimeisen työvaiheen jälkeen ilman välivarastointia. Solussa työvaiheita suoritetaan samanaikaisesti, mikä lyhentää kokonaisläpimenoaika. Jotta läpimeno olisi joutavaa, pitää työt tasapainottaa sopivan tahtiajan saavuttamiseksi.

4.3 Päädynvalmistuksen robotointi

Soluvalmistukseen siirtyminen on edellytys automaation lisäämiselle. Toisiaan lähellä olevien koneiden panostukset ja purkamiset on mahdollista näin saada robotin suorittamiksi.

Syvävetokoneen panostukseen ja purkamiseen on yrityksessä olemassa kaksi robottia. Yksi roboteista on vetokoneen etupuolella palvelemassa vedon valmistelua. Aihio on poimittava pinosta ja keskitettävä tarttujaan. Tämän jälkeen aihioon merkataan sulatusnumero ja päivämäärä, jonka jälkeen se on valmis voitelun kautta vetokoneeseen. Toinen roboteista on vetokoneen takana siirtämässä vedettyä päätyä rajauskoneelle, lävis-tyskoneelle, kaulustuskoneelle ja työkierron päätteeksi asettamaan valmiin päädyn hakiin.

Valmistuksen ergonomia ja työturvallisuus paranisivat robotoinnin myötä, kun siirrot tehdään haarukkavaunulla ja koko solu on ympäröity suoja-aidoin ja valokennoin.

Robottisolun on huomattavasti herkempi häiriöille kuin pelkkä soluvalmistus. Robottisolussa häiriö yhdessä työkoneessa pysäyttää koko solun.

Toimiakseen tehokkaasti robottisolun vaatii osaavan operaattorin, jonka kouluttaminen ja monipuolisten taitojen ylläpitäminen vaatii uusien asioiden oppimista ja elinikäistä koulutautumista. Työntekijän sitouttaminen yritykseen on erityisen tärkeää.

Robottisolussa (taulukko 3) työkustannukset alenevat 75,9 % nykyisistä. Näin merkittävä alenema saadaan aikaan kahden robotin solussa, jossa työvaiheita tehdään koko ajan samanaikaisesti eikä peräkkäin.

Taulukko 3. Päädynvalmistuksen työkustannukset robottisolulla.

Työvaihe	aika/sek.	ker- rat/vuosi	Vuosikustannus %
Robotin panostus	900	66,67	7 %
Robotin purku	900	400,00	43 %
Kaulusrenkaan panostus	300	200,00	7 %
Vetotyökalun vaihto 2 henk.	21600	5	13 %
Solun huolto	10800	5	6 %
Leikkuujätteen poisto	900	66,67	7 %
Kuljetus aihiovarastosta	300	66,67	2 %
Kuljetus varastoon	300	400,00	14 %

Robottioperaattorin työaika koostuu panostuksesta, purkamisesta, työkalun vaihdosta ja robottisolun huollosta. Robottisolussa valmiiden häkkien purku vie lähes puolet operaattorin vuosittaisesta työajasta. Mikäli purkuasemien määrä kaksinkertaistettaisiin, syntyisi lisää säästöjä työajan ja purkukertojen vähenemisenä.

5 TULOKSET

Käsin tehtyjen työvaiheiden ajat mitattiin. Mittaustuloksista laskettiin keskiarvo, johon lisättiin elpymisajaksi 15 %. Näin saatuja vaiheajoja voidaan pitää melko luotettavina. Yrityksessä erinomaisena investointien takaisinmaksuaikana pidetään kolmea vuotta. Laskentakorkona käytetään 12 % ja poistot tehdään viidessä vuodessa.

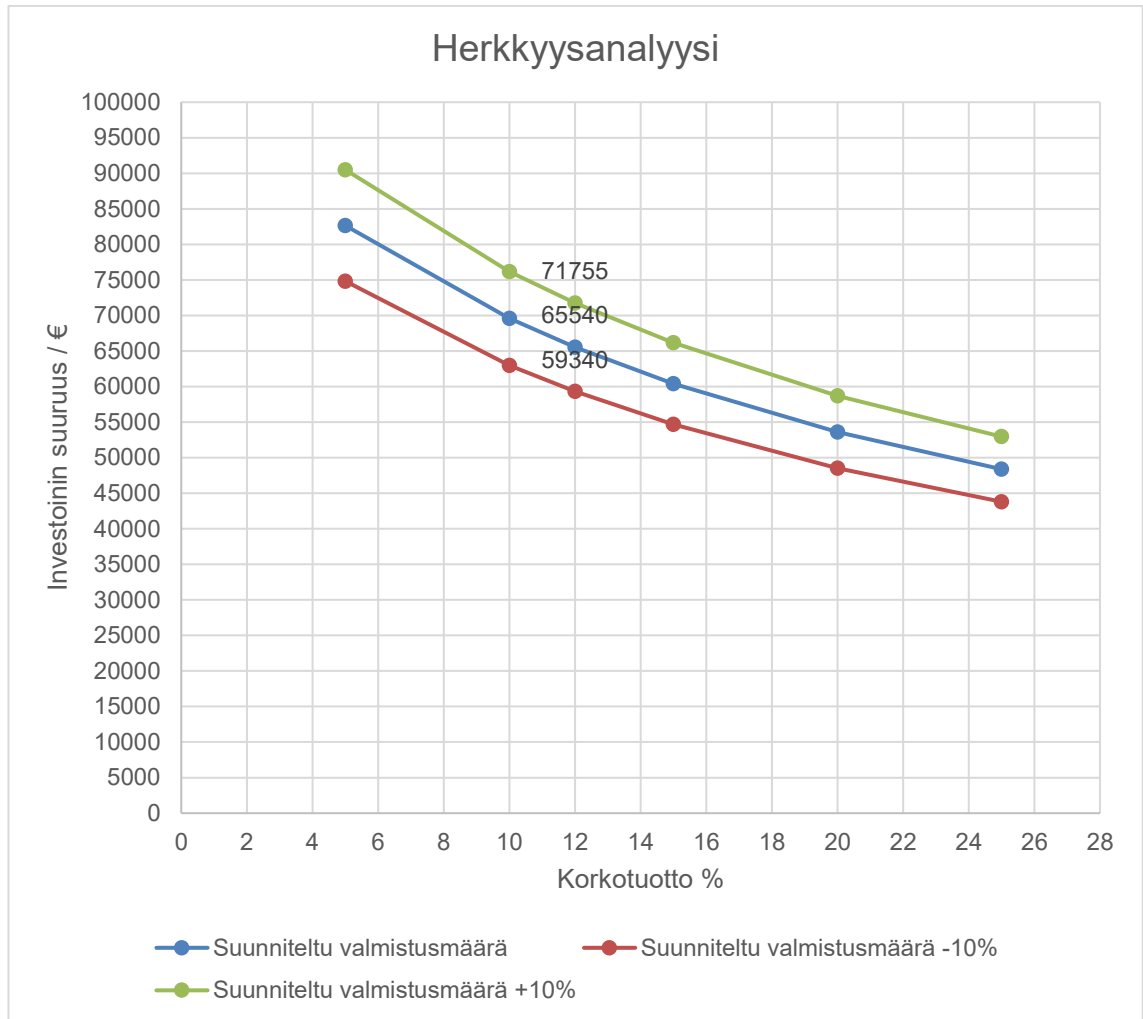
Solutuotannossa vuosittaiset työkustannukset alenivat 10,2 %. Säästö syntyi pelkästään koneiden siirrosta toistensa lähettyville. Turhan kuljettamisen poisto nipisti kymmenyksen vuosittaisesta työkustannuksesta. Takaisinmaksuajan menetelmällä laskettuna 8325 euron investointi on kannattava. Menetelmä ei ota huomioon tavoiteltua korkotuottoa eikä poistoja. Sisäisen korkokannan menetelmän mukaan saavutetaan 86,75 euron kuukausisäästöt, joiden perusteella 8670 euron investointi antaa korkotuoton 12 %.

Robotoidussa solutuotannossa työkustannukset alenivat 75,9 %. Robottituotannossa kuljetukset ovat minimissään. Robottioperaattorin työaika koostuu panostuksesta, purkamisesta, työkalun vaihdosta ja robottisolun huollosta. Takaisinmaksuajan menetelmällä laskettuna 61719 euron investointi on kannattava. Menetelmä ei ota huomioon tavoiteltua korkotuottoa eikä poistoja. Sisäisen korkokannan menetelmän mukaan saavutetaan 622,75 euron kuukausisäästöt, joiden perusteella 65500 euron investointi antaa korkotuoton 12 %.

5.1 Investoinnin epävarmuus

Investointilaskelmat perustuvat usein epävarmoihin laskentatietoihin. Herkkyysanalyysillä tutkitaan, miten investoinnin kannattavuus muuttuu yhden tai useamman lähtötiedon muuttuessa epäedullisemmaksi.

Kuviossa 1 on tarkasteltu kokonaisinvestoinnin määrää korkotuottoon verrattuna. Suunnitellusta kappalemäärästä on analysoitu 10 %:n muutokset edullisempaan ja epäedullisempaan suuntaan. Mikäli valmistusmäärä vähenisi 10 % alentuisi kannattavan investoinnin yläraja runsaalla 6000 eurolla.



Kuvio 1. Herkkyyssanalyysi. Kannattavan investoinnin suuruus korkotuoton funktiona.

Vuosittaisista kappalemääristä kertynyt säästö määrää investoinnin ylärajan. Yrityksessä erinomaisen investoinnin kriteerit pysyvät muuttumattomina ja ainoastaan epävarmuutta tulee valmistettavista kappalemääristä.

Soluvalmistukseen siirtymisessä investoinnin kokonaisarvo on alle 10000 euroa. Yrityksen koon huomioiden herkkyyssanalyysillä ei saavuteta merkittävää hyötyä. Pääasia on, että investointi kattaa mahdollisen toisen kaulustuspuristimen hankinnan.

6 YHTEENVETO JA POHDINTA

Tarkastelussa onnistuttiin hyvin esittämään ne nykyisen valmistuksen kustannuksia lisäävät ongelmat. Tutkimuksen taustakirjallisuudessa esiintyneet tuotannon ”hukat” selvitettiin, ja kyettiin esittämään numeroina. Vaikka automaatioita ei lisättäisikään, luo jo pelkkä solutuotantoon siirtyminen selviä säästöjä.

Tutkimuksessa selvitettiin ainoastaan työkustannusten muuttumista tuotantosolussa ja robotoidussa solussa. Tarkastelussa ei puututtu koneaikojen kautta konetuntihintoihin, koska nyky menetelmin ja solutuotannon keinoin valmistaen samat koneet tekivät töitä. Robottivalmistuksessa konetuntihinnat jätettiin huomiotta, koska robottioperaattori valvoo myös taivutusautomaattia.

Syntyneiden parannusehdotusten tuomat kustannussäästöt esitettiin sekä solutuotantoon että robotointiin siirryttäessä. Kirjallisuudessa ilmi tulleet seikat uusien tuotantofilosofioiden hyödyistä osoittautuivat todeksi myös käytännössä.

Kustannustehokkuuden pohjana on toimintojen taloudellisuus ja tuottavuus. Tutkimuksessa valmistusmenetelmien kehittäminen toi merkittävää säästöä, mutta suurin säästö tuli kuljetusten vähentämisestä. Ongelmana on osanvalmistusosaston logistiikka. Kustannustehokkuutta parannettaessa, on hyvä pitää mielessä ne kustannukset, mistä asiakkaat eivät halua maksaa mitään. Turhien kuljetusten karsiminen on hyvää kustannussäästöä, sillä on hölmöä kehittää sellaista, mitä ei tarvitse tehdä ollenkaan.

Ergonomian parantuminen tuli kuin bonuksena solutuotantoon siirryttäessä. Rullarataratkaisujen avulla työvaiheita kyetään suorittamaan selkä suorana ilman turhia kumartumisia. Ergonomiaan kuuluu myös työturvallisuus, joka paranee kuljettamisen vähentämisenä tuotantotiloissa.

Valmistavassa teollisuudessa robotointi voi olla merkittävä tekijä tuotannon kustannustehokkuuden parantamisessa. Siirryttäessä funktionaalisesta tuotannosta solutuotantoon, on seuraava luontainen askel samaisen solun robotointi. Robottituotannossa kuljetukset ovat minimissään. Robottioperaattorin työaika koostuu panostuksesta, purkamisesta, työkalun vaihdosta ja robottisolun huollosta.

Perinteisesti soluvalmistusta on sovellettu lastuavassa tuotannossa keräämällä useita lastuavia työstökoneita yhteen ja asettamalla robotti palvelemaan koneita. Parannusehdotuksessa robottisolussa on mukana useita valmistusteknologioita: syvävetämistä, leikkaamista, vaotusta, ja puristamista. Teknologioista hitsaaminen on vielä mahdollista lisätä päädynvalmistuksessa robotoituun soluun. Tämä vaatii kuitenkin niin paljon lisää tutkimista, että se rajattiin työn ulkopuolelle.

Kansantaloudellisesti yritysten investoinneilla on suuri merkitys. Investoinnit ovat oiva keino säilyttää työpaikat kotimaassa ja luoda jopa uusia. Kehitystyöhön suunnatut investoinnit parantavat työn tuottavuutta ja pyrkivät pienentämään työstä aiheutuvia kustannuksia. Investoidessaan uusiin tuotantomenetelmiin yritys tavoittelee kilpailuetua muihin saman alan yrityksiin verrattuna.

Valmistusmenetelmien kehittäminen lähtee liikkeelle jostain havaitusta puutteesta. Ongelma on ensin tiedostettava, jotta siihen kyettäisiin puuttua. Työtavat ovat mahdollisesti aikojen kuluessa vakiintuneet, eikä niiden muuttamiseksi ole nähty perusteita. Nyt yrityksen kilpailutilanne asettaa haasteita työn suorittamiseen myös kokonaistaloudellisesti. Investoinnit työn fyysisen rasittavuuden vähentämiseksi parantavat työssä jaksamista. Raskaiden, vaarallisten ja toistuvien monotonisten töiden siirtäminen ihmisiltä koneiden tehtäväksi parantaa työpaikan ergonomiaa ja vähentää sairaspöissaoloja.

LÄHTEET

- Aaltonen, K., Andersson, P. Kaupinen, V. 1997. 1.painos. Levytyö- ja työvälinetekniikat. Porvoo: WSOY
- Aho, T. 1982. Investointilaskelmat. Ekonomia-sarja. Vaasa: Vaasa Oy
- Aunio, M. Kettunen, E. Kääriä, H. Niinimäki, M. Riski, P. 1989. Työvälinesuunnittelu. Helsinki: Valtion painatuskeskus
- BusinessOulu.www.yritystulkki.fi/fi/alue/oulu/toimiva-yrittaja/investoinninkannattavuuslaskenta-ohjelma 17.2.2021
- Harju, A. ym.1987. Teollisuustalous. Helsinki: Valtion Painatuskeskus
- Haverila, M. Uusi-Rauva, E. Kouri, I. Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6. painos. Tampere: Hämeen Kirjapaino Oy
- Huge, E. C. & Anderson, A. D., The Spirit Of Manufacturing Excellence. Suomennos Juha Rämö. 1992. Helsinki: Oy Rastor Ab.
- Iloranta, K. & Pajunen-Muhonen, H. 2015. Hankintojen johtaminen: Ostamisesta toimittajamarkkinoiden hallintaan. 4. tarkastettu laitos. Tallinna: AS Pakett
- Karjalainen, J. Maijala, M. Lindgren, M. 1999. tuotannon ulkoistaminen Vantaa: Tummavuoren Kirjapaino Oy
- Lapinleimu, I. Kauppinen, V. Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. 1. painos. Porvoo: WSOY
- Mäki-Mantila, J. 2001. Ohutlevyjen taivutus ja muovaus. Helsinki: Yleisjäljennös Oy
- Pajarinen M., Ulkoistaa vai ei - Outsourcing teollisuudessa. 2001. Vantaa: Tummavuoren Kirjapaino Oy
- Puolamäki, E. Ruusunen, P. 2009. Strategiset investoinnit- Johtaminen, prosessit ja talouden ohjaus. Porvoo: WS Bookwell Oy

Mittauspöytäkirjat

Taulukko 4. Päättyvedon mittauspöytäkirja.

Mittauspöytäkirja 1.

Päättyveto								
kpl	min	s	sek.	väliaika	k-a	k-a ero	(k-a ero) ²	
1	0	37	37					
5	2	22	142	142	28,4	-5,52	30,4704	
10	5	24	324	182	36,4	2,48	6,1504	
15	7	39	459	135	27	-6,92	47,8864	
20	10	59	659	200	40	6,08	36,9664	
25	13	58	838	179	35,8	1,88	3,5344	
50	28	16	1696	858	34,32	0,4	0,16	
						-1,6	125,168	
kokonaisajan		k-a	33,92					
Normaalijakauma		(33,9±4,0) s/kpl		95 %				
Työkalun vaihto			14400 s					
Aihioopinon vaihto			300 s					
Kuljetus			300 s					

Taulukko 5. Rajauksen mittauspöytäkirja

Mittauspöytäkirja 2.

Rajaus							
väliaika							
kpl	min	s	sek.	väliaika	k-a	k-a ero	(k-a ero) ²
1	0	38	38				
5	3	5	185	185	37	-4,32	18,6624
10	6	33	393	208	41,6	0,28	0,0784
20	13	23	803	410	41	-0,32	0,1024
30	20	50	1250	447	44,7	3,38	11,4244
40	27	44	1664	414	41,4	0,08	0,0064
50	34	37	2077	413	41,3	-0,02	0,0004
60	41	29	2489	412	41,2	-0,12	0,0144
70	48	13	2893	404	40,4	-0,92	0,8464
75	51	39	3099	206	41,2	-0,12	0,0144
						-2,08	31,1496
kokonaisajan		k-a	41,32				
Normaalijakauma		(41,2 ± 1,3) s/kpl		95 %			
Työkalun vaihto		14400 s					
Häkin vaihto		300 s					
Kuljetus		200 s					

Taulukko 6. Kaulustus 1-vaihe mittauspöytäkirja.

Mittauspöytäkirja 3.

Kaulustus 1-vaihe							
väliaika							
kpl	min	s	sek.	wäliaika	keskiarvo	keskiarvo ero	(k-a ero) ²
1	0	49	49				
5	2	48	168	185	37	5,85	34,2225
10	5	28	328	160	32	0,85	0,7225
20	10	34	634	306	30,6	-0,55	0,3025
30	15	48	948	314	31,4	0,25	0,0625
40	20	43	1243	295	29,5	-1,65	2,7225
50	25	45	1545	302	30,2	-0,95	0,9025
60	30	49	1849	304	30,4	-0,75	0,5625
70	36	7	2167	318	31,8	0,65	0,4225
80	41	32	2492	325	32,5	1,35	1,8225
					2,079233	5,05	41,7425
kokonaisajan		k-a	31,15				
normaalija- kauma		33,2 ± 1,5 s/kpl		95 %			
Työkalun vaihto 260 s Kuljetus 200 s Joka 5. päädyn jälkeen 5 kpl voitelu 27–30s.							

Taulukko 7. Kaulustuksen 2-vaihe mittauspöytäkirja.

Mittauspöytäkirja 4.

Kaulustus 2- vaihe							
väliaika							
kpl	min	s	sek.	väliaika	k-a	k-a ero	(k-a ero) ²
1	0	44	44		44		
5	3	32	212	185	37	-7,4	54,76
10	6	55	415	203	40,6	-3,8	14,44
20	13	58	838	423	42,3	-2,1	4,41
30	21	15	1275	437	43,7	-0,7	0,49
40	28	53	1733	458	45,8	1,4	1,96
50	36	41	2201	468	46,8	2,4	5,76
60	44	12	2652	451	45,1	0,7	0,49
70	51	28	3088	436	43,6	-0,8	0,64
80	59	12	3552	464	46,4	2	4
kokonaisajan					2,8203014	-8,3	86,95
		k-a	44,4				
		(44,4 ± 2,5)					
Normaalijakauma		<u>s/kpl</u>		95 %			
Työkalun vaihto		260 s					
Kuljetus		200 s					
Kaulusrenkaan pinonta		300 s / 25 kpl					
Jokaisen päädyn jälkeen öljyn pyyhintä päädyn molemmin puolin							