



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

HOONAUKSEN MEKANI- SOINTITASOT

Tutkimus

TEKIJÄ/T: Tapio Jauhiainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Tapio Jauhiainen			
Työn nimi Hoonauksen mekanoisointi			
Päiväys	12.12.2016	Sivumäärä/Liitteet	48/0
Ohjaaja(t) Terho Piippo, Pentti Halonen, Milla-Riina Turunen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Piippo Hydraulic Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Piippo Hydraulic Oy:lle ja se käsittelee hydraulikkaventtiileiden valmistuksessa olennaisena osana olevaa työvaihetta, hoonausta. Tarkemmin opinnäytetyössä tutkittiin, millä tavoin hoonaussolun mekanoisointi ja automatisointi voidaan järjestää ja siten voidaan saavuttaa taloudellista hyötyä? Venttiililohkojen hoonaus oli työn aloitushetkellä toteutettu manuaalikoneilla ja hoonaus suoritettiin käsityönä. Työssä keskityttiin hoonaussolun menetelmäkehitykseen käyttäen hyväksi nykyistä laitteistoa pyrkimyksenä lyhentää venttiililohkon läpäisyaikaa hoonaussolulla. Lisäksi tutkittiin vaihtoehtoisia järjestelmiä hoonauksen toteuttamiseksi perusmallin automaattihoonauskoneesta aina robotilla lastattavaan monikaraiseen automaattihoonauskoneeseen.</p> <p>Työn teoriaosuudessa perehdyttiin tarkemmin mekanoisoinnin ja automatisoinnin eri osiin, robotiikkaan ja hieman investointien rahoitukseen. Lisäksi tarkasteltiin hoonausta työmenetelmänä. Menetelmäkehitys perustuu Lean-filosofiaan, jonka avulla pyritään lyhentämään tuotteiden läpimenoaikaa ja virtausta, sekä hieman SMED-järjestelmään joka on kehitetty asetusajojen parantamista varten.</p> <p>Käytännönsuudessa painotettiin uusien kiinnittimien suunnittelua ja valmistamista yrityksestä löytyvälle Sunnen EC-3500 automaattihoonauskoneelle. Lisäksi suunniteltiin vaihtoehtoiset järjestelmät kapasiteetin huomattavaa nostoa varten. Järjestelmien välillä suoritettiin vertailu ja laskettiin, minkälaisiin hoonattaviin kappalemääriin eri vaihtoehdoilla voidaan päästä. Järjestelmien kapasiteetivertailujen lisäksi laskettiin niille takaisinmaksuaika. Takaisinmaksuaajan laskemiseksi oletettiin että tilauskanta nousee kapasiteetin kanssa samassa suhteessa.</p>			
Avainsanat Mekanoisointi, automatisointi, hoonaus.			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Tapio Jauhiainen			
Title of Thesis Mechanization of the honing process			
Date	12.12.2016	Pages/Appendices	48/0
Supervisor(s) Terho Piippo, Pentti Halonen, Milla-Riina Turunen			
Client Organisation /Partners Piippo Hydraulic Ltd			
<p>Abstract</p> <p>This thesis was made for Piippo Hydraulic Ltd and it handles one of the main process of manufacturing solenoid controlled hydraulic valves. More specifically it is studied in this project how the honing process can be mechanized or automatized and if it is profitable or not. At the beginning of this project hydraulic valve blocks were honed with a manual honing machine and it was handwork. During the project the focus was to improve the honing process and use the current honing machines. The aim was to get the process as short as it could be with the machines company possesses. Also other options were investigated to achieve shorter honing period. These systems included an automatic honing machine with robot and automatic honing machine equipped with robot and several honing spindles.</p> <p>The theory part explains in more detail what mechanization and automatization include and also what robotization is. It discusses a little bit investment funding and defines what honing is. Method development is based on Lean philosophy and Smed-system is used to minimize the setting time.</p> <p>In the practica part planning a new attachment for the automatic Sunnen EC-3500 was emphasized. For increasing the capacity significantly we made alternative plans. These plans were compared and it was calculated what kind of production volume can be reached. Repayment periods for these alternative plans were calculated. We had to assume that the volume of orders increases at the same time with the increasing capacity.</p>			
Keywords Mechanization, automatization, honing.			

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

NC = Numeerinenohjaus (Numerical Control)

CNC = Tietokoneistettu numeerinenohjaus (Computer Numerical Control)

SMED = Järjestelmä asetusaikojen lyhentämiseen (Single minute exchange of die)

FMU = Joustava tuotantoyksikkö (Flexible Manufacturing Unit)

FMC = Joustava tuotantosolu (Flexible Manufacturing Cell)

FMS = Joustava tuotantojärjestelmä (Flexible Manufacturing System)

FMF = Joustava tuotantolaitos (Flexible Manufacturing Factory)

SISÄLTÖ

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT	4
1 JOHDANTO	6
2 HOONAUUS.....	9
3 TEOLLISUUSROBOTTI	10
3.1 Erilaiset robottityypit	10
3.2 Robottijärjestelmän suunnittelu	12
3.3 Robottijärjestelmän toteuttaminen	13
4 AUTOMATISOINTI JA MEKANISOINTI	14
4.1 NC-tekniikka	15
4.2 FMS	16
5 MENETELMÄKEHITYS.....	18
5.1 Asetusaika.....	18
6 KONEINVESTOINNIT	20
6.1 Rahoitus.....	20
6.2 Takaisinmaksuaika ja kannattavuus	21
7 HOONAUSSOLU.....	24
7.1 Layout.....	31
8 UUSI AUTOMAATTIHOONAUUSKONE	33
8.1 Vaatimukset	33
8.2 Vaihtoehdot.....	33
9 ROBOTTI.....	37
10 KEHITETTY VERSIO.....	38
10.1 Uusi EC-3500 kiinnitin	39
10.2 Vaihtoehtoinen järjestelmä	40
10.3 Uusi layout	41
11 VERTAILU	42
11.1 Kapasiteetti	42
12 TALOUDELLINEN NÄKÖKULMA	46
13 YHTEENVETO.....	48
LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	49

1 JOHDANTO

Kilpailu eri teollisuuden aloilla on kovaa ja moni suuri yritys ulkoistaa tuotantoa Aasiaan. Suomessa valmistetaan laadukkaita tuotteita, joilla on pitkä historia. Hintakilpailussa mukana pysyminen vaatii valmistusjärjestelmien jatkuvaa kehittämistä ja parantamista. Hoonauustyö on keskeisessä roolissa hydraulikkaventtiilivalmistuksessa ja samalla ainut kappaletta muokkaava työ, jota Piippo Hydraulic Oy:n tehtaalla kappaleelle tehdään. Hoonaus on toteutettu nyt perinteisellä menetelmällä, jossa manuaalista hoonauskonetta käyttää yksi henkilö. Koneen työstökapasiteetti on yksi venttiililohko kerrallaan.

Työn tavoitteena on selvittää, miten tuotantojärjestelmää voidaan kehittää tuottavammaksi nykyisellä laitekannalla, eli voidaanko kapasiteettia nostaa ilman lisähenkilöstöresursseja? Miten mekanisointi ja automatisointi vaikuttavat tuotteen läpäisy aikaan hoonausolulla? Kilpailukyvyn kannalta on tärkeää selvittää myös, voidaanko mekanisoinnilla tai automatisoinnilla saavuttaa taloudellista hyötyä ja näin ollen parantaa kilpailukykyä? Menetelmäkehityksessä käytetään hyväksi Lean-filosofiaa ja sen eri työkaluja.

Piippo Hydraulic Oy:n juuret yltävät 1950-luvulle asti. Kalevi Kostiainen teki metallitöitä vanhaan navettaan perustetussa pajassa Kiuruveden Remeskylässä. Ensimmäinen sorvi tuli pajaan 1960-luvulla ja näin alkoi sorvattavien kappaleiden työstäminen. Työt olivat maatalouspitäjässä koneiden osien korjausta ja erilaisten tappien tekoa. (Piippo 27.06.2016.)

Terho Piippo valmistui 1980-luvun vaihteessa ammattikoulusta sorvaajaksi ja pääsi töihin Kostiaisen pajalle. Terho ehti työskennellä pajalla muutamia vuosia ennen kuin lähti opiskelemaan teknikoksi. Terhon veli Ari tuli tuuraamaan Terhoa opiskeluiden ajaksi. Terhon valmistumisen jälkeen vuonna 1986 oli aika Kostiaisen Kalevin jäädä eläkkeelle, ja hän päätti myydä yrityksensä Ari ja Terho Piipolle. Näin syntyi Metallikoneistamo Piippo Ky. Veljekset jatkoivat koneistustöitä ja valmistivat mm. hydraulisia työntövarsia, korjasivat hydraulisyntereitä ja muita koneiden osia. (Piippo 27.6.2016.)

Yritys on valmistanut alusta asti myös hydraulikkaventtiileitä. Pikkuhiljaa venttiililiiketoiminta kasvoi ja vuonna 2000 oli aika tehdä ratkaisu, jossa koneistuksesta luovuttiin ja yritys keskittyi pelkästään hydraulikkaventtiilien suunnitteluun ja valmistukseen. Kun koneistustoiminnasta luovuttiin, myytiin koneistuskoneet pois ja tilantarve väheni. Venttiilien valmistukseen riitti noin 160m² tilat. (Piippo 27.6.2016.)

Vuonna 2011 tuotanto oli kasvanut niin isoksi, että tarvittiin lisää tilaa. Yritys muutti samassa pihapiirissä sijoitettavaan isompaan tilaan, jossa on toimistot, varastot ja tuotantotilat. Aiemmin alihankkijalla teetetty hoonauustyö otettiin tehtäväksi yrityksessä itse. Vuodesta 2012 asti hoonausta on hoitanut vakituinen työntekijä. (Piippo 27.6.2016.)

Kiuruveden tehdas sijaitsee teollisuusalueella osoitteessa Yrittäjätie 10. Tuotantotilaa on noin 370 neliötä ja lisäksi toimistotilat. Tehtaalla työskentelee tällä hetkellä 6 henkilöä, joista puolet tuotannon puolella. Vuonna 2011 tehtaalle asennettiin uudet hyllyt varastointia varten sekä tuotantotilaan työpöydät työkaluvaunuineen. Teollisuuspesukone hankittiin myös uusiin tehdastiloihin. (Piippo 27.6.2016.)

Yrityksessä valmistettavat tuotteet ovat joko manuaalisesti käsikahvalla, öljynpaineella tai sähköisesti ohjattuja hydraulikkaventtiileitä. Venttiin sisällä on kara, jota liikuttaessa vaihtuu öljyn virtausreitti. Venttiileitä löytyy 1/4" lähdöitä aina 1 1/2" lähdöillä varustettuihin venttiileihin asti. Sähköohjattu venttiili toimii siten, että sähkömagneetti liikuttaa karaputken sisällä olevaa neulaa niin, että venttiilin kara liikkuu jousia vasten. Sähköohjattuja venttiileitä on 12, 24, ja 230 voltin jännitteillä. Perusventtiileiden lisäksi tuotevalikoimasta löytyy myös erikoismalleja, joiden ansiosta mm. ylimääräinen letkujen veto jää pois. Erikoisventtiileitä löytyy aurasalustoon tarkoitetuista tuotteista. Vaahtivissa kohteissa manualinen venttiili on varmatoimisempi sekä helpompi asentaa ilman lisäsähköjohdot asentamista kuten vapaakiertoventtiili KV321. (Piippo 27.6.2016.)



KUVA 1. Vapaakiertoventtiili KV321. (Valokuva Tapio Jauhiainen 2016).

Venttiilien rungot valmistetaan automaattiteräksestä ja kaikille rungoille tehdään sähkösinkitys. Sähkösinkityksen jälkeen ne tarkastetaan silmämääräisesti virheiden osalta. Tarkastuksen jälkeen lohkot hoonataan ja asennetaan sisälle kara, joka ohjaa öljyn kulkua. Kuvassa 2. näkyy sisäkaran asennus kokoonpanopöydällä. Pääsääntöisesti hoonaja sovittaa oikeat karat paikoilleen jo hoonausvaiheessa mutta kokoonpanossa ne vielä tarkastetaan ja öljytään toiminnan varmistamiseksi. (Piippo 27.6.2016.)



KUVA 2. Karan asennus. (Valokuva Tapio Jauhiainen 2016).

2 HOONAUUS

Kun hoonaus työmenetelmänä alkoi tulla konepajoihin, katsottiin sen soveltuvan vain pinnan kiilloitukseen tai silyykseen. Teknologisten parannusten ansiosta se on tietyissä töissä ja työvaiheissa melko yleinen aineenpoistomenetelmä. Hoonaus on metallia leikkaava menetelmä, jossa aineenpoiston suorittaa samanaikaisesti tuhannet kiinteästi toisiinsa liittyvät jyväset, jotka peittävät hoonauskiven koko pinnan. Laaja kosketuspinta ja pieni työpaine ei aiheuta kappaleessa lämpötilanmuutoksen aiheuttamia muodonmuutoksia. Sisähionnassa käytetään suuria leikkuunopeuksia, jonka takia voi syntyä suuria paikallisia paineita, jotka johtavat kohonneen lämpötilan takia muodonmuutoksiin kappaleessa. Läppäys on puolestaan aikaa vievä menetelmä, joka vaatii ammattitaitoa. Läppäyksessä käytetään pehmeäaineista työkalua, jota toistuvasti varataan läppäystahnalla. Läppäyksellä voidaan päästä erinomaisiin tarkkuuksiin, mutta irrallinen läppäystahna voi pyöristää olakkeet tai reikien suut. (SUNNEN Products Company *s.a.* 60.)

Hoonauksessa yhdistyy hionnan nopeus ja läppäyksen tarkkuus. Aineen poisto tapahtuu ensin reiän ahtaimmasta kohdasta. Haluttu pinnanlaatu saavutetaan, kun valitaan oikeaa karkeutta oleva hoonauskivi. Hoonauskivet teroittuvat itsestään, sillä kuluneet jyväset irtoavat ja paljastavat välistään uuden terävän jyväsen. Geometrisesti tarkasteltuna hoonattu reikä on täydellinen. Hoonauksessa yhdistyvät tarkkuus ja taloudellisuus. Nykyään käytössä olevat toleranssit ja viimeistely vaativat hoonausta. (SUNNEN Products Company *s.a.* 60.)

Hoonauustyö on prosessi, jossa sylinterinmuotoisen koneistetun kappaleen sisäpintaa hiotaan työkalulla, hoonauskaralla. Tyypillisesti hoonauskara pyörii akselinsa ympäri ja kappalele liikkuu edestakaisin karan akselin suuntaisesti. Päättarkoitus hoonauksella on viimeistellä kappaleen pinta valmiiksi. Hoonauksella voidaan poistaa normaalisti noin 0,03-0,003mm materiaalia kappaleen pinnasta. Yleisesti hoonausnopeudet ovat noin 76m/min mutta kuitenkin perinteisestä koneistuksesta poiketen suurempi nopeus ei aina ole eduksi. Erikokoisille kappaleille, joiden sisäreiän koko vaihtelee aina 3mm-200mm asti, käytetään eri kierrosnopeuksia ja painetta hoonauskivillä. Toisin kuin perinteisessä koneistuksessa, hoonausprosessissa kone ei ole ratkaiseva tekijä, vaan työkalu ja onnistunut hionta ovat avain tarkkuuteen. (Schnitzler 2001.)

Hoonauskoneita on manuaalisia, automaattisia ja CNC-ohjattuja, pystykaraisia ja vaakakaraisia. Manuaalikoneella työskennellessä operaattori käynnistää koneen ja käsittelee työstettävää kappaletta. Automaattikoneella hoonatessa operaattori asettaa kappaleen kiinni koneeseen ja käynnistää koneen. Kun haluttu aineenpoisto on saavutettu, kone pysähtyy automaattisesti. Operaattorin kuuluu huolehtia muutamista perusasioista, esimerkiksi koneen asetuksista ja valvonnasta. CNC-ohjatulla koneella työskennellessä operaattori asettaa työstettävän kappaleen koneeseen, asettaa oikeat työstöparametrit, aloituspisteen, karaniskunopuden ja kiven syöttöpaineen. Operaattori käynnistää koneen ja kone kontrolloi itse työsykliä. Automaattinen kivienkuluminen kompensointi voidaan ohjelmoida kuten myös valmiin kappaleen mitat. Kun halutaan saavuttaa korkea tuottavuusaste, kappaleen lastaaminen ja purkaminen voidaan toteuttaa robotilla. (Schnitzler 2001.)

3 TEOLLISUUSROBOTTI

Teollisuusrobotit alkoivat kehittyä 1960-luvulla. Tuolloin yhdellä robottityypillä pyrittiin tekemään mahdollisimman paljon eri tehtäviä. Kuitenkin esimerkiksi maalausrobotit ovat eriytyneet muista robottityypeistä. Edelleen on tuotannossa teollisuusrobottimalleja, joiden vuosittainen valmistusmäärä on tuhansia kappaleita vuodessa. Tuotantotyössä jossa sama liikesarja tai liikesarjat toistuvat ja ovat ihmiselle kuluttavia, voidaan käyttää robottia apuna. (Suomen Robotiikkayhdistys Ry 1999, 13.)

Automaation lisääntyessä työkappaleiden lastaus ja purkaminen NC-koneesta hoidetaan yhä useammin robotin avulla. Kun tavoitellaan pienempiä sarjoja ja eräkokoja, tuotantolaitteistolta vaaditaan joustavuutta ja mukautumiskykyä. Syitä robottijärjestelien hankintaan saattaa olla useita, mutta robotisointihankkeen suunnittelun ja toteutuksen on perustuttava aina tuotannon todelliseen rationalisointitarpeeseen. Tyypillisimmin robotti palvelee puristimia, hitsauslaitteita, hiomakoneita, koneistuskeskuksia, sorveja, latomakoneita ja kokoonpanolaitteita. Kaikille on yhteistä jonkinlainen oma ohjaus- ja käyttöjärjestelmä ja niitä on mahdollista käyttää ilman robottia. (Suomen Robotiikkayhdistys Ry 1999, 92.)

Ennen robotisointihankkeen aloitusta on syytä tutustua olemassa oleviin robottijärjestelmiin. Erilaisilla tutustumiskäynneillä saadaan tietoa ja voidaan kysellä robottien soveltajien mielipiteitä ja näkemyksiä automatisointihakkeista. Toteuttamalla pilottihanke omassa yrityksessä auttaa hankkimaan todellista osaamista ja käyttökokemusta robotti-investoinnista. Onnistunut automatisointi-investoinnin läpivienti sekä tehokas ja tuottava käyttö edellyttää yrityksessä laajamittaista koulutusta, asennemuutosta ja kasvamista. Laatuvaatimukset tuotteen osille myös kasvavat. (Suomen Robotiikkayhdistys Ry 1999, 92.)

3.1 Erilaiset robottityypit

Erilaisia robottimalleja on maailmassa suuri määrä. Tämä johtuu siitä, että teollisuusrobotteja on valmistanut ainakin viisi sataa yritystä ja jokaisen valikoimissa on ollut useita erilaisia, jopa kymmenen, erilaista mallia. Keskimääräinen elinikä yhdellä mallilla on noin neljä vuotta. Erilaisten patenttien ja sovellusten vuoksi rakenteita on jouduttu erilaistamaan. Teollisuusrobotteja on tästä johtuen suunniteltu useita tuhansia. (Suomen Robotiikkayhdistys Ry 1999, 12.)

Teollisuusrobottien sanastoa ja yleisimpiä robottimalleja rakenteen mukaan määrittelee standardi ISO 8373. Robottimallien rakenteet, työalueet ja kinemaattiset kaaviot on esitetty kuvassa 3. Yleisimpiä käytössä olevia teollisuusrobottimalleja on kuutta erilaista mallia ja eniten teollisuudessa käytetyt robottityyppejä ovat kappaleenkäsittely- maalaus- ja hitsausrobotit.

Nimitys pääakseleiden mukaan	Rakenne	Kinemaattinen kaavio	Työalue
Suorakulmainen robotti			
Sylinterirobotti			
Napa-koordinaatistirobotti			
Scara-robotti			
Kiertyvänivelinen robotti			
Rinnakkaisrakenteinen robotti			

KUVA 3. Robottityypit. (Suomen Robottiikkayhdistys Ry 1999).

Kansainvälinen robottiyhdistys on määritellyt robotin niin, että se on uudelleen ohjelmitavissa oleva monipuolinen kolminivelinen mekaaninen laite ja on suunniteltu kappaleiden, työkalujen tai erikoislaitteiden liikuttamista varten ohjelmitavain liikkein. Olennaista on uudelleen ohjelmitavuus, mutta

pelkkä uudelleenohjelmoitavuus ei riitä vaan nykyaikaisissa robottisovelluksissa robotti on saatava muodostamaan liikeratansa suunnitettiedoista ja ympäristömallista, jota päivitetään antureiden avulla jotka tarkkailevat prosessia. (Suomen Robotiikkayhdistys Ry 1999, 13.)

Teollisuusrobotti on yksinkertaistettuna mekaaninen kone, joka siirtää halutulla tavalla työkalun kiinnityslaippaa. Liikerata voi olla liikkeiden aikana antureiden avulla luotu, toimintaympäristön tapahtumien perusteella valittava tai kokonaan etukäteen määritetty. Robotilla on jalusta. Jalustan ja työkalun välissä on tukivarsia jotka liittyvät toisiinsa nivelten avulla. Takaisinkytketysti ohjattavat servotoimilaitteet liikkuttavat niveliä. Kuvassa 4. on ABB IRB 120 käsikäyttöinen ohjainlaite jossa on kosketusnäyttö. Ohjainlaitteen avulla robottia voidaan ohjata sekä ohjelmoida. (Suomen Robotiikkayhdistys Ry 1999, 13.)



KUVA 4. ABB IRB120 FlexPendant-ohjainlaite. (Valokuva Tapio Jauhiainen 2015).

3.2 Robottijärjestelmän suunnittelu

Aluksi täytyy tarkastella lähtötilannetta, tarkka analysointi on robotisoinnin ensimmäinen vaihe. Lähtötilannetta analysoitaessa käydään läpi kappaleiden tila, kappaleiden siirrot, oheislaitteiden sijoittelu, työvaiheiden looginen eteneminen, liittymät muuhun tuotantoympäristöön, miehitys sekä ympäristöolosuhteet. Projektin edetessä voidaan selvittää myös vaihtoehtoisten manipulaattoreiden ja toimilaitteiden mahdollisuudet. (Suomen Robotiikkayhdistys Ry 1999, 92.)

Kun lähtötilanne on analysoitu, voidaan aloittaa robotin ja oheislaitteiden käytön suunnittelu. Tässä suunnitteluvaiheessa tarkennetaan alkusuunnittelun tietoja. Millaisia käsittely- ja syöttölaitteita tullaan käyttämään sisältäen suunnitelmat tarrainten, kiinnittimien, palettien ja kuljetusalustoiden käytöstä. Käytön suunnittelussa on otettava huomioon myös robotin kiinnitystekniikka jonka tulisi olla joustava mutta varma. Huomioon otettaviin oheislaitteisiin kuuluvat kuljetinradat ja turvajärjestelmät. Käytön

suunnittelussa täytyy ottaa huomioon myös eri laitteiden yhteensopivuus sekä kunnossapito ja huolto. (Suomen Robotiikkayhdistys Ry 1999, 92.)

Robotisoinnin järjestämiseksi voidaan tehdä useampia erilaisia vaihtoehtoisia suunnitelmia. Kustannuslaskennan avulla nämä vaihtoehtoiset suunnitelmat voidaan laittaa paremmuusjärjestykseen. Investointilaskelmia voidaan tarkentaa järjestelmäspesifikaatiolla, joka perustuu yksityiskohtaisempaan suunnitteluun. Merkittävänä valintaperusteena voidaan pitää valmistusjärjestelmän joustavuutta. Robottijärjestelmän valintaperusteita ovat myös kapasiteetti, optiot tulevaisuuden käyttöä varten sekä järjestelmän soveltuvuus tuotantoon. (Suomen Robotiikkayhdistys Ry 1999, 93.)

3.3 Robottijärjestelmän toteuttaminen

Tyypillisesti robottijärjestelmän hankinnassa on neljä vaihetta, esisuunnittelu, hankintavaihe, asennus- ja käyttöönottovaihe ja käyttövaihe. Esisuunnitteluvaiheessa analysoidaan tarve sekä asetetaan projektille rajat. Yksityiskohtaisemmat suunnitelmat järjestelmän toiminnoista tehdään hankintavaiheessa, jolloin voidaan tehdä tarvittavat valmistuspiirustukset. Järjestelmä asennetaan, vedetään sähköt ja ohjelmoidaan asennus- ja käyttöönottovaiheessa. Hankittua järjestelmää on tarkoitus pyrkiä hyödyntämään käyttövaiheessa. Painopiste suunnittelussa on hankintaa edeltävissä vaiheissa, eli esisuunnitelma- ja hankintavaiheessa. (Suomen Robotiikkayhdistys Ry 1999, 93.)

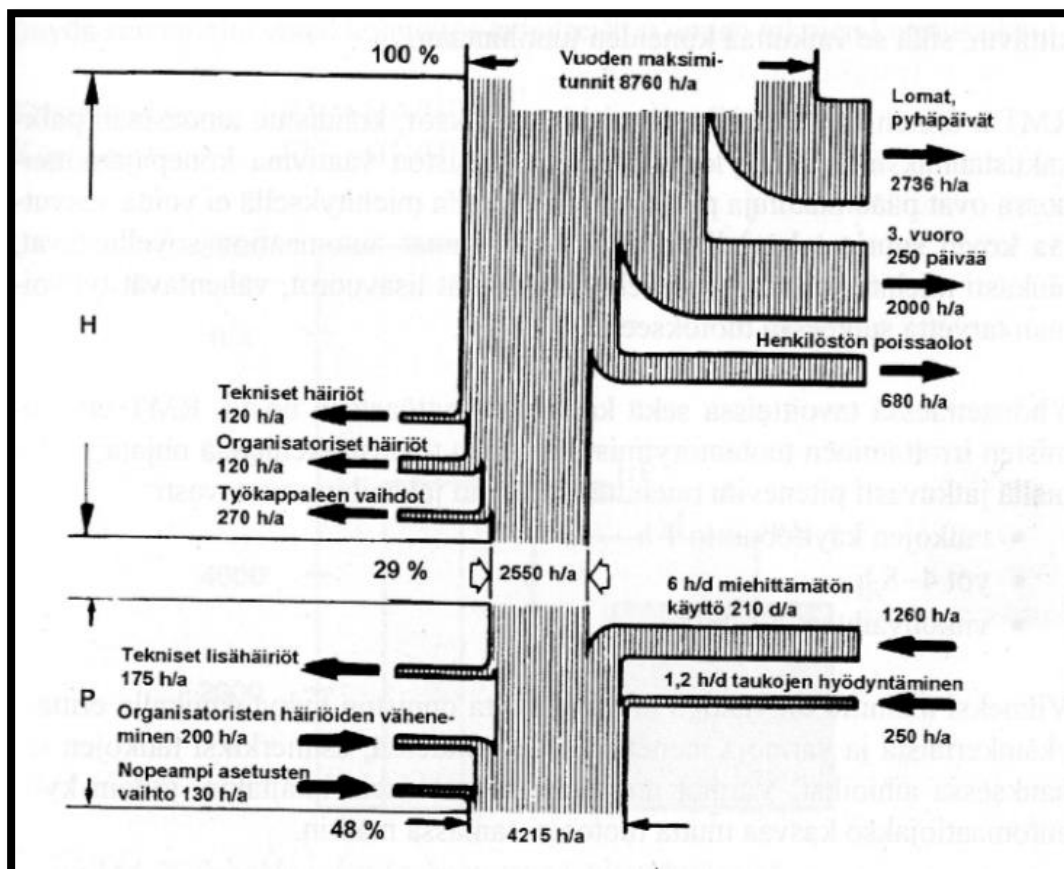
Robotille tarvitaan myös oheislaitteita. Kriteerit oheislaitteiden sijoitteluun ovat peruseriaateiltaan yksinkertaiset. Kokonaismassa ja robottia kuorittava vääntömomentti ovat ratkaisevassa osassa robottiin kiinnitettävien laitteiden osalta. Sijoittelun onnistumisessa tärkein tekijä on työkalun kiinnityksen suunnittelu niin, että se ei aiheuta robotille tarpeetonta lisäkuormaa mutta riittävä ulottuvuus voidaan saavuttaa. Tarrainten massalla on kappaleenkäsittelysovelluksissa tärkeä rooli. Käsiteltäville kappaleille jää vähemmän kapasiteettia mitä enemmän tarrain painaa. Tarraimet pyritään valmistamaan yleensä alumiinista, tai muusta vastaavasta kevyestä materiaalista, jotta massa pysyy alhaisena, lujuudesta tinkimättä. Tilankäytöllä robotin ympärille sijoitettavilla oheislaitteilla on suuri merkitys, tärkeintä on robotin ulottuvuus. Liike- ja aikamatkat edellyttävät oheislaitteiden tiivistä sijoittelua robotin ympärille mutta kannattaa kuitenkin ottaa huomioon puhdistukset ja huollettavuus. (Suomen Robotiikkayhdistys Ry 1999, 93–94.)

4 AUTOMATISOINTI JA MEKANISOINTI

Konepajatöistä hoonaaminen kuuluu nykyään yhä harvemman konepajan ja koneistamon töihin ja on keskittynyt lähinnä moottoreita kunnostaviin konepajoihin ja moottoritehtaille. Moottorikoneistamoilla hoonaus tapahtuu monesti manuaalikoneella, kun taas moottoritehtailta on käytössä CNC-ohjatut automaattikoneet. Kiristynvä kilpailu ja maailmantalouden tilanne pakottavat yritykset tehostamaan toimintaansa. Kilpailutilanteessa hinnan lisäksi ratkaisevat nopeat toimitusajat ja laatu sekä millaisia määriä tuotteita pystytään toimittamaan. Kokoonpantavat tuotteet vaativat usein jonkin verran henkilöstöresursseja mutta on myös työvaiheita joita voidaan tehostaa niin, että henkilöstöresurssit voidaan vapauttaa muihin tehtäviin, esimerkiksi kokoonpanoon. Kapasiteettia voidaan siinä nostaa henkilöstöresurssien säilyessä samana. Mekanisointi ja automatisointi voivat auttaa nostamaan tuotantokapasiteettia sekä lyhentämään läpäisyajoja.

Automatisoinnin tärkeimpiä syitä ovat tuotannon rytmin erottaminen ihmisten rytmistä, nopeus, ihmisille raskaiden tai vaarallisten töiden koneellistaminen, tarkkuus eli pienhajontainen valmistus, tuottamattomien aikojen hyödyntäminen, rajoitettu miehitys sekä lyhyt läpäisy aika. Automaatiolla tavoitellaan käyttäjien irrottamista valmistusrytmistä niin, että tuotanto toimii koneellisesti ja ihmiset hoitavat koneita ja niiden toimintaedellytyksiä. Ihmisen ohjausnopeuteen nähden automatisoitu kone on ylivoimainen. Valmistettaessa suuria eriä automatoidun koneen nopeus pääsee oikeuksiinsa, mutta myös pienempien erien valmistus on tehokkaampaa koska ihmiseltä aikaa vaativia osaoperaatioita jää pois. (Lapinleimu, Kauppinen, Torvinen & Söderström 1997, 134.)

Automaation taloudellisuuteen vaikuttaa ratkaisevasti sen tehokas käyttö. Tuottavuuden eri tekijöitä ovat vuotuinen käyttötuntimäärä, jalostavan ajan osuus käyttötunneista ja menetelmän tehokkuus. Käytettävyys tarkoittaa sitä aikaa, jonka laitteisto on toiminta-ajastaan käytettävissä. Toiminta-ajasta on silloin vähennetty huolto- ja korjausajat. Erityisesti automaattisten järjestelmien yhteydessä käyttöasteen laskeminen on mielekästä. Ohjelma-aikaa, jonka kone käy ohjaimensa alaisena, voidaan pitää todellisena käyttöaikana. Suunniteltu vuotuinen toiminta-aika on tuottavuuden aikaosuuden lähtökohta. Esimerkiksi $46 \text{ viikkoa/a} \cdot 120 \text{ h/viikko} = 5520 \text{ h/a}$. Vuotuiset käyttötunnit ovat ratkaisevassa asemassa laskettaessa tuotantoyksikön kustannusvirtaa. Vuoden kaikki tunnit, eli 8760h/a olisi maksimikäyttötuntimäärä. Vuotuista tehollista käyttötuntimäärää pyritään lisäämään automaatiolla. Ensimmäiseksi voidaan ottaa käyttöön lyhyitä vapaa-aikoja ja koneet voivat käydä kahvi- ja ruokataukojen ajan. Yövuoro toteutetaan useimmiten miehittämättömänä automatisaation avulla. Saksassa on jo vuonna 1985 arvioitu, että tehollinen käyttötuntimäärä olisi mahdollista nostaa reaalisesti noin 4200h/a. Kuvassa 5. näkyy miten vuosittainen tuntimäärä jakautuu koneistuskeskuksella. (Lapinleimu, Kauppinen, Torvinen & Söderström 1997, 134–137.)



KUVA 5. Koneistuskeskuksen vuotuisen työajan hupeneminen hukka-aikoihin. (Lapinleimu ym. 1997).

Rajoitetusti miehitetty tuotanto, RMT, voi tarkoittaa miehittämättömien jaksojen, esimerkiksi yövuorojen käyttöä tai niukkaa miehitystä miehityksissä jaksossa. Kaluston käyttötuntien lisäämisessä RMT on ensimmäinen käyttötapa silloin, kun henkilöstöongelmat estäisivät sen muuten. Kaksivuorotyö on useimmiten vakiintunut tapa ja kolmas vuoro voidaan ottaa käyttöön automaation avulla miehittämättömänä. Vuotuisista rahana laskettavista perusteista vuotuisen käyttöajan lisääminen automaation avulla on merkittävin koska se vaikuttaa koneiden tuntihintaan. Niukasti miehitetty jakso tuovat säästöä ainoastaan palkkakuluissa jotka ovat yleensä pääomakuluja pienemmät. Täysin miehittämättömään tuotantoon ei kannata pyrkiä nykyisillä tekniikoilla koska pääomakustannukset nousevat nopeammin kuin liseähenkilöstöresurssien palkkakustannukset. (Lapinleimu, Kauppinen, Torvinen & Söderström 1997, 136.)

4.1 NC-tekniikka

Teollisuudessa käytetään nykyään automatisointia monissa eri töissä ja NC-tekniikka, eli numeerinen ohjaus on voimakkaasti kehittyvää automatiikkaa. Työstetekniikalla ei ole eroa tapahtuuko kappaleen työstö manuaali vai NC-työstökoneella, koska molemmilla käytetään samoja työkaluja ja työvälineitä. Ohjaustapa on oleellinen ero, tietokone ohjaa NC-työstökoneita, kun taas manuaalikoneita ohjaa koneen käyttäjä. Erilaisia automaatioon liittyviä englanninkielisiä termejä käytetään yleisesti eri ja lyhenteiden tarkoitus on hyvä tuntee. NC-ohjauksella tarkoitetaan numeerista ohjausta joka, jolloin työstökoneita ohjataan yksiselitteisillä symboleilla. CNC tarkoittaa tietokoneistettua numeeris-

taohjausta, jolloin työstökoneeseen kuuluu pieni tietokone ja ohjelmamuisti. DNC tarkoittaa hajautettua numeerista ohjausta, jolloin automaattityöstökoneetta ohjaava ohjelma on tallennettu omaan tietokoneyksikköön. DNC-ohjaksella voidaan ohjata useita koneita samaan aikaan. (Maaranen 2012, 365–366.)

– NC (Numerical Control)	Numeerinenohjaus
– CNC (Computer Numerical Control)	Tietokoneistettu numeerinenohjaus
– DNC (Distributed Numerical Control)	Hajautettu numeerinenohjaus
– AUTOMATIC	Automaattinen
– MANUAL	Manuaalinen

Kappaleen valmistamiseksi ohjelmoija laatii NC-ohjelman ja syöttää sen tietokoneen muistiin. Kaikki NC-koneen tapahtuvat automaattisesti ohjelman mukaan. Ohjausyksikkö, johon syötetään kaikki tarvittavat tiedot, huolehtii työvälineistä, työstöarvoista, työjärjestyksestä ja liikeradoista. Kaikki tieto mitä tarvitaan työkappaleen valmistamiseksi, sisältyy ohjelmaan. Ohjelma välittyy sähköisesti työstökoneeseen ja sisältää kirjain- ja numerokoodeja. (Maaranen 2012, 366.)

Automatisoinnilla ja mekanisoinnilla voidaan saavuttaa teollisuuden tuotannossa huomattavia etuja. Työajat sekä asetusajat lyhenevät ja voidaan käyttää vakio asetuksia ja paletteja. Myös mittatarkkuus ja tasalaatuisuus paranevat ja joukkotuotannossa voidaan tehdä vain pistotarkastuksia. Koska ohjelma on tallennettu muistiin, on sen muuttaminen helppoa ja aiempiin ohjelmiin voidaan tehdä helposti muutoksia. Läpimenoaika lyhenee ja tuotanto tehostuu, jonka ansiosta kilpailukyky paranee. Koneiden tehtäväksi voidaan siirtää raskaat, yksitoikkoiset tai jopa vaaralliset työt. (Maaranen 2012, 367.)

Automatisointi/mekanisoinnista saattaa aiheutua myös joitakin haittoja. Hankintakustannukset ovat NC-ohjatuissa koneissa melko suuret ja mitä pidemmälle automatisointia viedään, sitä suuremmaksi pääomakustannukset nousevat. Myös ohjausjärjestelmän häiriöt ja niiden korjaus on kallista ja konetta ei voi silloin käyttää. Henkilöstön tarve pienenee, kun automatisoidaan työvaiheita mutta toisaalta se saattaa tuoda tilalle myös muita töitä kuten, vaikka esimerkiksi ohjelmointi. (Maaranen 2012, 367.)

4.2 FMS

Kiristynyt kilpailu aiheuttaa paineita ja haasteita teollisuuden tuotannolle. Tuotteiden valmistuksen ja valmistuksen ohjauksen automatisointi on edellytyksenä, että teollisuus voi vastata haasteisiin. NC-ohjattuja koneita voidaan yhdistää tietokoneella ohjattaviksi laajoiksi kokonaisuuksiksi. Tätä joustavaa tuotantojärjestelmää kutsutaan FMS-tekniikaksi eli Flexible Manufacturing System. Automaattio konepajoilla voidaan jakaa joustaviin tuotantojärjestelmiin, robotiikkaan, joustavaan materiaalin käsittelyyn sekä joustavaan kokoonpanoautomaatioon ja automatisoituun laadunvarmistukseen. (Maaranen 2012, 450.)

Tunnusomaisia piirteitä FMS-teknologialle on kyky ylläpitää keskeytymätöntä huomattavan osan tuotantoa pienellä miehityksellä tai miehittämättömänä. Automatisoitu työkappaleiden ja työkalujen käsittely sekä kuljetukset ja järjestelmän monitorointi ovat myös FMS-teknologian peruselementtejä. FMS-järjestelmällä saadaan massatuotannon etuja piensarjatuotantoon. Työkappalevalikoima saattaa olla muutamasta kappaleesta satoihin erilaisiin työkappaleisiin ja niiden valmistusmäärät saattavat poiketa toisistaan hyvinkin paljon. Uusia työkappaleita voidaan lisätä FMS-järjestelmään niin että se ei aiheuta ongelmia asetuksissa. Henkilöstön osalta FMS-järjestelmä joustaa markkinoilla tapahtuvien muutosten mukaan ja voidaan mitoittaa niin että tarvittaessa miehittämättömät työkaksot voidaan jättää pois. (Maaranen 2012, 450–451.)

NC-työstökoneet, materiaalinkäsittelylaitteet ja – järjestelmät sekä informaatiojärjestelmät muodostavat FMS-järjestelmän. Yhden NC-koneen yksiköstä voidaan aloittaa laajentaminen tarvittaessa joustavaksi tehtaaksi asti. Eritasoisia FMS-järjestelmiä ovat joustava automaattinen tuotantoyksikkö (FMU), joustava automaattinen tuotantosolu (FMC), joustava automaattinen tuotantojärjestelmä (FMS) ja joustava automaattinen tehdas (FMF). Näiden FMS-järjestelmän eri osien lyhenteet tulevat englannin kielestä ja näiden lyhenteiden englanninkieliset termit ovat lueteltuna seuraavassa luettelossa. (Maaranen 2012, 451–452.)

- | | |
|-------|--------------------------------|
| – FMU | Flexible Manufacturing Unit |
| – FMC | Flexible Manufacturing Cell |
| – FMS | Flexible Manufacturing System |
| – FMF | Flexible Manufacturing Factory |

Joustava automaattinen tuotantoyksikkö (FMU) on joustavan konepaja-automaation perusyksikkö. Tuotantoyksikkö sisältää NC-ohjatun työstökoneen ja sellaiset käyttölaitteet, että miehittämätön tuotanto on mahdollista. Työkappaleiden puhdistus, mittaus ja käsittely tapahtuu robotin avulla. (Maaranen 2012, 451–453.)

5 MENETELMÄKEHITYS

Menetelmäkehitys on aina yrityskohtainen projekti tai prosessi, jolla pyritään parantamaan tuotantoprosessia kokonaisuudessaan tai osia siitä. Menetelmäkehityksessä käytetään joitakin työkaluja joista Japanista lähtöisin oleva Lean-filosofia on nykyään länsimaissakin yleisesti tuotannon kehittämiseen käytetty menetelmä. Lean-filosofia perustuu Japanilaisen Toyota Motor Corporationin kehittämään Toyota Production System tuotantofilosofiaan joka on Toyotan tehtaiden sisäisessä käytössä ja kehitetty lähes sata vuotta sitten. 1980-luvun lopulla länsimaissa alettiin kiinnostua Toyotan tuotantotavasta ja alettiin tutkia sitä tarkemmin. Näille havainnoille annettiin nimeksi Lean. Lean ja TPS ovat kaksi eri käsitettä vaikka Lean on luotu TPS:n pohjalta. (Modig & Åhlström 2013, 70 & 77.)

Toyotalla tavoitteena oli pyrkiä maksimoimaan prosessin virtaus, informaatiovirtaus ja tuotevirtaus. Keskeneräisiä välivarastoja pyrittiin karsimaan ja samalla kaikki muu virtausta hidastava toiminta. Lisäarvoa tuottamattomat tehottomuuden, tai hukkan, muodot pyrittiin kitkemään pois jotta virtaustehokkuus saataisiin maksimoitua. Tehottomuudelle, eli hukalle, on määritelty seitsämän erilaista muotoa jotka hidastavat tuotannon virtausta eivätkä tuo tuotteelle lisäarvoa. Nämä hukkan muodot ovat

- Tarpeeton tuotanto/liikatuotanto
- Turha odottelu
- Tarpeettomat materiaalien ja tuotteiden kuljetukset
- Tarpeeton työ/liikatyö
- Tarpeeton varastointi
- Tarpeettomat työntekijöiden liikkumiset ja liikkeet
- Tarpeettomat virheet, työn tekeminen uudelleen tai päällekkäin.

(Modig & Åhlström 2013, 75.)

Ylituotantonossa tehdään liikaa tai väärää tuotteita, joita ei tarvita ja joudutaan varastoimaan ja siirtämään tuotteita liikaa. Turha odottelu voi olla osien odottelua, työstökoneen työn loppumisen odottelua, työhjeiden odottelua. Tarpeettomat ja turhat kuljetukset voivat olla keskeneräisten tuotteiden siirtoa paikasta toiseen, joko varastoon tai odottamaan seuraavaa prosessia. Tarpeeton varastointi kätkee tuotannon todelliset ongelmat ja lisäävät ylituotannon mahdollisuutta ja pidentävät läpimenoaikoja. Tarpeetonta varastointia tulisi välttää esimerkiksi lyhentämällä koneiden asetusajoja. Tarpeettomat liikkumiset ja liikkeet kuluttavat työaikaa. Turhia liikeitä voivat olla tavaroiden etsiminen tai vaikka työkalun kurkottelu. Tarpeettomat virheet, työn tekeminen uudelleen, päällekkäin tai ylimääräinen tarkastaminen on turhaa. (Modig & Åhlström 2013, 75.)

5.1 Asetusaika

Työstökoneiden asetusajat voidaan jakaa ulkoisiin ja sisäisiin asetuksiin. Sisäiset asetukset, jotka tehdään koneen olleessa pysäytettynä ja ulkoiset asetukset voidaan tehdä kun kone on käynnissä. Asetusaikojen parantamiseksi on jo 1950-luvulla kehitetty järjestelmä nimeltään SMED. Järjestelmän kehittäjänä on toiminut Shigeo Shingo, joka tutki Mazdan tehtaalla tuotannon pullonkauloja ja

huomasi asetusaikojen olevan melko suuri verrattaessa tehokkaaseen työaikaan. (Shingo 1985, 21–24)

Prosessia on tarkasteltava huolellisesti ja mitata, mihin aika kuluu. Kun prosessin tutkiminen ja analysointi on suoritettu, voidaan erotella sisäiset ja ulkoiset asetukset. Kaikkia asetuksia ei pystytä muuttamaan ulkoisiksi asetuksiksi ja siksi täytyy pyrkiä tehostamaan kumpiakin asetuksia. Parhaimmillaan seisokkijaksi saattaa jäädä vain työkalun tai työkappaleen vaihto-aika, joka tosin edellyttää työkalun hyvää kohdistusta ja pikakiinnittimiä lukitukseen. (Shingo 1985, 29–30)

Menetelmäkehityksessä voidaan aluksi keskittyä tutkimaan mitä Leanin seitsämästä hukkan muodosta tuotannosta, eritoten hoonaussolulla, sekä miten niiden poistoon voidaan vaikuttaa niin, että virtaus olisi mahdollisimman tehokasta. Tuotanto on jakaantunut kahteen osaan, joista kokoonpano toimii omana yksikkönään ja on teknisesti vaativampaa kuin hoonaus. Kokoonpanoa varten on luultavasti hyvä aloittaa oma kehittämisprojekti, jossa sen puutteet ja hukka käsitellään.

Hoonaussolun toimintaa voidaan analysoida Leanin työkalujen avulla ja selvittää mistä hukka syntyy. Koska hoonauksessa käytetään koneita, on hyvä ottaa tarkasteluun myös asetusten teko ja minkälaisia asetusajat ovat nykyisillä laitteilla. SMED-järjestelmää tulisikin soveltaa hoonauskoneiden tehokkuutta parannettaessa, jolloin voidaan selvittää millaisilla muutoksilla koneiden työskentely olisi mahdollisimman tehokasta.

6 KONEINVESTOINNIT

Kun tuotantosolua lähdetään kehittämään pidemmälle kuin nykyisen järjestelmän menetelmäkehityksen avulla päästään, vaatii se investointeja. Tuotannontekijöihin käytetty raha tuottojen saamiseksi on reaali-investointi. Oblikaatioihin sijoitettua rahaa voidaan kutsua rahoitusinvestoinniksi. Reaali-investointikohteita voivat olla esimerkiksi toimitilojen osto, koneiden ja laitteiden osto, tuotekehityspanostus tai vaikka markkinointikanavien luominen. Henkilöstön koulutus on myös investointi. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen, 2009, 195.)

Voidaan sanoa että investoinnit ratkaisevat yrityksen tulevaisuuden melko suurelta osin. Ne mahdollistavat yrityksen toiminnan. Investointitoiminnalla on myös kansantaloudellisesti tärkeä merkitys. Investointitoiminnan avulla voidaan luoda uusia työpaikkoja, säilyttää vanhoja työpaikkoja kilpailutilanteessa, nostaa tuottavuutta tai siirtää epämiellyttäviä tai vaarallisia töitä koneiden tehtäväksi, jonka lisäksi luodaan kasvumahdollisuuksia ja edistetään yhteiskunnan kehitystä. Yksi tärkeimpiä kysymyksiä investointitoiminnassa on rahoitus ja kannattavuuden laskeminen. (Haverila ym., 2009, 196.)

Investoinnit voidaan luokitella eri ryhmiin niiden merkityksen perusteella. Tällöin investointeihin voidaan soveltaa erilaisia tuotto- ja kiireellisyysvaatimuksia. Luokittelu voidaan tehdä esimerkiksi seuraavanlaisen mallin mukaan. Pakolliset investoinnit, lakien, asetusten ja viranomaismääräysten perusteella toteutettavat investoinnit, esimerkiksi työsuojeluun tai ympäristönsuojeluun liittyvät investoinnit. Välttämättömyysinvestoinnit ovat nimensä mukaan välttämättömiä toimintavarmuuden luomiseksi, esimerkiksi koneiden uusimiset ja korjaukset. Strategiset investoinnit kuten esimerkiksi tuotekehitys, markkinointiorganisaatio ja jakelujärjestelmät. Tuottavuusinvestoinneilla parannetaan kilpailukykyä, esimerkiksi aiempaa tehokkaammilla koneilla. Yrityksen toiminnan merkittävä laajentaminen on laajennusinvestointi, esimerkiksi yritysoston kautta. (Haverila ym., 2009, 197.)

6.1 Rahoitus

Investointi ja sen rahoitus on suunniteltava huolellisesti ja tutkittava eri vaihtoehtoja. Investointeja suunniteltaessa on korostettava yhteensopivuutta yrityssuunnitelman kanssa. Mittava investointi yrityksen kokoon nähden voi huonosti toteutettuna vaarantaa koko yrityksen tulevaisuuden. Yrityksen toiminnan suunnittelussa tärkeä osa on investointipäätöksen valmistelu ja esitutkimus on yksi vaihe. Investointiprojektin tarkoituksenmukaisuus voidaan päätellä teknisen ja taloudellisen toteutettavuustutkimuksen avulla. (Haverila ym., 2009, 196.)

Kun investointia aletaan suunnitella, etenee se yleensä niin, että ensin todetaan investoinnin tarve. Seuraavaksi tavoitteita täsmennetään, etsitään ja kehitetään investointivaihtoehtoja. Kun vaihtoehdot ovat selvillä, rajataan investointivaihtoehtojen edullisuustekijät ja riskit. Investoinnille tehdään vaihtoehtolaskelmat ja vertaillaan niitä. Yhtenä tärkeimmistä toimenpiteistä mitoitetaan investoinnin pääoman tarve ja suunnitellaan rahoitus. Kun eri vaihtoehdot ovat selvillä, tehdään päätös asiassa ja

investointi pannaan toimeen. On myös erittäin tärkeää, että investointiprojektin etenemistä ja toteutusta valvotaan. (Haverila ym., 2009, 196.)

Investointi on useimmiten projekti eikä voida liiaksi korostaa etukäteissuunnittelun merkitystä. Projektisuunnitelma sisältää tyypillisesti

1. Projektin taustan, rajauksen ja tavoitteen
2. Toteutussuunnitelman
 - a. Tehtäväluettelo
 - b. Aikataulu
 - c. Resurssit
3. Budjettin
 - a. Kustannusarvio
 - b. Maksuaikataulu
 - c. Kustannusseuranta
4. Organisaatiokuvauksen ja päätöksentekokäytännön
5. Seurannan ja raportoinnin.

Projektin eri vaiheissa on tarpeellista tehdä kustannusarvoja. Kustannusarviointimenetelmiä on alakohtaisia. Esimerkkinä voidaan mainita vaikkapa rakennettava laitos, jonka kustannuksia arvioidaan suhteessa päätettyyn kapasiteettiin, vuotuisen myyntiin, päätelaitteiden kustannuksiin ja pinta-alaan. Kustannusten kertymiseen on kiinnitettävä vakavaa huomiota projektin seurannassa. Pitkäkestoisessa projektissa voidaan vielä vaikuttaa lopputulokseen, jos ollaan koko ajan tilanteen tasalla. Kustannusten seuranta tulisi olla mahdollisimman reaaliaikaista ja ennakoivaa. Myös mahdollisuus korjaavien toimenpiteiden suorittamiseen tulisi olla mahdollista. Kustannusten seurantaan on kehitetty työkaluja ja tietokoneohjelmia. (Haverila ym., 2009, 197–198.)

6.2 Takaisinmaksuaika ja kannattavuus

Koneinvestoinneille täytyy laskea takaisinmaksuaika ja selvittää onko investointi kannattava. On hyvä tunnistaa tyypillisimmät ongelmat, jotta investointilaskelmien realistisuus voidaan varmistaa. Näitä ovat

- Investointien kertaluonteisuus
- Nopeat ympäristömuutokset
- Varauksellinen suhtautuminen trendeihin
- Suunnittelutilanteen monimutkaisuus ja tiedon väärä tulkinta
- Laskettavissa olevien harkintaperusteisten tekijöiden mittaamisongelmat
- Eri ajanjaksojen tuottojen ja kustannusten tekeminen vertailukelpoiseksi.

Eri investointivaihtoehtoja on tarkoitus vertailla laskelmien avulla. Kun investoinnista saatavasta vuotuisesta tuotosta vähennetään siitä aiheutuvat vuotuiset kustannukset, saadaan selville investoinnin

nettotuotto. Jos nettotuottoa ei investoinnista saada, on mahdollista saada kuitenkin kustannussäästöä. Tuottojen määrittämiseksi voidaan joutua turvautumaan kysyntäennusteisiin tai markkinatutkimuksiin. Kun vuotuisia kustannuksia arvioidaan, on hyvä lähteä liikkeelle tuottojen ennusteesta ja johtaa siitä kustannukset. (Haverila ym., 2009, 201.)

Investointihyödykkeen arvioitua pitoaikaa sanotaan investointiajanjaksoksi. Investointiajanjaksolla voidaan tarkoittaa koneen fyysistä ikää tai ajanjaksoa jonka kone on käyttökelpoinen siihen tarkoitettuun toiminnossa. Yleensä hyödykkeen taloudellinen pitoaika valitaan investointilaskelmissa pitoajaksi. Kyseessä on ajanjakso, jonka päätyttyä on odotettavissa, että markkinoille tulee parempi kone, jonka takia aiemmin hankittu kone voidaan todeta vanhentuneeksi. Pitoaikaa määriteltäessä voidaan joissakin tapauksissa turvautua kokemukseen, jonka perustana on useat samantyyppiset jo suoritetut investoinnit. (Haverila ym., 2009, 201.)

Jäännösarvolla tarkoitetaan sitä investointihyödykkeen arvoa, joka siitä voidaan olettaa saatava pitoajan päättyessä. Investointikohteen tyyppi määrittää jäännösarvon huomioonottamistarpeen. Esimerkiksi autoilla on jäännösarvolla merkitystä, mutta monissa tapauksissa jäännösarvo voi olla nolla tai negatiivinen, eli hyödykkeestä eron pääseminen maksaa. (Haverila ym., 2009, 202.)

Kun vuoden nettotuotto jaetaan keskimääräisellä investoinnilla, saadaan tuottoaste, ROI (return of investment). Tämä yksinkertainen menetelmä antaa usein riittävän tarkan lopputuloksen. Lähtöarvot voivat olla epävarmoja ja täsmällinen laskenta ei hyödytä päätöstä tehtäessä enempää kuin likiarvoilla laskeminen. Esimerkkitalanne voi olla seuraavanlainen

Perushankintameno:	50000 euroa
Investointikohteen jäännösarvo:	5000 euroa
Investointiaika:	5 vuotta
Vuotuinen tuotto:	12000 euroa.

Lasketaan ensin poistot, $(50000-5000)/5=9000$ euroa. Vuotuinen nettotuotto poistojen jälkeen saadaan kun tuotoista vähennetään poistot, $12000-9000=3000$ euroa. Alkuperäisen investoinnin ROI on poistojen jälkeen $100*3000/50000=6\%$ ja investointiin sidottu pääoma keskimäärin $50000+5000/2=27500$ euroa. Keskimääräinen tuotto on $100*3000/27500=11\%$. Tämä on niin sanottu sisäisen korkokannan menetelmä ja sen perusteeksi voidaan ottaa joko investointiin sidottu keskimääräinen pääoma tai koko pääoma. Laskelmat johtavat perusteesta huolimatta yleensä samaan edullisuusjärjestykseen. (Haverila ym. 2009, 204–205.)

Investoinnin kannattavuutta voidaan laskea myös takaisinmaksuajan menetelmän avulla. Menetelmällä selvitetään kuinka kauan vie että investoinnin nettotuotot ylittävät perushankintakustannukset. Jos laskentakorkoa ei oteta huomioon, voidaan takaisinmaksuaika laskea seuraavan esimerkin tavoin. $\text{Perushankintameno/nettotuotto vuodessa}=50000/12000=4,2$ vuotta. Tätä yksinkertaista menetelmää käytetään melko yleisesti ja se sopii tapauksiin, joissa tuottojen kertymistä pitkällä aikavälillä

lillä on vaikea ennakoida. Investoinnit joiden pääoma kertyy nopeasti takaisin, kannattaa suorittaa.
(Haverila ym. 2009, 205–206.)

7 HOONAUSSOLU

Solu on itsenäinen valmistusyksikkö. Tuotantojärjestelmän soluilla pyritään valmistamaan tuotteiston osa siihen erikoistuneessa yksikössä yhdellä impulssilla. Itsenäisen yksikön solusta tekee kun sillä on oma tuotteisto valmistettavanaan, oma yhtenäinen alue, omat siirto- ja nostolaitteensa, oma henkilöstönsä ja vastuu kaikesta toiminnasta. Solua voidaan käsitellä yksikkönä tuotannonohjauksessa, henkilöstöhallinnossa, palkkauksessa, tekniikassa ja kustannuslaskennassa. (Lapinleimu, Kauppinen, Torvinen & Söderström 1997, 85–86.)

Hoonaussolu on kooltaan 25m². Työkoneina toimivat tällä hetkellä Sunnen LBB-1699, Sunnen MBB-1600E ja Sunnen EC-3500. Näistä koneista Sunnen Eclipse EC-3500 on automaattikone, jossa työstettävä kappale kiinnitetään koneeseen kiinnittimillä ja karan isku ja hoonauskiven syöttö tapahtuu automaattisesti. Sunnen LBB-1699 ja Sunnen MBB-1600E ovat manuaalikoneita joilla työkappaleita liikutetaan käsin ilman erillistä kiinnittämistä. Hoonauskoneissa käytetään Sunnen MB 30-5 hoonausöljyä, joka jäähdyttää hoonauskaraa ja kuljettaa pursetta pois. Hoonaussolulla työskentelee yksi vakituinen työntekijä ja solu on tällä hetkellä yhdessä vuorossa.

Sunnen LBB-1600E koneen tekniset tiedot:

Läpimitta-alue	1,5–165mm (.060–6.5")
Karan nopeudet	200–640 rpm
Hoonauspaineensäädin	0–8
Hoonausöljyn tilavuus	50 litraa



KUVA 6. MBB-1600E. (Valokuva Tapio Jauhiainen 2016).

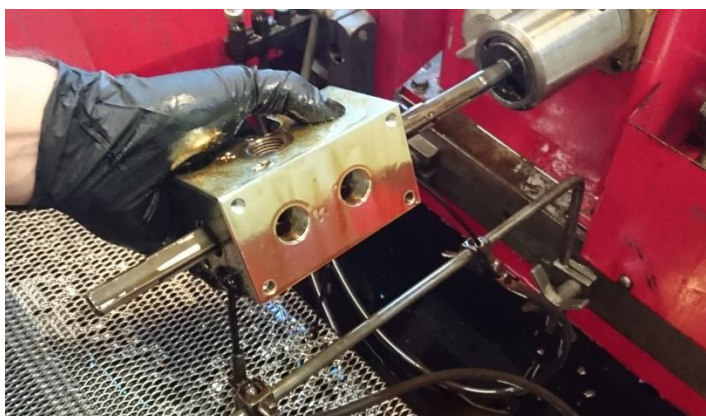
Sunnan LBB-1699 koneen tekniset tiedot:

Läpimitta-alue	1,5–165mm (.060–6.5")
Karan nopeudet	200–640 rpm
Hoonauspaineen säädin	0–8
Hoonausöljyn tilavuus	60 litraa



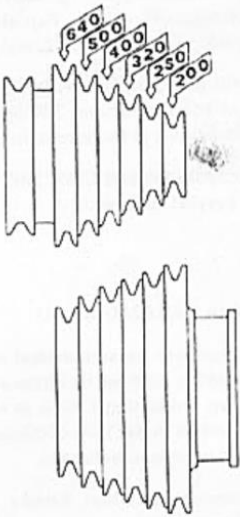
KUVA 7. Sunnen LBB-1699. (Valokuva Tapio Jauhiainen 2016).

Molemmat manuaalihoonaukoneet käynnistetään käynnistinkatkaisimesta ja hoonauskara lähtee liikkeelle jalkapolkimella. Kappaletta kannatellaan ja liikutetaan käsin hoonauskaran pituudelta. Kuvassa 8. on yleisimmän venttiililohkon hoonaus käynnissä. Karanopeutta säädetään vaihtamalla kiihlahinhan paikkaa kiihlahinpyörältä toiselle niin, että välitys muuttuu. Kuvassa 9. on eritelty karanopeudet eri hihnapyörille hoonattavan reiän halkaisijan mukaan.



KUVA 8. Hoonaus. (Valokuva, Tapio Jauhiainen 2016).

Hoonattavan reiän halkaisija	Istukan nopeus
2" (50,80 mm)	200
1-1/2" (38,10 mm)	250
1" (25,40 mm)	320
7/8" (22,20 mm)	400
3/4" (19,00 mm)	500
1/2" (12,70 mm)	640

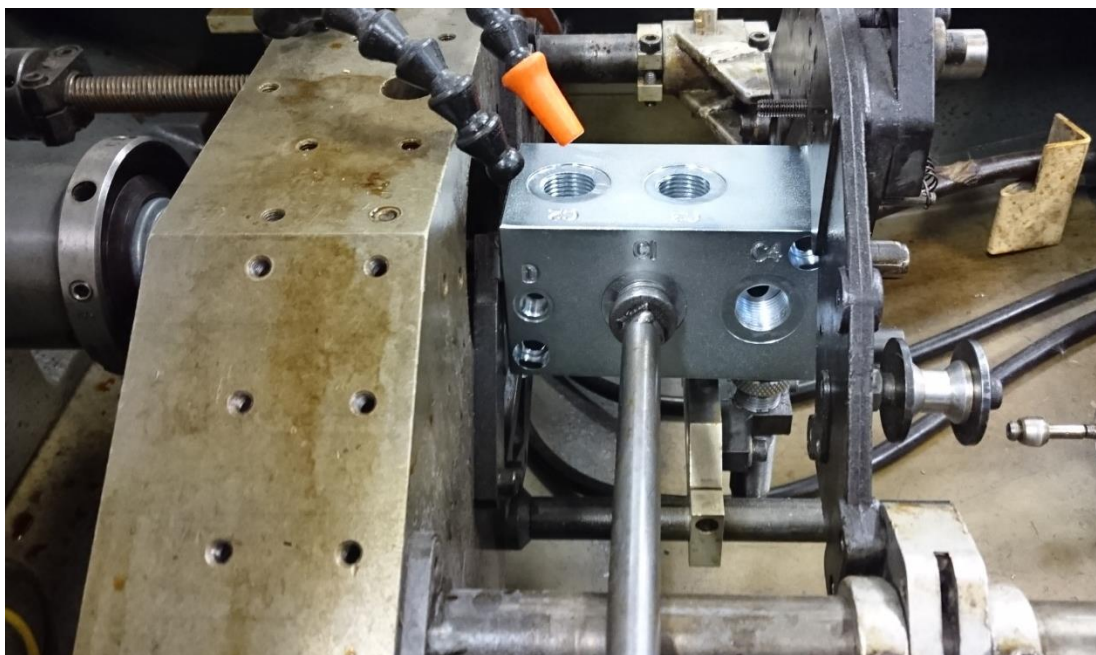


KUVA 9. Karanopeuden valinta. (Sunnen *s.a.*).

Sunnen Eclipse EC-3500 automaattihoonaukoneessa työstettävä kappale joudutaan kiinnittämään koneeseen, jotta kappale pysyy paikoillaan työstön ajan. Sunnen tarjoaa joitakin vakiomallisia kiinnittimiä koneen mukana. Vakiomallisia kiinnittimiä ei ole saatavana kuitenkaan venttiililohkoja varten, vaan kiinnittimet joudutaan valmistamaan itse. Kappaleen kiinnitys ja irroitus vie aikaa, vaikka itse hoonaustyö automaattikoneella on paljon nopeampaa kuin manuaalikoneella. Pidemmän asetusajan takia kokonaistyöaika saattaa olla siksi pidempi kuin manuaalihoonaukoneella. Kuvassa 10. on kiinnitin, jota on käytetty aiemmin kappaleen kiinnitykseen ja kuvassa 9. kiinnitin ja venttiililohko paikoillaan koneessa. (Sunnen *s.a.* 25.)



KUVA 10. Kiinnitin. (Valokuva Tapio Jauhiainen 2016).



KUVA 11. Kiinnitin paikoillaan. (Valokuva Tapio Jauhiainen 2016).

Sunnen Eclipse EC-3500 koneen tekniset tiedot:

Läpimitta-alue käsikäytöllä	1,5–165mm (.060–6.5")
Automaattikäytöllä	1,5–100mm (.060–3.94")
Vakiotuntopäiden mitta-alue automaattimitoituksessa	3,1–51mm (.125–2.0")
Karan nopeudet	200–3000 rpm
Karamoottori	4,0 kW (5,5 hv)
Iskukelkan moottori	1,1 kW (1,5 hv)



KUVA 12. Sunnen Eclipse EC-3500. (Valokuva Tapio Jauhiainen 2016).

Syöttöjärjestelmän ominaisuudet

Patentoitu vakiovoima-syöttöjärjestelmä:

- Kaksivaiheinen syöttövoima (karkea- ja hienotyöstö samassa syklissä)
- Säädettävä maksimisyötön säädin
- Automaattinen kiven kulumisen tasaus

Mittasäätö: Nollapysäytys tai automaattinen mittasäätö (ASC)

Jäähdytysjärjestelmä: Ulosvedettävä hoonausöljyvaunu jossa:

- sisäänrakennettu tyyöalueen roiskeallas
- pumppu
- suodatusjärjestelmä

Pumpun moottori: 0,18 kW (0,25 hv)

Hoonausöljypumppu: 5,6 l/min

Hoonausölytilavuus: 120 litraa

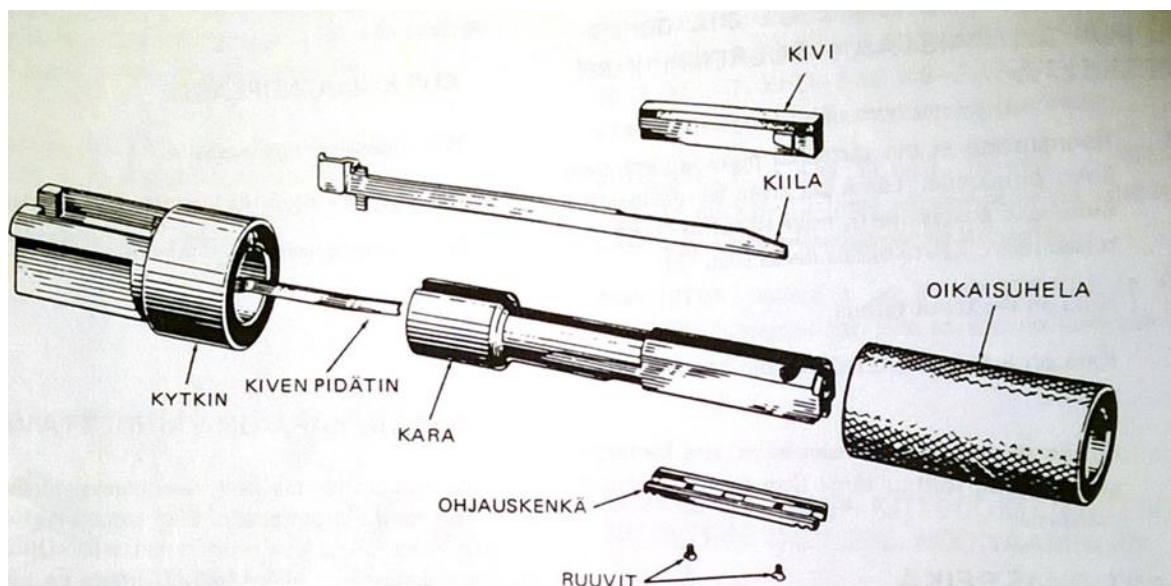
Ohjauspöydästä voidaan ohjata ja ohjelmoida koneen toimintaa. Ohjauspöydästä löytyvät seuraavat toiminnot.

1. Karan nopeus
2. Iskukelkan nopeus
3. Hoonausöljyn syöttö on/off
4. Virran kytkentä
5. Virran katkaisu
6. Iskukelkan siirtoliike
7. Syklin käynnistys
8. Syklin pysäytys
9. Syöttö
10. Hätäpysäytys
11. Työliike
12. Mittasäätö
13. Lisätyöliikkeet
14. Viimeistelyvaiheen voimansyöttö



KUVA 13. Sunnen Eclipse 3500 ohjauspöytä. (Valokuva Tapio Jauhiainen 2016).

Kaikissa hoonaukoneissa voidaan käyttää samoja hoonaustyökaluja sekä öljyä. Kuvassa 11. on yhdellä kivellä varustettu hoonaustyökalu. Käytössä on 1–5 kivellä varustettuja hoonaustyökaluja ja halkaisija-alue vaihtelee 16-35mm välillä. Hoonauksessa ainetta poistetaan karanreiästä 5µ aina 0,1mm asti. Joskus hoonauksen tarve saattaa olla suurempikin, mutta silloin kyseessä on poikkeustapaus.



KUVA 14. Hoonaukara. (Sunnen Käyttö- ja huolto-ohjeet *s.a.*).

Hoonaustyössä käytettävä öljy pestään pois ensin esipesussa, jossa venttiilit huuhdellaan TD10 rasvanpoistoaineella. Esihuuhtelun jälkeen lohkot pestään Sampo-Rosenlew valmistamassa Aqua Clean AS-100 teollisuuspesukoneessa joka on tarkoitettu rasvanpoistoon ja kappaleiden puhdistukseen ja täyttää Konedirektiivi 2006/42/EY, Liite II A:n vaatimukset. Pesukoneessa on kaksi sähkömoottoria joista suurempi pyörittää pesukoneen pumppua ja pienempi höyrynpöistopuhallinta. Pesuaika on asetettu 5-7 minuuttiin ja pesuvesi on 65 celsiusastetta. Kerralla koneeseen mahtuu 10-30kpl hydraulikkaventtiileitä. Pesuaine Bonderite C-AK 5177-10 on tarkoitettu metallintyöstöön -ja pesuun. (Henkel 2014, 5; Sampo-Rosenlew 2010, 4 & 13.)



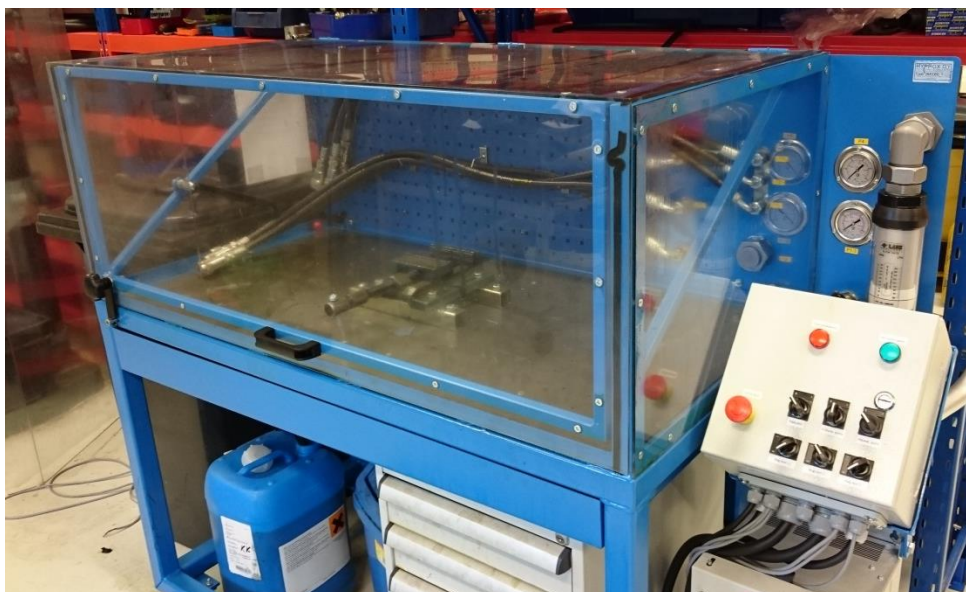
KUVA 15. Aqua Clean AS-100. (Valokuva Tapio Jauhiainen 2016).



KUVA 16. Aqua Clean AS-100. (Valokuva Tapio Jauhiainen 2016).

Pesun jälkeen venttiililohkot puhalletaan paineilmalla kuiviksi ja puhtaiksi pesuvedestä. Paineilmapuhalluksen tarkoitus on poistaa pesuvesi lohkoista ja kuivata lohkot kuivaksi. Paineilmalla puhaltamisen jälkeen lohkot toimitetaan kokoonpanoon.

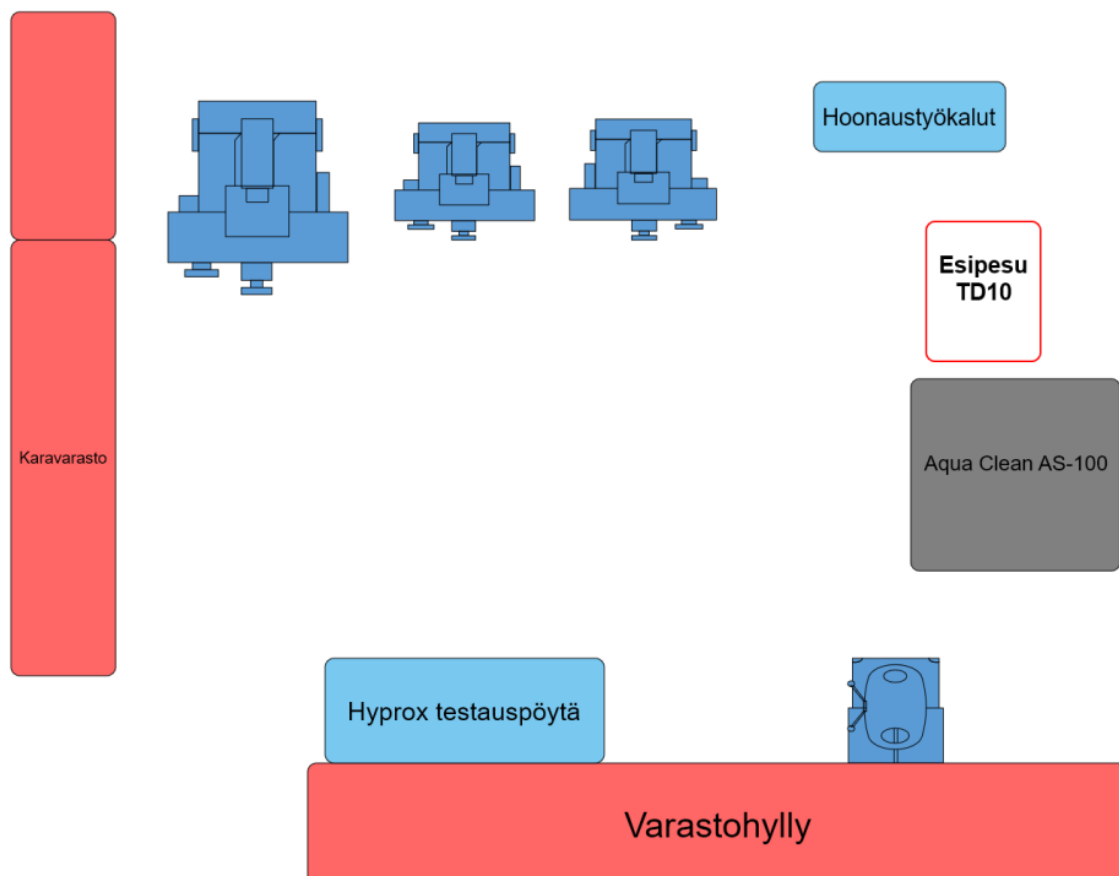
Hoonatut venttiilit testataan Hyprox–hydraulikoneikolla joka täyttää Konedirektiivi 2006/42/EY, Liite II B:n EY-liittymisvakuutuksen osittain valmiista koneesta. Koneikolla voidaan testata venttiileiden läpivirtaus sekä karavuoto. Koneikon huolto- ja käyttöohjeet ovat sähköisessä muodossa muistitikulla. Erimallisia venttiilejä varten on omat pikaliittimet joiden koot ovat 1/4”-sta aina 1”-aan asti. Koneikon maksimi paine on 280 bar. Koneikossa on korkeapainepiiri karavuotojen, sekä matalapainepiiri virtausmäärien mittausta varten. Korkeapainepiirille on kolme paineliitännää ja kolme tankkiliitännää. Matalapainepiirissä on yksi paine- ja yksi tankkiliitännää. Koneikon käyttö ja ohjaus tapahtuu ohjauspaneelista koneikon oikealla sivulla. (Hyprox 2015, 1-3.)



KUVA 17. Hyprox–hydraulikoneikko. (Valokuva Tapio Jauhiainen 2016).

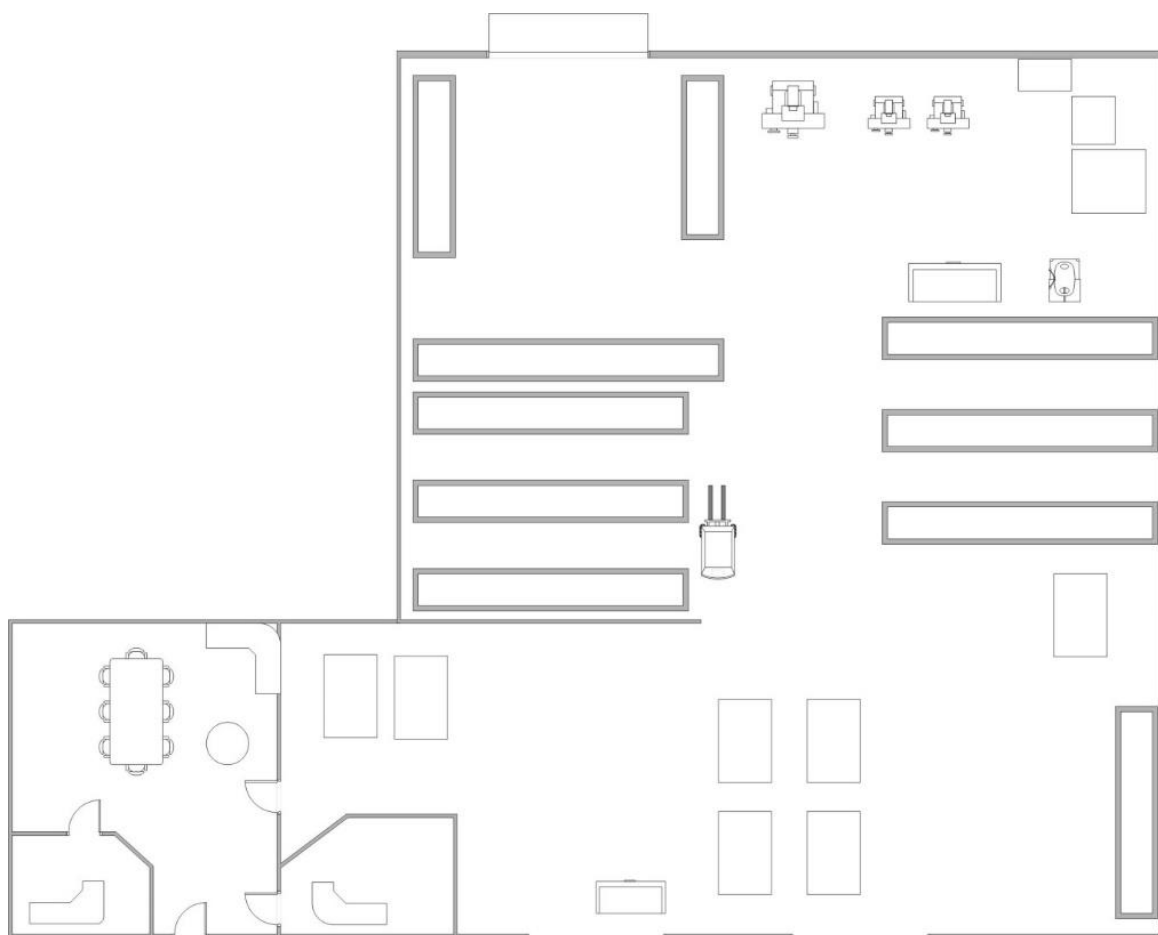
7.1 Layout

Hoonaussolun layout on rakentunut pikkuhiljaa. Omat vaatimuksensa asettavat Sampo-Rosenlew AS-100 pesukone, joka tarvitsee vesi- ja sähköliitännät, sekä Hyprox testauspöytä joka tarvitsee kolmivaihesähköliitännän. Vasemmalla reunassa ovat karahyllyt joissa varastoidaan eri venttiililohkojen karat numeroiduilla paikoillaan. Seuraavana on Sunnen Eclipse EC-3500 automaattihoonauskone, jonka vieressä ovat MBB-1600E ja MBB-1699 hoonauskoneet. Hoonauskoneiden vieressä on hoonaustyökaluhylly, jossa säilytetään hoonauskoaroja ja kiviä.



KUVA 18. Hoonaussolun layout. (Tapio Jauhiainen 2016)

Hoonauskoneiden ja ja hoonaustyökaluhyllyn jälkeen tulee esipesuallas sekä Aqua Clean AS-100 pesukone. Pylväsporakone on sijoitettu hoonaussolun reunaan. Viimeisenä on Hyprox testauspöytä, jossa voidaan venttiililohkot paineistaa hydraulisesti sekä mitata läpivirtaus. Työkappaleet kiertävät myötäpäivään, kunnes poistuvat viimeiseltä työpisteeltä. Tällä hetkellä solu sisältää kolme eri hoonauskoneita joita käyttää yksi henkilö. Kuvassa 19. on koko tehtaan layout.



KUVA 19. Layout. (Tapio Jauhiainen 2016)

Kuvan vasemmassa reunassa sijaitsevat toimistot ja sosiaalitilat. Oikealla ovat kokoonpanotilat ja hyllyvarasto osien varastointia varten. Keskiosassa varastoidaan valmiita tuotteita ja pakkaamo-lähtetäjä on keskellä oikeassa reunassa. Hoonaussolu on ylhäällä oikeassa reunassa ja vasemmalla on saapuvalle ja lähtevälle tavaralle lastauslaituri.

8 UUSI AUTOMAATTIHOONAUSSKONE

Automaattisia ja monikaraisia CNC-ohjattuja koneita on markkinoilla saatavana erilaisina versioina eri tarkoituksiin. Tiedonhankinnassa apuna käytettiin yrityksen kontakteja konetoimittajiin. Koska yrityksessä on käytössä Sunnen merkkiä hoonauskoneita ja niihin toimittaa työkaluja eri konetoimittajat, valittiin Sunnenin valikoimista kaksi konetta joita käytetään vertailussa ja jotka täyttävät ne kriteerit joita koneelle asetettiin. Vaihtoehtona täysin uuden koneen hankinnalle on myös käytetyn koneen hankinta. Käytetty kone voidaan tarvittaessa hankkia myös euroopan markkinoilta.

Käytetyn koneen hankinnassa on hyvät ja huonot puolensa. Hyvinä puolina voidaan mainita halvempi hankintahinta ja se, että konetta on käytetty samantyyppiseen työhön ja voidaan päätellä, että se soveltuu helposti myös yrityksen tarpeisiin. Toisaalta koneen pitoaika voi jäädä lyhyeksi, yllättävä viikaantuminen saattaa myös tulla eteen, jolloin korjauskustannukset nostavat hankinnan hintaa. Uuden koneen hankintaan on tietysti edellytyksin myös mahdollista saada Ely-keskukselta yrityksen kehittämistukea 10–35 %. Avustusta voi saada, jos sillä on merkittävä vaikutus yrityksen käynnistämiseen, laajentamiseen tai uudistamiseen. (Ely-keksus 2016)

8.1 Vaatimukset

Monikaraisen hoonauskoneen teknisiä vaatimuksia tarkasteltaessa tärkeimpinä vaatimuksina oli asetus aika. Lisäksi huollettavuus, helppokäyttöisyys ja työkaluvalikoima olivat asioita, jotka tuli ottaa huomioon. Koneen pääkäyttäjän toimii yksi henkilö, mutta koneen käyttö tulee olla mahdollista myös muilla työntekijöillä.

Koneen käyttömahdollisuudet tulisivat olla mahdollisimman monipuoliset. Koska hoonaustyö on mahdollista toteuttaa NC-ohjatulla koneella, on järkevää ottaa tulevaisuuden mahdollisuudet huomioon. Tämä tarkoittaa sitä, että hoonausolu rakennetaan niin, että siitä voidaan kehittää tehtaan ensimmäinen Flexible Manufacturing Unit (FMU), eli joustava tuotantoyksikkö. FMU:n perustana toimii NC-ohjattu hoonauskone, jonka ympärille voidaan toteuttaa materiaalinkäsittelylaitteet ja informaatiojärjestelmät. Koska vaatimuksena on mahdollisuus toteuttaa FMU-järjestelmä, täytyy erilaiset robotisointivaihtoehdot ottaa myös huomioon. Koneesta olisi hyvä löytyä yhteydet ja liitännät jotka mahdollistavat robotin lisäämisen järjestelmään.

8.2 Vaihtoehdot

Yrityksellä on käytössä Sunnen merkkiä hoonauskoneita ja siksi ensimmäiseksi tutkittiin vaihtoehtoja Sunnenin maahantuojan valikoimista. Vaihtoehtojen määrä koneelle asetettujen vaatimusten takia rajoittui lopulta kahteen samantyyppiseen koneeseen, joiden kapasiteetti eroaa hieman toisistaan.

Sunnen SV-2000 on yksikarainen automaattihoonauskone ja varustettu yhdellä vertikaalisella hoonauskaralla ja kapplevaihtoa helpottavalla makasiinilla. Kone on rakennettu modulaariselle mutta

kestävälle alustalle, joka on helposti muokattavissa asiakkaan tarpeiden mukaiseksi. Kone toimii joustavasti niin tavanomaisessa edestaisen liikkeen vaativissa hoonaustöissä, kuin yksittäisen liikkeen hoonaustöissä. Sunnen SV-2000 pystyy saavuttamaan teollisuuden tiukat vaatimukset ja toleranssit aina 0,00025mm asti. Tämä ketterä kone sopii erilaiiin sovelluksiin kuten esimerkiksi hydrauliset venttiilit ja niiden rungot sekä hydraulipumput, polttoainepumput, vaihteistot ja niiden osat, aseiden piiput sekä jäähdytinkompressoreiden osat. (Sunnen 2008, 2-3.)

Koneen perusominaisuuksiin kuuluvat helppohoitoinen ja vähän huoltoa kaipaava ruostumattomasta teräksestä valmistetut suojat jotka antavat näkösuojaa ja suojaavat operaattoria. Kestovoideltu ja ylimitoitettu karan ohjauslinja takaa hyvän suorituskyvyn ja pitkän käyttöiän. Koneessa on tarkka, korkean vääntömomentin takaava hihnavetoinen servo-ohjattu hoonauskara. Patentoitu kuorman aistiva hoonauspaineensyöttöjärjestelmä voi toimia jatkuvasti tai osittain prosessin optimoimiseksi. Edistykellisen servo-ohjatun iskunohjauksen ansiosta kone voi suorittaa lyhyitä hoonausiskuja tai hoonata tiettyä kohtaa paikoillaan. Synkronisoitu servo-ohjattu karan isku ylläpitää jatkuvaa ristikkäistä hoonauskuvioviimeistelyä läpi kappaleen. Koneeseen on saatavana myös erillinen puhdistusasema. (Sunnen 2008, 3-4.)

Sunnen SV-2000 koneessa on Windows-pohjainen kosketusnäyttölinen PC-järjestelmä, jonka avulla voidaan kontrolloida prosesseja helposti. Järjestelmän avulla voidaan ohjelmoida monimutkaisiakin liikesarjoja. Automaatioliitântä mahdollistaa saumattoman integraation, esimerkiksi robotin liittämisen lastausta ja purkua varten. Useita erilaisia ohjelmia voidaan syöttää ja tallentaa myöhempää käyttöä varten. (Sunnen 2008, 3-4.)

Sunnen SV-2000 Tekniset tiedot:

Halkaisija alue: 3–65mm

Maksimipaino kappaleella: 115kg

Karanopeus: 100–4000 rpm

Karan iskutiheys: 100–400 spm

Karan moottori: 7.5kW

Kuvassa 14. on Sunnen SV-2000 mallin esitekuva, josta nähdään koneen rakenne, kosketusnäyttölinen ohjauspaneeli, hoonauskara ja työkappaleen kiinityspaletti jonka kapasiteetti on kaksi työkappaletta ja yksi hoonauskara.



KUVA 20. Sunnen SV-2000. (Sunnen 2008).

Sunnen VSS-2 eroaa SV-2000-mallista hieman suuremman kokonsa puolesta ja siten että se on varustettu joko neljällä, kuudella tai kahdeksalla hoonauskaralla. Kaikkia karapaikkoja ei tarvitse varustaa hoonauskaralla, vaan niihin voidaan asettaa mittapää tai teräsharja puhdistusta varten. VSS-2 on kertauskone, joka tarkoittaa sitä että kone ajaa kappaleen kertaalleen läpi esihoonauksessa ja toisen kerran viimeistelyvaiheessa. Tämä asettaa omat vaatimuksensa tökaluille mutta myös työstettäville kappaleille. Hoonattavat työkappaleet asetetaan ympyrän muotoiseen karuselliin omille paikoilleen. Karuselli liikkuu pyörivällä liikkeellä akselinsa ympäri niin että kappaleet asettuvat hoonauskarojen kohdalle. Koneeseen on mahdollista asentaa mittaustyökalu, joka mittaa hoonattavan reiän ja tarkistaa onko kappale oikeassa mitassa.

Sunnen VSS-2 Tekniset tiedot:

Halkaisija-alue: 3–65mm

Maksimipaino kappaleella: 85kg

Karanopeus: 100–2500 rpm

Karan iskutiheys: 100–400 spm

Karan moottori: 7.5kW

Kuvassa 15. on Sunnen VS-2 mallin esitekuva, josta nähdään koneen rakenne, kosketusnäyttöinen ohjauspaneeli, hoonauskarat joita on kuusi kappaletta ja työkappaleen kiintyspaletti jonka kapasiteetti on kahdeksan työkappaletta ja kuusi hoonauskaraa.



KUVA 21. Sunnen VSS-2. (Sunnen 2008).

Molemmat koneet ovat kompaktin kokoisia ja niiden sijoittaminen tuotantotilaan on sen ansiosta helppoa. Lisäksi PC-pohjainen käyttöliittymä helpottaa operaattoria koneen ohjelmoinnissa. Työkaluvalikoima on kummassakin koneessa kattava ja riittää yrityksen tarpeisiin. Kummastakin koneesta löytyy myös tietoliitännät robotin kytkemistä varten. Näiden liitännäntöjen ansiosta robotti ja automaattikone voidaan yhdistää toimimaan saumattomasti yhdessä ja esimerkiksi vikatilanteessa molemmat pysähtyvät samanaikaisesti lisävahinkojen välttämiseksi. (Sunnen 2008, 6)

9 ROBOTTI

Yhtenä kriteerinä automaattihoonaukoneelle oli toimia perustana FMU:lle joka tarkoittaa sitä, että on tutkittava robotin käyttömahdollisuus hoonaussolulla. Hoonattavat kappaleet eivät ole kovin painavia vaan noin 2 kilogrammasta noin 10 kilogrammaan, eli nostokapasiteettia ei robotilla tarvitse olla kovin paljoa. Ulottuvuutta olisi kuitenkin oltava noin 150 cm:stä jopa 200cm:n asti. Muita vaatimuksia robotille olivat helppo ohjelmoitavuus ja huollettavuus. Eri robottivalmistajia on maailmassa useita kymmeniä. Robottimerkkien ja mallien vertailussa käytettiin apuna kokemuksia yritysvierailuilta robotteja käyttävissä konepajoissa sekä tutkittiin mitä robotteja teollisuusyritykset käyttävät. Robottivaihtoehdoksi valikoitui Abb:n robottimalli. Teollisuusrobotteja vastaavilla ominaisuuksilla löytyy arviolta useita kymmeniä eri valmistajilta. Merkillä ei lopputuloksen kannalta ole merkitystä koska kappaleenvaihtotyöstä selviytyy varmasti kaikki merkit ja mallit sunnilleen samalla tavalla.

Yksi robottimerkki jota yleisesti käytetään teollisuudessa, on ABB. ABB valmistaa robotteja eri käyttötarkoituksiin aina maalausroboteista kokoonpano- ja pakkauslijastoillekin. Robottivalikoimista pyrimme etsimään robotin, joka olisi ulottuva mutta sillä ei tarvitse olla suurta kuorman kannattelukykyä. IRB 4400 on kuusiakselinen teollisuusrobotti ja sen ulottisuus on noin 200cm sekä kuormankantokyky on 60kg. IRB 4400 on IP67 suojattu ja voidaan tarvittaessa pestä jopa painepesurilla, jonka ansiosta se soveltuu rankkoihin olosuhteisiin. Vaihteisto ja johdotukset ovat huoltovapaat. Robotissa on monipuoliset liitännämahdollisuudet tietoverkkoihin. (ABB 2010)



KUVA 22. ABB IRB 4400. (Esitekuva ABB 2010).

10 KEHITETTY VERSIO

Perusajatuksena menetelmäkehityksessä on, että arvoa lisäävän työn osuutta saataisiin kasvatettua työpäivän aikana mahdollisimman paljon. Minimoimalla asetusajat voi usein toistuvien lyhyidenkin sarjojen hoonaus olla kannattavaa mekanisoida. Asetusajat ovatkin yksi mekanisointia ja automatisointia rajoittava tekijä, joka tulee ottaa huomioon jo järjestelmää suunniteltaessa.

Menetelmäkehityksessä keskityttiin ensin tarkkailemaan hoonaussolun työskentelyä ja työkappaleen virtausta. Työskentelyä tarkasteltiin Leanin näkökulmasta ja selvitettiin mistä hukka syntyy. Hoonattava sarjakoko vaihtelee 1:stä aina 100:n kappaleeseen asti. Hoonauksessa työkappaleelle tulee odotusta eri työvaiheissa välillä melko pitkiä aikoja. Esihoonaus vie hoonauksessa suurimman osan aikaa, jolloin kappaleet odottavat joko esihoonattavaksi tuloa tai viimeistelyhoonausta tai ovat esihoonattavana manuaalikoneella. Esihoonaus vie 2/3 hoonausajasta. Esihoonausaikaa tulisi siis lyhentää. Pesuajat ja kuljetukset eivät aiheuta suurta hukkaa, mutta pesua-aikaa voidaan tarvittaessa tarkastella ja muuttaa pesukoneen asetuksia ja pesuainetta paremman ja nopeamman pesutuloksen saavuttamiseksi. Lisäksi hoonausöljyjä voidaan vertailla ja etsiä vaihtoehto, joka on helpommin pestävissä.

Hoonauksessa käytetään kuvan 23. mukaista tulkkia, jonka avulla tarkastetaan, milloin esimerkiksi esihoonaus on valmis. Välillä kappaletta joudutaan tarkastamaan monta kertaa kesken hoonauksen, niin esihoonausvaiheessa, kuin viimeistelyvaiheessakin. Viimeistelyhoonauksessa tulkkinäköalaksi käytetään varsinaista karaa, joka valmiissa tuotteessa tulee olla.



KUVA 23. Hoonautulkki. (Valokuva Tapio Jauhiainen 2016)

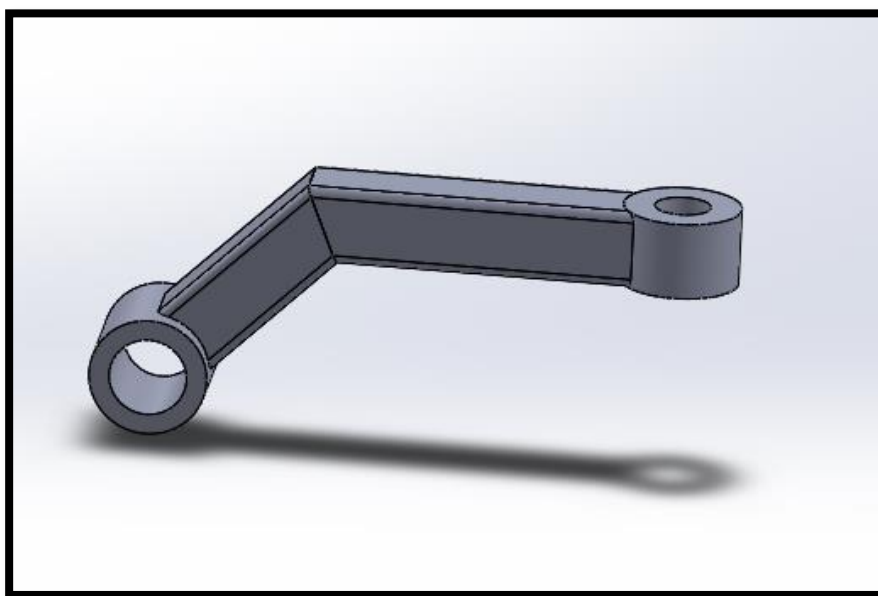
Smed-järjestelmää sovellettiin hoonaustyöpisteellä automaattikoneen EC-3500 käyttöön. Yksi merkittävä parannuskohde hoonaustyöpisteellä on automaattikoneen käyttö ja etenkin asetus aika, jonka kappaleen hoonaus vaatii. Käytössä on ollut yksi, venttiililohkoon käsin kierrettävä irtonainen kiinni-

tin, joka on hidaskiinnittäjä ja poistaa venttiililohkosta. Itse hoonausprosessi on nopeampi automaattikoneella ja esihoonaus sujuu nopeammin koska koneen automaattinen lukupää pysäyttää prosessin, kun venttiililohko on oikeassa mitassa. Käsinkierrettävän kiinnittimen tilalle onkin suunnitteilla koneeseen kiinteästi asennettu kiinnitin, joka on nopeampi kiinnittäjä ja poisaiventtiililohkosta. Aiemmin yhden lohkon hoonaaminen vei vanhan kiinnittimen kanssa 4-6 minuuttia ja 10 kpl sarjan esihoonausvaihe vei noin 40 minuuttia mittaisen jakson. Samassa ajassa voidaan onnistuneesti hoontaa manuaalikoneella täysin valmiiksi 7 kpl venttiililohkoja.

10.1 Uusi EC-3500 kiinnitin

Hoonausajan lyhentämiseksi voidaan esihoonauksessa hyödyntää EC-3500 automaattikoneetta. Kiinnittintä on alusavasti suunniteltu kiinnitettäväksi koneeseen kiinteästi kiinni. Kiinnitin toimii niin, että se estää kappaleen pyörähtämisen hoonauskaran mukana. Kiinnittimen tuoma lisähyöty hoonaustyössä voi ajassa mitattuna olla jopa noin 2.5 minuutista jopa 4 minuuttiin lohkoa kohti. Jos esihoonausaika lyhenee noin 70 %, kokonaishoonausaika voi lyhentyä siis 10 kpl sarjalle jopa 35–50 %. Ajallisesti se tarkoittaa sitä, että 10 kpl sarjan hoonaus vie noin 51 minuuttia valmiiksi asti.

Kiinnittintä on hahmoteltu ja siitä on yritetty suunnitella mahdollisimman yksinkertainen, mutta tukeva. Yhtenä vaihtoehtona venttiiliin kiinnittämiseksi koneeseen olisi jousipuristeinen kiinnitin, joka voidaan kiinnittää helposti lohkon kierteisiin. Kiinnitin voidaan suunnitella myös kiinteäksi osaksi hoonauskoneetta. Yksi vaihtoehtoinen kiinnitinmalli kiinnitetään venttiililohkoon kiertämällä se yhteen linjalähtöön kiinni, kuten aiempi tappimallinen kiinnitin mutta se on kiinteästi koneessa kiinni. Kiinnittimestä on hahmoteltu erilaisia malleja SolidWorks 3D-mallinnusohjelmalla joista kuvassa 24. näkyy esimerkki.



KUVA 24. Kiinnitin. 3D-malli, (Tapio Jauhiainen 2016)

EC-3500 koneen käyttö vaatii ihmisen avukseen koska esimerkiksi koneen käynnistys ja kappaleenvaihto ovat sen verran monimutkaisia toimenpiteitä, että robotiikan lisäys ei toisi lisähyötyä työskentelyyn.

10.2 Vaihtoehtoinen järjestelmä

Hoonaustyöpisteen virtauksen kehittämiseksi on toisena vaihtoehtona hankkia nopeampikäyttöinen automaattinen hoonauskone. Sunnenin SV-2000 sarjan kone on yksi vaihtoehdoista. Työstettävää kappaletta varten koneeseen rakennetaan jo tehtaalla omat kiinnittimensä jotta kappaleiden kiinnitys olisi mahdollisimman tehokasta. Työkalut suunnitellaan myös jo tehtaan puolesta. Virtauksen parantamiseksi SV-2000 mallin kone on askel kohti nopeampaa läpimenoaikaa. Hyvän kiinnittimen, kääntyvän palettimallisen kappaleenvaihtopöydän ja parempien työstöarvojen ansiosta työaika yhtä venttiilohkoa kohti nopeutuu huomattavasti.

Koneelle voidaan laskea työstöaika, minkä 10 kpl venttiilisarjan valmiiksi hoonaus vie. Koneessa voidaan käyttää työkalua, joka hoonaa kappaleen valmiiksi asti. Koneen työstöarvot ovat noin 57 % paremmat kuin manuaalikoneessa. Koska koneeseen voidaan kiinnittää kaksi työstettävää kappaletta kerrallaan, on työskentely huomattavasti nopeampaa. Käytännössä kun kone työstää ensimmäistä kappaletta, voidaan palettiin vaihtaa uusi työstettävä kappale. Operaattorin tehtäväksi jää siis vain kappaleen vaihto. Koneella voidaan hoonata 10 kpl sarja alusta loppuun noin 25 minuutin aikana.

Koneeseen voidaan lisätä tietoliikenneyhteydet robotiikkaa varten. Kone toimii tällöin yhdessä teollisuusrobotin kanssa. Toellisuusrobotti toimii kappaleenvaihtajana jolloin operaattorille jää aikaa tehdä muita töitä. Vaihtoehtoisesti robotti voi tehdä toisen, miehittämättömän tai niukastimiehitetyn vuoron. Kappaleenvaihtorobottina voi toimia ABB IRB 4400.

Kolmas vaihtoehto on hankkia tehokkaampi kone niin työstöarvoiltaan kuin kapasiteetiltaan. Sunnenin VSS-2-sarjan kone on mahdollista varustaa jopa kuudella hoonauskaralla. Toisaalta koneeseen voidaan hoonauskarapaikoille asentaa myös automaattinen mittapää joka mittaa hoonattavan kappaleen sisäreiän ja ilmoittaa, onko siinä korjattavaa. Koneeseen suunnitellaan tehtaalla omat kiinnittimet erilaisia työstettäviä kappaleita varten, joten kappaleiden kiinnitys on helppoa ja tehokasta. Koneessa on palettimallinen pyörivä työpöytä joka liikuttaa työkappaleet hoonauskarojen kahdalle. (Hasselgren 2016.)

Kone on toimintaperiaatteiltaan hieman erilainen kuin SV-2000 ja on niin sanottu kertaiskukone (single stroke). Kone siis hoonaa kappaleen kerran läpi yhdellä työkalulla. Siksi koneeseen asennetaan kolme erilaista hoonaustyökalua. Rouhintakara, esihoonauskara sekä viimeistelykara. Näiden lisäksi voidaan asentaa automaattinen mittauspää, teräsharja puhdistusta varten sekä viimeisenä työkalu, joka huuhtelee lohkon puhtaaksi. (Hasselgren 2016.)

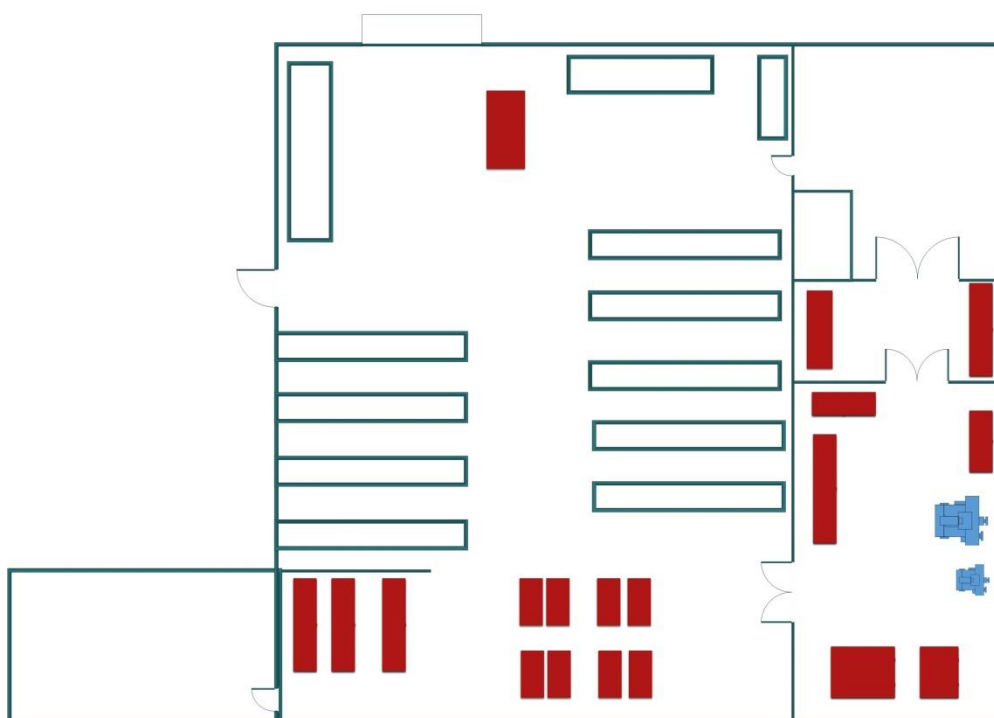
Koneelle voidaan laskea työstöaika, minkä 10 kpl venttiilisarjan valmiiksi hoonaus vie. Koneessa on kiinnityspaikat kahdeksalle hoonattavalle venttiilille. Koneen kapasiteetin ja työstöarvojen ansiosta hoonaus on noin 86 % tehokkaampaa kuin manuaalikoneella. 10 kpl sarjan hoonaus valmiiksi asti kestää noin 9 minuuttia. Venttiililohkot ovat siis tällöin valmiiksi hoonattuina ja mitattuina sekä puhdistettuina ja huuhdeltuina ja valmiita kokoonpanoa varten.

Koneeseen voidaan lisätä tietoliikenneyhteydet robotiikkaa varten. Kone toimii tällöin yhdessä teollisuusrobotin kanssa. Toellisuusrobotti toimii kappaleenvaihtajana jolloin operaattorille jää aikaa tehdä muita töitä. Vaihtoehtoisesti robotti voi tehdä toisen, miehittämättömän tai niukastimiehitetyn vuoron tai vaihtoehtoisesti yövuoron. Kappaleenvaihtorobottina voi toimia ABB IRB 4400. (Hasselgren 2016.)

Vaihtoehtoisista järjestelmistä tehdään vertailu, jossa selvitetään kapasiteetin nousu ja sen tuoma hyöty tuotannossa. Lisäksi järjestelmille täytyy laskea takaisimaksuaika sekä voidaanko vaihtoehtoisilla järjestelmillä saada taloudellista hyötyä. Koska hoonauksen osalta kapasiteetti nousee kun työvaiheita mekanisoidaan, tarkoittaa se että myös kokoonpanon kapasiteettiä täytyy nostaa eli henkilöresursseja täytyy lisätä. Tämä täytyy ottaa huomioon kannattavuuslaskelmissa.

10.3 Uusi layout

Uusi layout on lähdetty suunnittelemaan sen oletuksen pohjalta, että tuotannon kapasiteettia joudutaan nostamaan. Alkuperäiseen layouttiin verrattuna on uusittu layout muuttunut ja lisätilan tarpeen vuoksi on hallia laajennettu ja osa toiminnoista on sijoitettu tähän laajennettuun tilaan. Varaston järjestystä on myös muutettu sekä lähettämö on vaihtanut paikkaa. Lähettämö ja tuotteiden pakkausmateriaalit ovat sijoitettuna nosto-oven läheisyyteen. Näin lähtevät tuotteet voidaan keskittää samaan paikkaan. Saapuva tavara tulee nyt omasta ovesta halliin josta ne voidaan kuljettaa varastoon, tarkastettavaksi ja hoonattavaksi. Kuvassa 25. on uusittu layout-malli, jota voidaan soveltaa tehtaan uudelleen järjestelyssä. Nykyisten hoonauskoneiden paikalle tällä layout-suunnitelmalla on helppo sijoittaa uusi pystykarainen automaattihoonauskone ja kappaleenvaihtorobotti suojaseinän kanssa.



KUVA 25. Uusi layout. (Tapio Jauhiainen 2016)

11 VERTAILU

Mekanisointitasoja vertaillaan lähtötilanteen, eli hoonaus manuaalikoneella ja automatisoidun FMU-tuotantosolun ollen ääripäinä vertailussa. Työpisteen toimintaa vertaillaan siten, että tutkitaan miten manuaalikone, yksikarainen automaattikone, monikarainen automaattikone käsin lastattuna ja purettuna sekä miten SV-2000 ja monikarainen VSS-2 automaattikone robotilla lastattuna ja purettuna soveltuvat eri tuotantomäärille, eli lasketaan kapasiteetti eri vaihtoehdoille.

Pelkästään työstöarvoja vertailtaessa voidaan havaita, että manuaalikone on arvoiltaan tehottomin. Kummankin manuaalikoneen maksimikaranopeus on 640 rpm kun EC-3500 koneen karanopeus on jopa 3000 rpm. Maksimikaranopeudella ei ole suurta merkitystä, koska hydraulikkaventtileissä yleisimmin käytetylle 16mm karalle riittää noin 800–1500rpm, muuta karauskun nopeudella on vaikutus hoonausjälkeen ja työstönopeuteen.

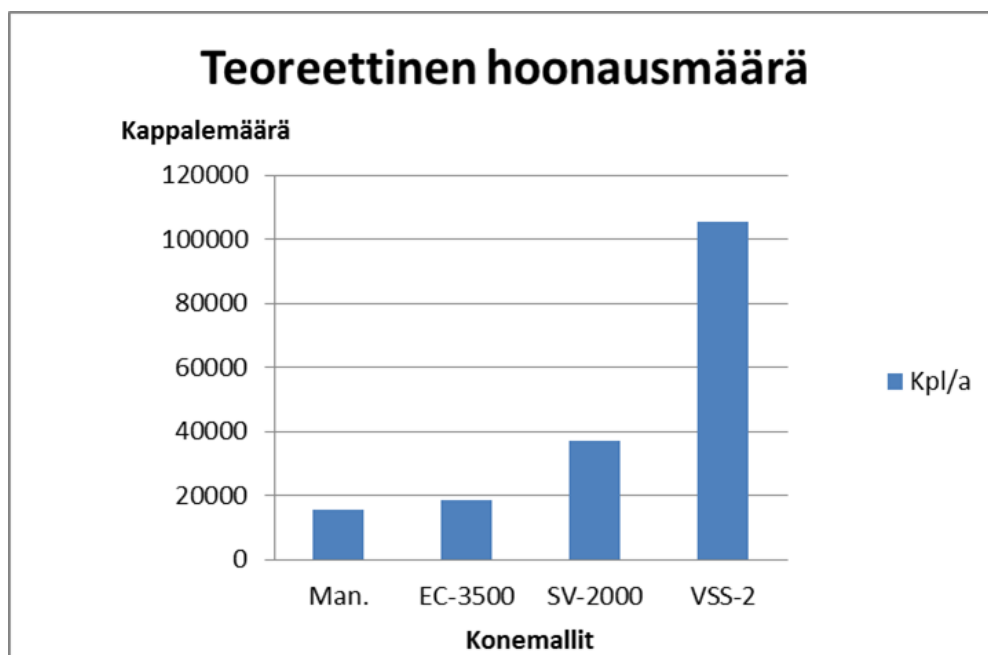
11.1 Kapasiteetti

Kapasiteettia ei voida muuttaa päivittäisenä dynaamisena operatiivisena toimintona vaan sen suunnittelu onkin tehtävä kuukausien tai jopa vuodesta kahteen vuoteen olevalla aikavälillä. Kapasiteettia voidaan muuttaa nopeasti ylitöillä ja työaikajoustoilla, mutta muutos on suhteellisen pieni. Kuormitus vaihtelee väkisin ja nämä keinot olisi hyvä jättää tuotantosuunnitelmaan kuormituksen vaihtelun tasaamista varten. Tuotantosuunnitelmaa ei voida tehdä niin tarkasti, että kuormitus jakautuisi tasaisesti valmistusyksiköille vaan sitä joudutaan tasaamaan valmistuksessa. (Lapinleimu ym. 1997, 203.)

Kun kapasiteettia aletaan suunnitella, tehdään se valmistusyksiköittäin. Yksikön työkyvyn on kasvatava, kun aletaan toteuttaa kapasiteettisuunnitelman suunnitelmia. Keinoja tähän ovat työntekijöiden lisäys kokoonpanossa, toisen tai kolmannen vuoron käyttöönotto, uuden tehokkaamman koneen hankinta, konekannan lisäys tai rinnakkaisen yksikön perustaminen. (Lapinleimu ym. 1997, 202–203.)

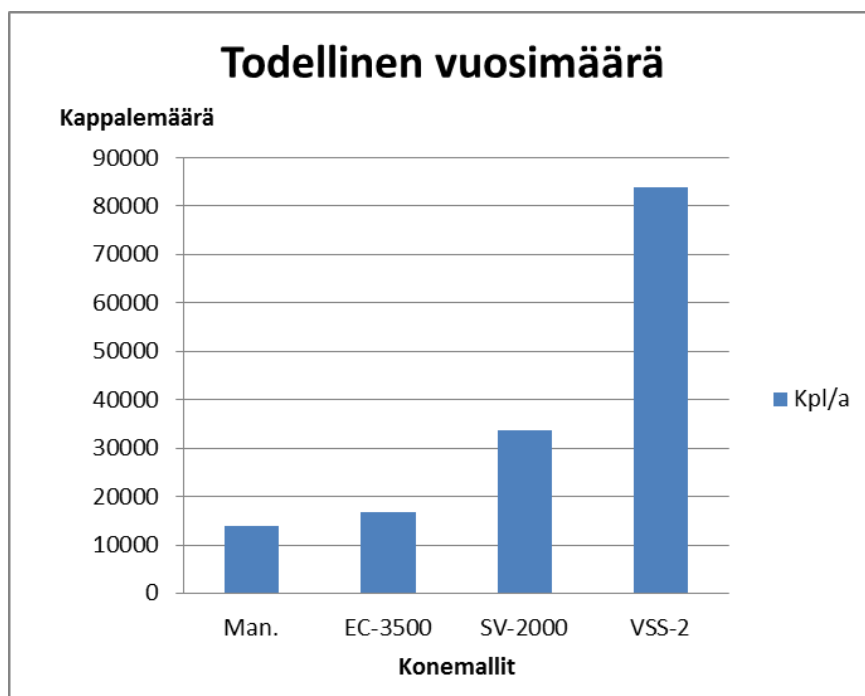
Yhtenä tärkeimmistä tutkittavista asioista on selvittää, millaisilla henkilöstöresursseilla voidaan hoonausolosolun kapasiteettia nostaa ja kuinka paljon? Menetelmäkehityksessä havaittiin että asetusajkojen minimoinnilla voidaan EC-3500 koneen asetusajkaa ja käyttöä tehostaa. Lyhyempi asetusajka tarkoittaa nopeampaa läpäisyajkaa ja näin myös kapasiteettia voidaan nostaa nykyisillä koneilla.

Nykyinen kapasiteetti on hoonauksen osalta noin 6000–10000 hoonattavaa venttiiliä vuodessa. Laittekokoonpanolla ja henkilöstöresursseilla jotka yrityksessä on tällä hetkellä käytettävissä, voidaan päästä noin 12000 hoonattavan hydraulikkaventtiilin vuosivalmistukseen. Vaihtoehdoille on laksettu taulukko 1. mukaiset teoreettiset hoonausmäärä vuositasolla jos työtä tehdään nykyisen 8h työpäivän mukaan. Teoreettinen kapasiteetti jo osittaa että oikeantyyppisellä mekanisoinnin toteutuksella voidaan saavuttaa kapasiteetissa huomattavaa nousua.



TAULUKKO 1. Teoreettinen hoonausmäärä vuodessa.

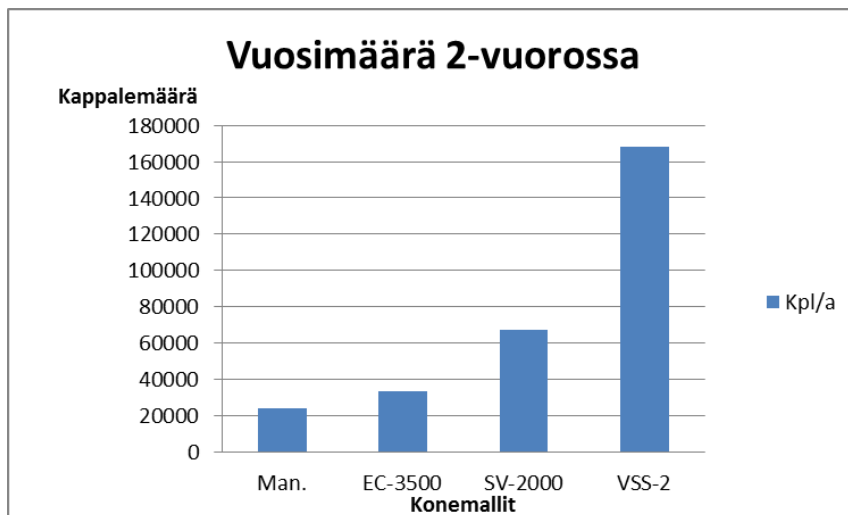
Kun huomioon otetaan, että todellisuudessa jalostavaan työhön käytettävissä olevat tunnit hupenevat hukka-aikoihin, kuten jo aiemmin kuvassa 5. todettiin. Kuvassa 5. esiintyvää laskelmaa voidaan käyttää pohjana, kun lasketaan koneiden käyttöaikoja ja kapasiteettia vuositasona. Laskelmassa oletetaan että työtä tehdään yhdessä vuorossa. Taulukossa 2. on huomioon otettu hukka-ajat ja laskelma on tehty 8h työpäivän mukaan.



TALUKKO 2. Todellinen vuosimäärä.

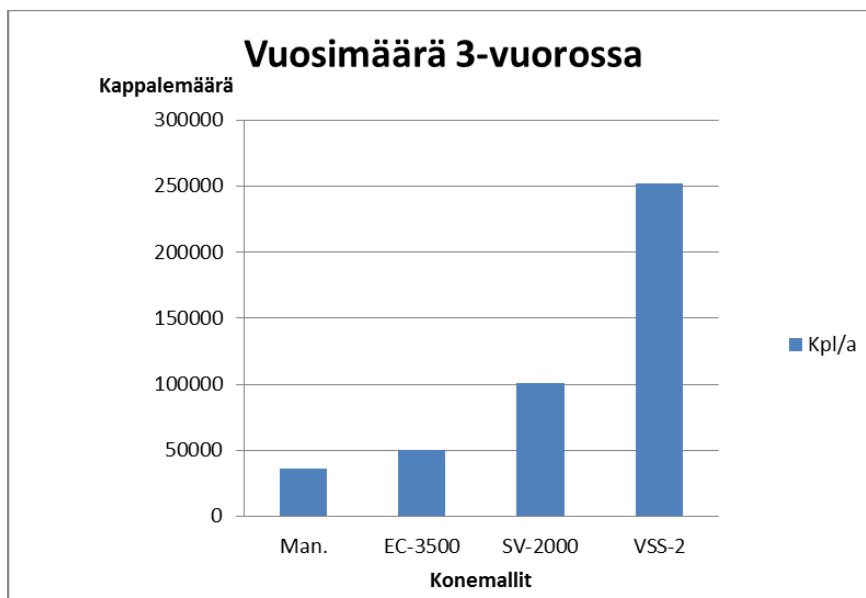
Kokemus on osoittanut että manuaalisesti hoonatessa häiriöitä voi sattua työpäivän aikana niin paljon, että todellinen kapasiteetti jää noin 12000 kappaleeseen vuodessa. Kapasiteettia voidaan nostaa

ottamalla toinen työvuoro käyttöön, jolloin työtä tehdään 16h vuorokaudessa. Kun hukka-ajat otetaan huomioon, koneille tulee käyntiaikaa noin 2800h vuodessa. Silloin hoonattavat kappalemäärät nousevat jo huomattavasti. Kuten taulukosta 3. voimme huomata voidaan monikataisella automaattikoneella hoonata 7 kertainen määrä verrattuna manuaalisesti suoritettuun hoonaukseen.



TAULUKKO 3. Vuosimäärä 2-vuorossa.

Kapasiteettia voidaan nostaa ottamalla kolmas vuoro käyttöön. Tämä tarkoittaa kuitenkin sitä, että kolmas vuoro täytyy pystyä tekemään miehittämättömänä. Silloin säästöä tulee palkkakustannuksissa, mutta toisaalta se sitoo pääomaa automaatiolaitistoon, eli robottiin. Manuaalikonetta tai EC-3500 konetta ei voida käyttää robotin avulla niiden monimutkaisten toimintojen takia. Vaihtoehdoksii jää joko tehdä työtä kahdessa vuorossa tai ottaa miehitetty yövuoro käyttöön. On tietysti myös mahdollista, että SV-2000 ja VSS-2 koneita ajetaan robotin avulla kokoajan jolloin miehitystä ei juurikaan tarvita. Robotti ja automaattihoonauskone tarvitsevat operaattorin esimerkiksi vikatilanteessa tai kun joudutaan vaihtamaan ohjelmaa, jolloin päivävuorossa täytyy ainakin olla miehitystä. Kolmessa vuorossa kappalemäärät nousevat jo melko suuriksi kun verrataan nykytilanteeseen, kuten taulukosta 4. voimme havaita.



TAULUKKO 4. Vuosimäärä 3-vuorossa.

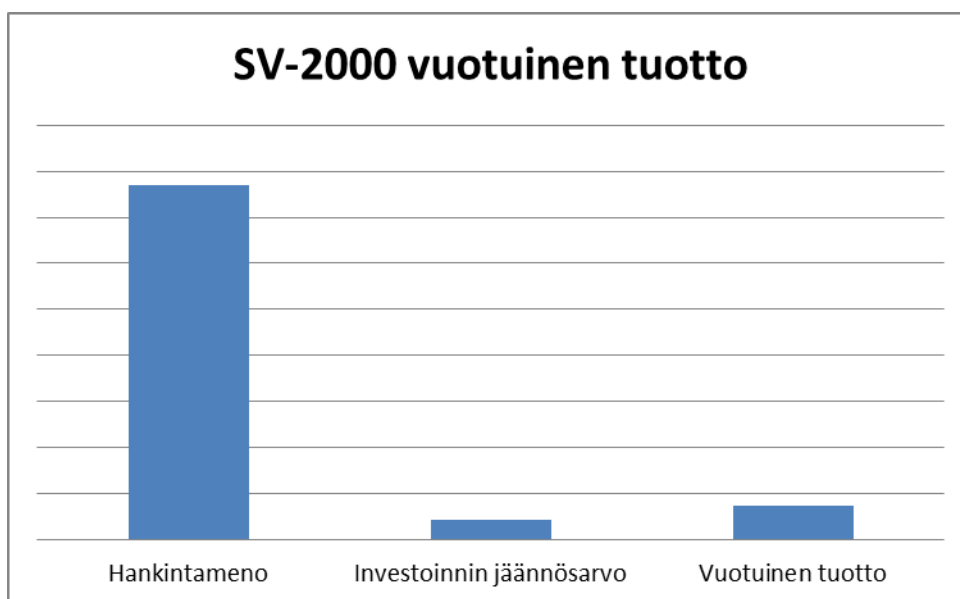
Kappalemäärä, joka voidaan saavuttaa tehokkaimmalla järjestelmällä, on jopa yli kaksikymmentäkertainen verrattuna nykytilanteeseen. Yövuoro tulisi pyrkiä toteuttamaan miehittämättömänä tai niukalla miehityksellä, joten manuaalihoonaus tai EC-3500 koneen käyttö ei onnistu tai ei ole kannattavaa.

Kapasiteettivertailussa voidaan todeta, että nykyaikainen NC-ohjattu automaattinen hoonauskone on moninverroin tehokkaampi kuin manuaalinen osin käsin toteutettu hoonaus. Ihmisen työteho usein laskee päivän aikana mutta koneen ei, jolloin notkahdusta työtehossa ei tule. Pelkästään EC-3500 koneen käytön tehostamisella voidaan saada kapasiteettiin tarvittavaa lisäystä jopa 40 % vuositasolla. Tämä tarkoittaa sitä, että pienienkin sarjojen työstämisen mekansointi kannattaa.

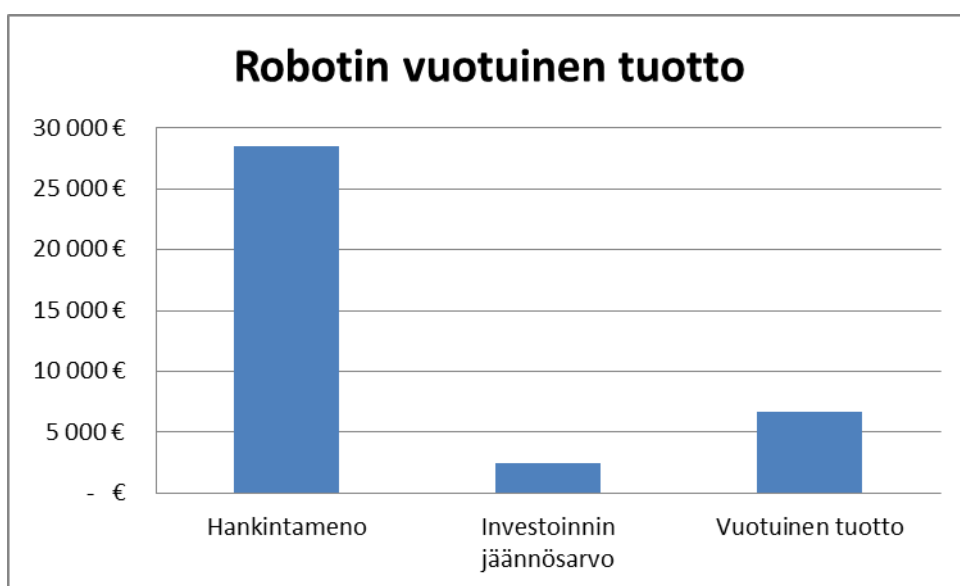
12 TALOUDELLINEN NÄKÖKULMA

Tämä osio sisältää salassa pidettävää materiaalia.

Eri vaihtoehtoja vertailtaessa täytyy tutkia myös taloudelliset näkökulmat. Mikä on koneinvestoinnin takaisinmaksuaika ja tuoko se kannattavaa lisähyötyä tuotantoon niin, että investointi kannattaa toteuttaa? Tuottavuuden ja kapasiteetin kasvu näkyy myös liikevaihdon kasvuna. Millainen vaikutus työvaiheen mekanisoinnilla on yrityksen liikevaihtoon? Jos hoonaussolua lähdetään kehittämään ja investoidaan uuteen automaattihoonauskoneeseen ja robottiin, voidaan investoinnille laskea takaisinmaksuaika ja keskimääräinen vuotuinen tuotto kappale 6.2 mukaisen esimerkin mukaan.



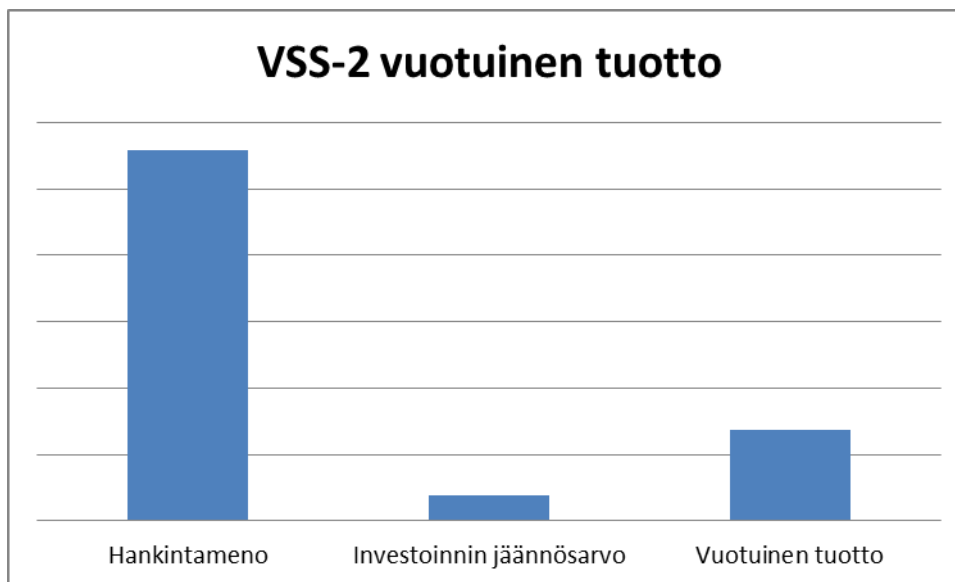
TAULUKKO 5. SV-2000 koneen vuotuinen tuotto.



TAULUKKO 6. Robotin vuotuinen tuotto.

Kuten teoriaosuudessakin selviää, mekanisointi, automatisointi ja robotin käyttö tuovat usein taloudellista hyötyä, jota näillä toimenpiteillä haetaan. Hoonaus on vain yksi työvaihe hydraulikkaventtili-

en valmistuksessa. Jos hoonauksen kapasiteettia lähdetään nostamaan rajusti, tarkoittaa se myös sitä että kokoonpnoon tarvitaan lisää henkilöstöresursseja. Investoinnit ja tuotantosuunnitelma on mitoitettava tarkasti, jotta esimerkiksi robotin sisältävä investointi olisi kannattava ja riskit eivät kasvaisi liian suuriksi. Toteutuessaan FMU-järjestelmän mukainen solu voi hoonata 250000 kpl venttiileitä vuodessa, mikä tarkoittaa että kokoonpnossa täytyisi työskennellä noin 20 henkilöä ja hoonauksessa vähintään 2 henkilöä. 20 henkilön palkkaus tuo melko suuria lisäkuluja pelkän investoinnin lisäksi.



TAULUKKO 7. VSS-2 vuotuinen tuotto.

Takaisinmaksuaikoja tarkasteltaessa voidaan todeta, että EC-3500 koneen asetusajan ja uusien kiinnittimien suunnittelu, valmistus ja käyttö tuovat nykyisellä järjestelmällä sijoitetun ajan ja rahan nopeasti takaisin. Parhaimmillaan voidaan päästä noin 40 % parannukseen vuositasaalla läpimenneiden tuotteiden osalta samalla miehityksellä, joka on huomattava parannus.

Uusiin automaattisiin hoonauskoneisiin investoimalla saadaan kapasiteettia nostettua, jos sille on tarvetta. Takaisinmaksuajat ovat näille investoinneille pidemmät ollen noin 12 vuotta SV-2000 koneelle ja noin 7 vuotta VSS-2 koneelle. Laskelmat on tehty niin että niissä on otettu huomioon maltillinen vuosivolyymien kasvu ja näin syntynyt investoinnin tarve. VSS-2 koneessa vuosivolyymien kasvu on tietysti oltava hieman suurempi. Investoinnin tuotto on noin 10 % molemmilla koneilla.

Robotin lisäys tuo hieman lisätuottua mutta sitoo samalla pääomaa. Pitoaika automaattihoonauskoneilla voi olla 10 vuodesta jopa 25 vuoteen. Investointeja suunnitellessa voidaan kehittää ja tehostaa nykyisten koneiden toimintaa. Nykyisten koneiden tehokkaammalla hyödyntämisellä voidaan tuotantoa kasvattaa maltillisella 5 % vuodessa jolloin samoilla koneilla pärjätään jopa kahdeksan vuotta.

13 YHTEENVETO

Opinnäytetyön lähtökohtana oli selvittää menetelmäkehityksen avulla, voidaanko nykyistä tuotantojärjestelmää ja hoonaussolua kehittää tuottavammaksi nykyisellä laitekannalla. Lisäksi tutkittiin vaihtoehtoja, joissa koneinvestoineilla kasvatetaan hoonaussolun kapasiteettia aina FMU-järjestelmän tasolle asti. Menetelmäkehityksessä käytettiin apuna Leania ja sen työkaluja, joiden avulla selvitettiin, mistä hukka syntyy hoonauksessa ja miten tuotetta jalostavan työajan osuutta voitaisiin kasvattaa tehokkaasti.

Nykyisen hoonausjärjestelmän etuna on helppous koska manuaalikoeita on nopea ja helppo käyttää. Sarjakoon kasvaessa manuaalihoonaus alkaa menettää tehokkuuttaan. Automaattiseen Sunnen EC-3500 koneeseen suunniteltiin uusi kiinteä kiinnitin joka lyhentää asetusaikaa. Koneelle kelloitettiin työstöaika, jonka 10 kappaleen sarjan hoonaus vie ja laskettiin minkä verran uudella kiinityssysteemillä voidaan aikaa säästää. Käytettäessä automaattikonetta ei säästetä vain aikaa, vaan parannetaan myös työskentelyergonomiaa ja työntekijän työhyvinvointia. Toistuva raskas yhtäjaksoinen työ rasittaa niin fyysisesti kuin henkisesti.

Nykyisen hoonausjärjestelmän tilalle suunniteltiin myös järjestelmä, jossa toimisi uudella teknologialla varustettu hoonauskone. Uudella teknologialla varustettu hoonauskone voi toimia FMU-järjestelmän perustana. Järjestelmää olisi mahdollista laajentaa robotin avulla joka toimisi kappaleen vaihtajana. Tällaisella hoonausjärjestelmällä saadaan kapasiteettia hoonauksen osalta nostettua huomattavasti. Järjestelmän investointikustannukset ovat yrityksen kokoon nähden melko suuret ja tällaiseen investointiin ryhtymistä täytyy harkita tarkkaan.

Opinnäytetyön edetessä alkoi selventyä tosiasia, että nykyisen laitteiston käyttöä tulisi tehostaa. Läpimenoaikoja ja kapasiteettia laskiessa kävi entistä selvemmäksi, että EC-3500 koneen käytön tehostaminen lyhentää työstöaikoja ja kappaleen läpäisyä hoonaussolulla. Hyvin suunnitellun kiinnittimen ansiosta lyhentyneet hoonausaika mahdollistaa maltillisen kasvun tuotannossa viidestä jopa kahdeksaan vuoteen ilma, että joudutaan tekemään mittavia investointeja.

Opinnäytetyötä tehdessä pääsin soveltamaan monia opiskeluaikana oppimiani asioita ja ongelmanratkaisukykyä. Mielestäni onkin tärkeää että teorian oppii soveltamaan käytännön työssä. Hoonausprosessia tutkiessa ilmeni, että hukkaa voi syntyä vaikka työpisteellä työskennellään tehokkaasti. Manuaalikoneella hoonatessa aikaa kuluu varsinkin esihoonauksessa niin, että tuote ei jalostu vaan odottaa suurimman osan ajasta jotain työvaihetta.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

ABB, 2010. IRB 4400 Industrial Robot. [esite] ABB Robotics

Ely-keskus, 2016. Kehittämisyhteistyön hakuohje. [nettilomake] www.elykeskus.fi [viitattu 15.10.2016] saatavissa: <https://www.ely-keskus.fi/web/ely/yrityksen-kehittamisavustus#.WAHx7-iLSUm>

HASSELGREN, Ilkka. Wihuri Tekninen kauppa [puhelinkeskustelu]. 24.10.2016

HASSELGREN, Ilkka. Wihuri Tekninen kauppa [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Tapio Jauhiainen Lähetetty 24.10.2016. Viitattu 25.10.2016

HENKEL. 2014. Bonderite C-AK 5177-10 Käyttöturvallisuustiedote. Henkel Norden Oy

HAVERILA, Matti., UUSI-RAUVA, Erkki., KOURI, Ilkka. & MIETTINEN, Asko. 2009. Teollisuustalous. Tampere: Infacs Oy

Hyprox. 2015. Hydraulijärjestelmän asennus, käyttöönotto ja huolto. Lahti: Hyprox Oy

LAPINLEIMU, Ilkka., KAUPPINEN, Veijo., TORVINEN, Seppo & SÖDERSTRÖM, Werner. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY

MAARANEN, Keijo. 2012. Koneistus. Helsinki: Sanoma Pro Oy

MODIG, N & ÅHLSTRÖM, P. 2013. Tätä on lean. Ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Kolmas painos. Ruotsi: Bulls Graphics ab, Halmstad.

PIIPPO, Terho 2016-06-27. Toimitusjohtaja. [Haastattelu] Kiuruvesi: Piippo Hydraulic Oy.

PIIPPO, Ari 2016-06-27. Tuotantovastaava. [Haastattelu] Kiuruvesi: Piippo Hydraulic Oy.

Sampo-Rosenlew. 2010. AS-100 Asennus-, Käyttö-, ja Huolto-ohje. Pori

SCHNITZLER, G 2001. What's Happening with Honing [Verkkajulkaisu]. [www.Sunnen.com](http://www.sunnen.com) [viitattu 18.7.2016] Saatavissa: <http://www.sunnen.com/NewsDetails.aspx?NewsID=28>

SHINGO, S. 1985. A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Cambridge, MA: Productivity

Suomen Robotiikkayhdistys Ry. 1999. Robotiikka. Vantaa: Talentum Oyj/MetalliTekniikka

SUNNEN Corporation Ltd. s.a. Asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet Sunnen-Automaattihoonauskone malli EC-3500

SUNNEN Corporation Ltd. 2008. VSS Series 2 PRECISION SINGLE STROKE HONING SYSTEM. [esite] USA: POD

SUNNEN Corporation Ltd. 2008. SV-2000 Series PRECISION VERTICAL HONING SYSTEM ABOVE AND BEYOND HONING. [esite] USA: POD

SUNNEN Products Company Ltd. s.a. Sunnen Teollisuuden hoonaustryökalut. U.S.A