OULUN SEUDUN
AMMATTIKORKEAKOULU

Heikki Saarilampi

PROTOTYYPPIVALMISTUKSEN SUUNNITTELU

PROTOTYYPPIVALMISTUKSEN SUUNNITTELU

Heikki Saarilampi
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, tuotantotalous

Tekijä: Heikki Saarilampi
Opinnäytetyön nimi: Prototyyppivalmistuksen suunnittelu
Työn ohjaaja: Jukka Säkkinen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2013
Sivumäärä: 45 + 7 liitettä

Opinnäytetyö tehtiin Oulun seudun ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön toimeksiannosta. Työssä tarkasteltiin tekniikan yksikön kone- ja tuotantotekniikan opetuksessa käytettävien laboratoriotilojen nykytilaa, analysoitiin niitä sekä tehtiin niille kehityssuunnitelma. Työn päätarkoituksena oli suunnitella uusi layout ja toimintamalli, joka mahdollistaa kustannustehokkaan ja nopean yksittäis- ja piensarjavalmistuksen.

Työ aloitettiin nykytilan analyysilla, joka toteutettiin Oamkin tekniikan yksikön työntekijöille tehdyn kyselylomakkeen perusteella. Kyselylomakkeessa kartoitettiin laboratoriotiloissa olevien laitteiden nykytarve, jonka perusteella voitiin ar-vioida laitteiden tarpeellisuutta. Nykytilan analyysissä kiinnitettiin huomiota myös tilojen siisteyteen ja tehokkaaseen käyttöön.

Työ toteutettiin mallintamalla nykyiset laboratoriotilat ja suunnittelemalla kolme uutta layout-vaihtoehtoa tiloista. Mallinnuksessa käytettiin AutoCad-ohjelmaa. Vaihtoehtojen pohjana oli työn tilaajan antama palaute ja kehitysideat. Layout-vaihtoehtoja analysoitiin QFD-taulukon avulla yhdessä työn tilaajan kanssa, minkä jälkeen niistä valittiin toimivin vaihtoehto. Valittua layoutia kehitettiin ja jatkojalostettiin paremmin tavoitetilaa tukevaksi.

Uuden layoutin lisäksi tehtiin toimintasuunnitelma siitä, kuinka tavoitetila on saavutettavissa. Toimintasuunnitelmassa hyödynnettiin teoriaosassa esiteltyjä kustannustehokkaan ja nopean yksittäis- ja piensarjavalmistuksen periaatteita. Laboratoriotilojen muutostyöt on tarkoitus aloittaa kesällä 2013 ja saada ne valmiiksi vuoden loppuun mennessä. Hankittavat koneet asennetaan kohteeseen vuoden 2014 kevääseen mennessä.

Tätä opinnäytetyötä voidaan käyttää pohjana kehitettäessä uusia tiloja ja uutta toimintamallia kone- ja tuotantotekniikan laboratorioissa. Työn tuloksia voidaan hyödyntää myös kehitettäessä muita tiloja tekniikan yksikössä.

Asiasanat: asetusaika, kehittäminen, layout, prototyyppi, valmistus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in Mechanical and Production Engineering, Production Economics

---

Author: Heikki Saarilampi
Title of thesis: Planning of Prototype Manufacturing
Supervisor: Jukka Säkkinen
Term and year when the thesis was submitted: spring 2013
Pages: 45 + 7 appendices

This Bachelor thesis was made for the School of Engineering of Oulu University of Applied Sciences. In this thesis, the present state of the laboratories of Mechanical and Production Engineering was analysed and the development plan was made. The aim of the thesis was to develop a new layout and an operational model, which enables to manufacture single products and small series cost-effectively and rapidly.

The work was started by analysing the present state. The analysis was implemented on the basis of a questionnaire which was made for the employees of the School of Engineering of OUAS. In the questionnaire, the present need of machines in the laboratory was studied. According to the present need of the machines, it was possible to evaluate their necessity. Also, the tidiness and the efficient use of the laboratories were taken into consideration in the analysis of the present state.

The thesis was implemented by engineering the present laboratory facilities and by designing three new layout alternatives. The engineering was carried out with AutoCad software. The feedback and the development ideas of the employer were used as a base for the layout alternatives. The layout alternatives were analysed by a QFD-table together with the employer. The best option was selected on the basis of the analysis.

In addition to the new layout, a plan of action was made. In the plan of action, the principles of manufacturing cost-effective and rapid single products and small series were utilized. The renovations of the laboratory facilities will be implemented in the summer of 2013. New machines will be installed by spring 2014. The thesis can be used as a base when the laboratory facilities are developed.

Keywords: layout, manufacturing, prototype, setup time

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö on tehty Oulun seudun ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön toimeksiannosta keväällä 2013. Työn ohjaajana toimi lehtori Jukka Säkkinen ja tekstin ohjaajana lehtori Tuija Juntunen.

Toivon, että työstä on hyötyä kone- ja tuotantotekniikan laboratoriotiloja uudistettaessa sekä toimintaa kehitettäessä. Haluan kiittää kaikkia opinnäytetyössä mukana olleita, erityisesti opinnäytetyöni ohjaajaa lehtori Jukka Säkkistä asiantuntevasta ohjauksesta ja hyvistä neuvoista työn aikana sekä laboratorioteknikko Jari Mahlakaartoa avusta opinnäytetyöni edetessä.

Erityiskiitokset haluan antaa perheelleni tuesta opintojen aikana.

Oulussa 29.4.2013

Heikki Saarilampi

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ 3
ABSTRACT 4
ALKULAUSE 5
SISÄLLYS 6
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY 8
1 JOHDANTO 9
2 M€C-HANKE 10
3 PROTOTYYPPIVALMISTUS 11
3.1 Prototyyppien jako 11
3.2 Prototyyppien käyttötarkoitus 12
3.3 Prototyyppien suunnittelu 13
3.4 Prototyyppien hyödyntäminen tekniikan yksikössä 14
4 KUSTANNUSTEHOKAS JA NOPEA YKSITTÄIS- JA PIENSARJAVALMISTUS 16
4.1 OEE 16
4.1.1 Käytettävyys 17
4.1.2 Nopeus 20
4.1.3 Laatu 21
4.2 5S-menetelmä 22
4.3 Jatkuva parantaminen 24
5 LAYOUT-SUUNNITTELU 26
5.1 Layout-tyypit 26
5.1.1 Tuotantolinja-layout 26
5.1.2 Funktionaalinen layout 27
5.1.3 Solu-layout 28
5.2 Layoutin valinta 29
5.3 Layout-suunnittelun tavoitteet 29
6 NYKYTILAN ANALYYSI 30
7 TOIMINTAMALLIN KEHITTÄMINEN 34
7.1 Layout-tyypin valinta 34

7.2 Layout-vaihtoehdot 35
7.2.1 Ensimmäinen vaihtoehto 35
7.2.2 Toinen vaihtoehto 37
7.2.3 Kolmas vaihtoehto 38
7.3 Uuden layoutin analysointi 38
7.4 Toimenpiteet kustannustehokkaaseen ja nopeaan yksittäis- ja piensarjavalmistukseen 40
7.4.1 Laboratorioympäristön uuden layoutin toteutus 41
7.4.2 Kustannustehokkaan toimintaympäristön luominen 41
7.4.3 Läpimenoaikojen lyhentäminen ja laatutekijät 42
7.4.4 Jatkuva parantaminen 42
8 YHTEENVETO 43
LÄHTEET 44
LIITTEET 45

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

Layout	Tuotantojärjestelmän fyysisten osien, kuten koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulkureittien sijoittamista toimitiloissa.
M€C	Machinery Learning Center -hanke.
OEE	Overall Equipment Effectiveness -mittari valmistusprosessin tehokkuuden seurantaan ja kehittämiseen.
SMED	Single Minute Exchange of Die -menetelmä asetusaikojen lyhentämiseksi.
Prototyyppi	Ensimmäinen versio uudesta tuotteesta.
5S	Työympäristön järjestämiseen, puhdistamiseen, kehitykseen ja ylläpitoon kehitetty menetelmä.

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Oulun seudun ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön toimeksiannosta. Työssä tarkastellaan tekniikan yksikön kone- ja tuotantotekniikan opetuksessa käytettävien laboratoriotilojen nykytilaa, analysoidaan sekä tehdään kehityssuunnitelma niille. Työn päätarkoituksena on suunnitella uusi layout ja toimintamalli, joka mahdollistaa kustannustehokkaan ja nopean yksittäis- ja piensarjavalmistuksen.

Opinnäytetyö liittyy M€C-hankkeeseen, jossa pyritään luomaan prototyyppisuunnitteluun ja -valmistukseen soveltuva palveluympäristö tekniikan yksikköön. M€C-hanke palvelee kone- ja tuotantotekniikan opetusta ja sen kehittämistä tuomalla opiskelijoille mahdollisuuden käyttää nykyaikaisia valmistusmenetelmiä opiskelussa. Lisäksi opiskelijat pääsevät tutustumaan nykyistä paremmin tuotekehitystoimintaan ja voivat muodostaa tärkeitä yrityskontakteja palvelutoiminnan myötä.

Nykyaikaisen tuotannon tärkeimpiä edellytyksiä ovat joustavuus ja kustannustehokkuus. Nämä tekijät ovat lähtöisin tarpeesta palvella asiakasta entistä paremmin kiristyvässä kilpailussa. Lyhyen toimitusajan lisäksi tuotannon tulee
kyetä täyttämään myös asiakkaiden muut vaatimukset esimerkiksi laadusta. Tämäntyyppisellä kehityksellä on ollut selvä vaikutus asiakaskohtaisten tuotevariaatioiden lisääntymiseen ja eräkokojen pienentymiseen.

Yrityksen suunnitellessa uuden tuotteen valmistuksen aloittamista tulee tuotekehitysprosessi tehdä huolellisesti alusta loppuun. Prototyyppien valmistus on yksi tärkeä osa tuotekehitysprosessia. Prototyyppien avulla suunnittelijoiden on mahdollista todentaa suunnittelun tulokset käytännössä ja oppia mahdollisesti tekemistään virheistä. Prototyypit antavat myös tärkeää tietoa tuotteen valmistettavuudesta ja sopivuudesta tuotantoon.

2 M€C-HANKE

Oulun seudun ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön tavoitteena on kouluttaa insinöörejä vaativiin elinkeinoelämän ja julkisen sektorin työnantajien tehtäviin. Insinöörikoulutuksen tavoitteena on olla vahvasti työelämään suuntautunutta sekä opiskelijoiden ammatillista kasvua tukevaa. (1.) Tällä hetkellä nämä tavoitteet eivät kaikilta osin toteudu kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelmassa.

Oulun seudun voimakas keskittyminen tietotekniikkaan viimeisen 15 vuoden aikana on ohjannut myös oppilaitoksen investoinnit pääasiassa ICT-alalle. Mekaniikan ja laitteistojen investoinnit ovat kohdistuneet lähinnä suunnitteluohjelmistoihin. Valmistustekniikan laitteet ovat vanhentuneita eivätkä vastaa enää teollisen tuotantotekniikan vaatimuksia tai tue uusien tuotteiden kehitystä. Machinery L€arning Center M€C -hankkeen avulla kone- ja tuotantotekniikan koulutus ja toimintaympäristö saadaan vastaamaan paremmin nykypäivän vaatimuksia. (2.)

M€C-hankkeen tavoitteena on luoda mekaniikka- ja konealalla toimivien sekä aloittavien yritysten prototyyppisuunnitteluun ja -valmistukseen soveltuva palveluympäristö. Hankkeessa luodaan tarvittava infrastruktuuri, joka mahdollistaa oppilaitoksen yritysten välisen yhteistyön tuotekehityksessä. Tavoitteena on saavuttaa kyky suunnitella ja valmistaa nykyaikaisilla menetelmillä sekä monipuolisesti erilaisia materiaaleja käyttäen prototyyppejä suunnitelmien todentamiseksi. Lisäksi opetuksen rakennetta muutetaan yritysmaailman tuotekehitysprosessin kaltaiseksi yhdistämällä eri oppiaineiden harjoitus- ja laboratoriotöitä sekä opettajien osaamista ja ohjausta. (2.)

3 PROTOTYYPPIVALMISTUS

Kun yritys suunnittelee uuden tuotteen ottamista mukaan tuotantoon, tulee tuotekehitysprosessi viedä huolellisesti alusta loppuun saakka. Erityisesti prosessin alkuvaiheen tehtävien laiminlyönti voi aiheuttaa ongelmien kerääntymistä tuotekehitysprosessin lopussa. (3, s. 247; 259.)

Mikäli uuden tuotteen valmistamisesta ei ole lainkaan aiempaa kokemusta, voi olla järkevää valmistaa tuotteesta prototyyppi. Nykyään yrityksillä on käytössään hyvät mallinnusohjelmat, jotka auttavat uuden tuotteen hahmottamista. Osa tuotteen ominaisuuksista on kuitenkin sellaisia, ettei niistä saa todenmukaista kuvaa pelkästään tietokoneen näytöltä tarkasteltaessa. (3, s. 259–262.)

Tuotekehitykselle on tyypillistä, että se etenee yritys-erehdyssykleissä. Tehty tuotesuunnittelu voidaan todentaa ainoastaan valmistamalla tuote ja testata, toimiiko se suunnitellusti ja täyttääkö se tuotteelle asetetut tavoitteet. Tuotekehitysprosessin keskeisenä osana on prototyyppivalmistus. Ilman sitä ei voi todentaa tehtyjä virheitä sekä oppia niistä ja saavuttaa näin alkuperäisiä tavoitteita. (3, s. 259.)

3.1 Prototyyppien jako

Prototyypit voidaan jakaa joko analyyttisiin tai fyysisiin prototyyppeihin. Analyyttiset ja fyysiset prototyypit voidaan jakaa vielä kokonaisvaltaisiin ja kohdistettuihin prototyyppeihin. (3, s. 247.)

Fyysinen prototyyppi on näyte uudesta tuotteesta, eli prototyyppi näyttää sekä tuntuu oikealta tuotteelta. Fyysisessä prototyypissä päämielenkiinto kohdistuu tuotteen fyysisiin ominaisuuksiin. Analyyttinen prototyyppi käsitetään yleisesti tietokonesimulaationa uudesta tuotteesta. Sitä on yleensä joustavampi käyttää kuin fyysistä prototyyppiä. Analyyttisen prototyypin joustavuus johtuu sen parametrisestä rakenteesta, jota voi helpommin muuttaa ja muutos voi olla radikaalimpi kuin fyysisesti valmistetussa prototyypissä. Fyysisten prototyyppien

avulla voidaan havaita ongelmia helpommin kuin analyyttisillä prototyypeillä. Kun prototyyppi on käsin kosketeltavissa, se voi paljastaa arvaamattomia ongelmia tuotteen kestävyydestä tai muista fyysisistä ominaisuuksista. Analyyttisessä prototyypissä käsitellään vain niitä asioita, jotka suunnittelija on määrittänyt simulaatioon. (3, s. 247.)

Fyysiset ja analyyttiset prototyypit voidaan jakaa rakenteensa perusteella kokonaisvaltaisiin ja kohdistettuihin prototyyppeihin. Kokonaisvaltainen prototyyppi on täysikokoinen ja käytettävissä oleva malli tuotteesta. Kohdistetulla prototyypillä on vain joitain lopullisen tuotteen ominaisuuksia, minkä takia se onkin usein helpompi toteuttaa kuin kokonaisvaltainen prototyyppi. Kohdistettu prototyyppi antaa nopeampia vastauksia tuotteen toimivuudesta, mutta vastaukset ovat vain tietystä kohdasta tuotteessa ja irrallaan muista toiminnoista. (3, s. 247.)

3.2 Prototyyppien käyttötarkoitus

Ennen prototyyppien valmistamista tulee määrittää, mihin kysymyksiin prototyypin halutaan antavan vastauksia. Tämän jälkeen tulisi olla selvillä, millainen prototyyppi on tarpeen valmistaa. Prototyyppien käyttötarkoitukset voidaan jakaa neljään ryhmään: oppimis- ja tutkimustyökaluihin, kommunikaatiovälineisiin, integrointivälineisiin sekä merkkipaalun saavuttamiseen. (3, s. 250.)

Oppimis- ja tutkimustyökaluna käytettävässä prototyypissä mielenkiinto kohdistuu tuotteen toiminnallisiin ominaisuuksiin sekä asiakaskunnan tuntemuksiin uudesta tuotteesta. Prototyyppiä käytetään tällöin tuotekehityksen ja testauksen perustana. Tuotteen suunnittelija saa ensimmäiset konkreettiset tiedot uuden tuotteen ominaisuuksista ja toimivuudesta. (3, s. 251.)

Integrointivälineenä käytettävällä prototyypillä arvioidaan usein uuden tuotteen valmistettavuutta. Prototyypin avulla varmistetaan, että tuotteen eri komponentit ovat yhteensopivia toistensa kanssa. Integrointivälineenä olevaksi prototyypiksi soveltuu yleensä parhaiten kokonaisvaltainen, fyysinen prototyyppi, sillä se

edellyttää tuotteen asennuksen ja osien fyysisen sopivuuden toisiinsa. (3, s. 251–252.)

Kommunikaatiovälineeksi tehtävän prototyypin tarkoitus on parantaa yrityksen eri ryhmien välistä kommunikaatiota, saada palautetta uudesta tuotteesta sekä sen valmistettavuudesta mahdollisimman monesta näkökulmasta. Parhaiten kommunikaatiovälineeksi soveltuu fyysinen prototyyppi. Se on havainnollistavuutensa ansiosta jokaiselle paremmin ymmärrettävissä oleva kokonaisuus ja sen valmistamiseen osallistuu mahdollisimman moni ryhmä yrityksestä. (3, s. 251.)

Merkkipaalun saavuttamisen osoittavan prototyypin valmistus jaetaan vaiheisiin ja jokaiselle vaiheelle määritetään haluttu toiminnantaso, joka prototyypin on saavutettava ennen kuin se voi siirtyä seuraavalle tasolle. Prototyypin vaiheistamisesta on apua esimerkiksi projektin seuraamiseen ja aikataulun luomiseen. (3, s. 252–253.)

3.3 Prototyyppien suunnittelu

Onnistuneiden prototyyppien taustalla on aina perusteellinen suunnitelma, jolla varmistetaan prototyyppien soveltuvuus haluttuun käyttötarkoitukseen. Prototyyppien suunnittelussa voidaan käyttää esimerkiksi neljän vaiheen menetelmää. (3, s. 259.)

Ensimmäisessä vaiheessa määritetään prototyypin käyttötarkoitukset. Tässä vaiheessa päätetään kysymykset, joihin prototyyppien tulisi antaa vastaukset. (3, s. 259.)

Seuraavassa vaiheessa määritetään prototyyppien rakenne sen käyttötarkoituksen perusteella. Prototyypit voivat olla joko fyysisiä tai analyyttisiä. Fyysiset ja analyyttiset prototyypit voidaan jakaa vielä kohdistettuihin ja kokonaisvaltaisiin prototyyppeihin. Aina ei ole tarpeen rakentaa kalliimpaa kokonaisvaltaista fyysistä prototyyppiä, kun haluttu tieto voidaan saada jo osakokonaisuudestakin. Joskus kokonaisvaltainen fyysinen

prototyyppi on kuitenkin ainoa vaihtoehto, joka voi antaa todenmukaisia vastauksia tuotteen ominaisuuksista. (3, s. 260.)

Kun prototyypin rakenteellinen taso on selvillä, tehdään prototyypille testaussuunnitelma. Testaussuunnitelmassa määritetään tarvittavat mittaukset, tulosten analysointimenetelmät ja erilaiset testausvaihtoehdot. (3, s. 260.)

Viimeinen vaihe prototyypin suunnittelussa on aikataulun tekeminen. Se tehdään projektin jokaiselle vaiheelle. Aikataulun tekemisellä voidaan helpottaa projektin etenemisen seuraamista. (3, s. 260–261.)

3.4 Prototyyppien hyödyntäminen tekniikan yksikössä

Tekniikan yksikössä on kokemusta pikamallitekniikalla tehtävien prototyyppien valmistuksesta jo kahdenkymmenen vuoden ajalta. Muiden tekniikoiden käyttö prototyyppivalmistuksessa on kuitenkin jäänyt melko vähäiseksi osaksi vanhentuneiden valmistustekniikoiden takia. Kone- ja tuotantotekniikan opetuksessa prototyyppejä ja niiden valmistusta hyödynnetään nykyisin melko vähän.

Nykymuotoisilla tietokonemallinnuksen kursseilla kappaleiden mallinnus tapahtuu hyvin pitkälti valmiiksi tehtyjen tietokonemallien mukaan opettajan ohjauksella. Mallinnettaessa valmiiksi suunniteltujen kappaleiden kopioita prototyypin suunnittelu ja sen soveltuvuuden arviointi haluttuun käyttötarkoitukseen jäävät kokonaan selvittämättä. Tällöin prototyyppien suunnittelusta jää tärkeä osa tekemättä. Tällä hetkellä opetuksessa käytettyjen prototyyppien valmistus on rajoittunut hyvin pitkälti analyyttisten prototyyppien valmistukseen, jolloin suunnittelun tuloksia ei voida konkreettisesti nähdä.

Toimintaa kehitettäessä pyritään saavuttamaan kyky valmistaa mahdollisimman monipuolisesti erilaisia prototyyppejä. Prototyyppien käyttötarkoitukset tulevat olemaan ainakin tutkimus- ja oppimistyökaluna, integrointivälineenä sekä merkkipaalun osoituksena. Uusien koneiden ja toimintamallien avulla prototyyppien valmistusta pyritään lisäämään kone- ja tuotantotekniikan

opetuksessa. Prototyyppien valmistuksesta pyritään lisäksi tekemään mahdollisimman kustannustehokasta ja joustavaa toimintaa.

Joustava ja kustannustehokas prototyyppien valmistus tarjoaa myös alueen yrityksille mahdollisuuden tehdä aikaisempaa tiiviimpää yhteistyötä tuotekehityksen parissa tekniikan yksikön kanssa. Yritysyhteistyö auttaa molempia osapuolia kehittymään omalla osa-alueellaan entistä kilpailukykyisemmäksi organisaatioksi. Tekniikan yksikölle ja sen opiskelijoille yhteistyö tuo uusia ja mielenkiintoisia mahdollisuuksia osallistua yritysten tuotekehitysprosessiin sekä tuo tärkeitä kontakteja alan yrityksiin. Yrityksille tuotekehityksen tekeminen yhteistyössä tekniikan yksikön kanssa tuo uusia näkökulmia ongelmien ratkaisuun ja samalla mahdollisesti uusia kilpailuvaltteja. Lisäksi yritykset pääsevät tutustumaan tuleviin alan ammattilaisiin.

4 KUSTANNUSTEHOKAS JA NOPEA YKSITTÄIS- JA PIENSARJAVALMISTUS

Uuden toimintamallin tavoitteena on mahdollistaa nopea ja kustannustehokas yksittäis- ja piensarjavalmistus. Yksittäisten kappaleiden ja pienten sarjojen valmistamisessa tuotannon joustavuuden merkitys nousee suureksi. Lisäksi toimintamallin on sovelluttava hyvin opetus- ja koulutuskäyttöön. Keinoja nopeaan ja kustannustehokkaaseen toimintaan on monia, seuraavassa on esitelty kohdeympäristöön sovellettavissa olevia keinoja. Eri keinojen soveltamista käsitellään OEE-käsitteen kautta.

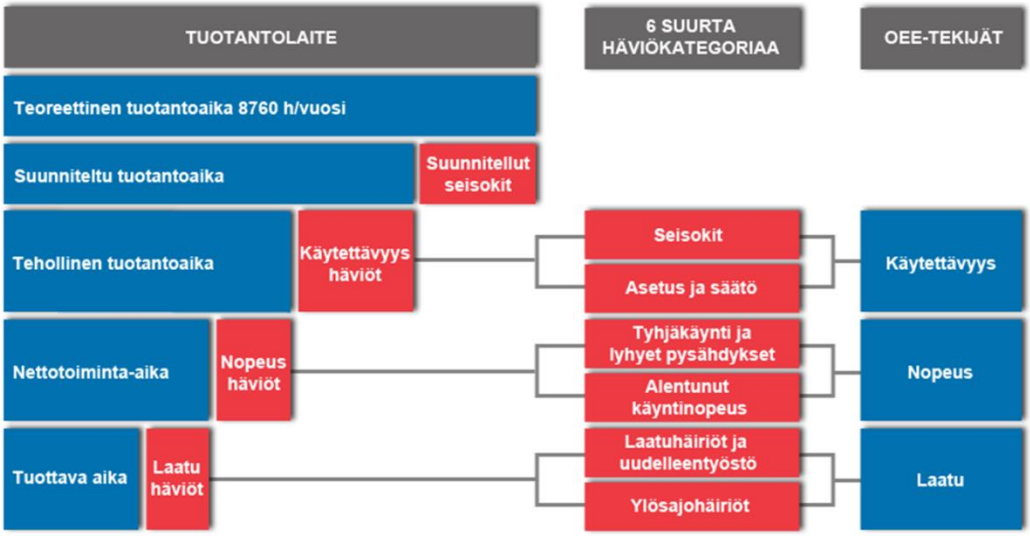
4.1 OEE

OEE (Overall Equipment Effectiveness) on mittari valmistusprosessin tehokkuuden seurantaan ja kehittämiseen. OEE koostuu kertomalla keskenään kolme tekijää, jotka ovat käytettävyys, tehokkuus ja laatu (kaava 1). Menetelmä auttaa kohdistamaan kehitystoimenpiteet oikeisiin asioihin ja varmistaa niiden mahdollisimman tehokkaan vaikutuksen. Kehittämisen lähtökohtana on eliminoida tuotantoa rajoittavat tekijät. (4; 5.)

*OEE = käytettävyys * tehokkuus * laatu* *KAAVA 1*

OEE:n tuloksena saadaan prosentuaalinen arvo valmistusprosessin kokonaistehokkuudesta, josta on nähtävissä miltä osin tuotantoa voidaan parantaa. OEE pyrkii tuomaan esiin kuusi merkittävintä tuotannon tehokkuutta rapauttavaa tekijää (kuva 1), joita ovat

1. seisokit ja käyttöhäiriöt
2. asetus ja säätö
3. tyhjäkäynti ja lyhyet pysähdykset
4. alentunut käyntinopeus
5. tuotannon aikaiset hylkäykset, laatuhäiriöt ja uudelleen työstö
6. käynnistysvaiheen hylkäykset. (6.)



KUVA 1. Kuusi merkittävintä tuotannon tehokkuutta rapauttavaa tekijää (2)

4.1.1 Käytettävyys

Käytettävyydellä mitataan valmistettavien tuotteiden tekemiseen kuluvan ajan suhdetta käytettävissä olevaan tuotantoaikaan. Käytettävyyden selvittämiseksi täytyy tietää suunniteltu tuotantoaika, joka koostuu yleensä työvuoron pituuden ja taukojen erotuksesta. Suunniteltu tuotantoaika sisältää seisokkiajat, joita voivat olla esimerkiksi odottamattomat laiteviat, materiaalipula sekä asetusajat. Kun suunnitellusta tuotantoajasta vähennetään seisokkiajat, saadaan selville tehollinen tuotantoaika. Käytettävyys saadaan laskemalla tehollisen tuotantoajan suhde suunniteltuun tuotantoaikaan (kaava 2). (5.)

Käytettävyys = toteutunut tuotantoaika / suunniteltu tuotantoaika *KAAVA 2*

Käytettävyyteen liittyy myös ennakoivan kunnossapidon soveltamista toiminnassa, sillä suunnittelemattomat konerikot vaikuttavat suoraan valmistukseen ja sen ohjattavuuteen. Tuotannon ollessa pysähdyksissä ei muitakaan OEE:n osatekijöitä voida kehittää. Seisokkeja voidaan välttää toimivalla ja reaaliaikaisella tuotannonohjauksella. Kaikki odottamiseen kuluva

aika pyritään eliminoimaan. Odottamiseen kuluvaksi ajaksi voidaan katsoa materiaalin, työntekijän ja koneen kapasiteetin puute. (5.)

Yksittäis- ja piensarjavalmistuksessa asetusten tekeminen muodostaa suuren osan kokonaisvalmistusajasta, joten siihen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Asetusaikojen lyhentäminen on mahdollista esimerkiksi SMED-menetelmän avulla, jossa asetukset jaetaan sisäisiin ja ulkoisiin asetuksiin asetusaikojen lyhentämiseksi. Sisäiset asetukset ovat asetuksia, joita ei voida tehdä ilman koneen pysäyttämistä. Ulkoiset asetukset on tehtävissä tuotantokoneen käydessä. Usein asetusten tekoa ei ole jaettu sisäisiin ja ulkoisiin, vaan tuotantokone seisoo myös ulkoisia asetuksia tehtäessä. SMED-menetelmän mukaan asetusten teko jaetaan neljään osaan:

1. työn, työpisteen ja työvälineiden valmistelu, materiaalien ja työkalujen tarkistaminen, haku ja palautus, joihin kuluu 30 % asetusajasta
2. työvälineiden, aihion ja muiden osien irrotus, kiinnitys sekä kappaleenvaihto, joihin kuluu 5 % asetusajasta
3. mittaukset, kalibroinnit, säädöt, nollapisteiden asemoinnit, kappaleen asemointi, joihin kuluu 15 % asetusajasta
4. koeajot ja säädöt, jotka tehdään kappaleen koeajon perusteella, joihin kuluu 50 % asetusajasta. (7, s. 26–27.)

Asetusaikoja on mahdollista lyhentää 30–50 % jakamalla asetukset sisäisiin ja ulkoisiin. SMED-menetelmän yhtenä tarkoituksena on myös muuttaa sisäiset asetukset ulkoisiksi ja tämän jälkeen tehostaa koko asetusten vaihtoa esimerkiksi yksinkertaistamalla ja yhtenäistämällä menetelmiä sekä työvälineitä. Asetusten erottelu ja menetelmän implementointi vaatii tuotantoprosessien hyvää tuntemusta. (7, s. 27.) Työvälineiden yhtenäistäminen onnistuu vakiotyökaluja käyttämällä. Vakiotyökaluja ei pureta makasiinista vaan niitä voidaan käyttää monipuolisesti erilaisissa töissä.

Asetusaikoihin voidaan vaikuttaa myös nollapistekiinnitysteknologian avulla. Nollapistekiinnitin on kiinnitysmenetelmä, jonka avulla työkappale tai kappaleen kiinnitin on mahdollista asettaa tarkasti samaan paikkaan työstökoneen

pöydällä joka kerta. Kiinnitysmenetelmässä ei siis tarvitse määritellä erikseen nollapistettä kappaletta kiinnitettäessä. (8, s. 31.)

Nollapistekiinnitin muodostuu kiinteästi työstökoneen pöytään asennettavista nollapistekiinnittimistä ja työkappaleeseen tai kappaleen kiinnittimeen kiinnitettävistä kiinnitintapeista (kuva 2). Kiinnitintapit asetetaan nollapistekiinnittimissä oleviin reikiin ja painetaan kiinni, jolloin lukitusmekanismi lukitsee järjestelmän. Nollapistetekniikan avulla nollapiste voidaan määrittää tarkasti X-, Y- ja Z-akselien suhteen. Toistotarkkuus työkappaletta vaihdettaessa on valmistajien mukaan alle 0,005 mm. Kiinnitintappien ansiosta työkappaleiden kiinnittäminen ja irrottaminen on nopeaa. (8, s. 31–32.)

KUVA 2. Nollapistekiinnitin ja tappi (8, s. 33)

Nollapistekiinnityksen etuina ovat nopeat asetusten ja työkappaleiden vaihdot säilyttäen korkean laadun ja tarkkuuden asemoinnissa. Erityisesti pieniä sarjoja ja yksittäisiä kappaleita valmistettaessa asetusaikojen vähentäminen töiden välillä mahdollistaa merkittävän tavan minimoida koneaikaa ja parantaa näin tuottavuutta ja kannattavuutta. (8, s. 44.)

CNC-koneiden työkaluja varten voidaan järjestää esiasetuspiste, jossa työkalut ovat järjestyksessä ja niiden etsimiseen ei kulu turhaa aikaa. Asetusten tekemistä nopeuttaa myös siisti työympäristö. Kun työssä tarvittavat tavarat ja työkalut ovat merkityillä paikoilla ja työpisteen välittömässä läheisyydessä, etsimiseen kuluva aika saadaan minimoitua. Lisäksi toiminnan laatu ja nopeus pysyy korkeana kun työympäristö pidetään siistinä.

4.1.2 Nopeus

Nopeustekijä mittaa hidastuneesta työkierrosta aiheutuvia menetyksiä verrattuna maksimaaliseen nopeuteen. Nopeustekijä ottaa huomioon alentuneesta tuotantonopeudesta aiheutuvat nopeushäviöt. Nopeushäviöiden syitä voivat olla esimerkiksi laitteiden kuluneisuus, tuotevirran jumiutuminen, raaka-aineiden huono laatu tai koneenkäyttäjän tehottomuus. Tehokkuuden maksimoinnista voi seurata laadun heikkenemistä. Tehokkuuteen vaikuttavat tuotantolinjan nopeus, tauot ja lyhyet pysäytykset. Nopeustekijä on tuotantomäärä tuotantoajassa jaettuna optimaalisella tuotantokyvyllä (kaava 3). (4; 5.)

*Nopeus = tuotantomäärä / (tuotantoaika * ideaali kappaleaika)* *KAAVA 3*

Yksittäisen tuotteen nopeutta mitataan läpimenoajalla, joka on yksi tärkeimmistä tuotannon tehokkuuden käsitteistä ja mittareista. Mitä lyhyempään läpimenoaikaan tuotanto kykenee, sitä joustavampana ja tehokkaampana tuotantojärjestelmää voidaan pitää. Lyhyt läpimenoaika vaikuttaa suoraan toimitusaikoihin ja ohjattavuuteen positiivisesti. Erityisesti asiakasohjautuvassa piensarjatuotannossa läpimenoajan pitäminen lyhyenä on tärkeä kilpailuvaltti. Tällöin myös keskeneräinen tuotanto pysyy pienenä. (9, s. 67–68.)

Läpimenoaikojen lyhentämiseksi kaikki tuottamaton aika pyritään minimoimaan. Turhien työvaiheiden välttämiseksi ja tuotteen läpimenoajan lyhentämiseksi valmistusprosessi kannattaa simuloida ennen varsinaista työstöprosessia. Simuloinnissa voidaan käyttää apuna esimerkiksi Vericut-ohjelmistoa.

Simuloinnin avulla vältetään kalliit törmäykset työstön aikana, jotka voivat pahimmassa tapauksessa rikkoa koneen. Simuloinnissa nähdään myös työstöterän turhat liikkeet, jotka voidaan poistaa ohjelmasta ennen sen viemistä CNC-koneelle.

4.1.3 Laatu

Laatutekijä ilmaisee hylättyjen tai korjausta vaatineiden tuotteiden suhteen kaikkiin valmistuneisiin tuotteisiin. Virheellisten tuotteiden korjaukseen käytettävä aika on yleensä pois muille töille varatusta kapasiteetista. Laatutekijä koostuu virheistä tuotteessa, korjaustöistä sekä aikahäviöistä, jotka ovat seurausta uudelleenkäynnistämisestä. Laatu saadaan laskemalla tuotantomäärän ja virheellisten tuotteiden erotus ja jakamalla se tuotantomäärällä (kaava 4). (4; 5.)

Laatu = hyväksytyt kappaleet / valmistetut kappaleet *KAAVA 4*

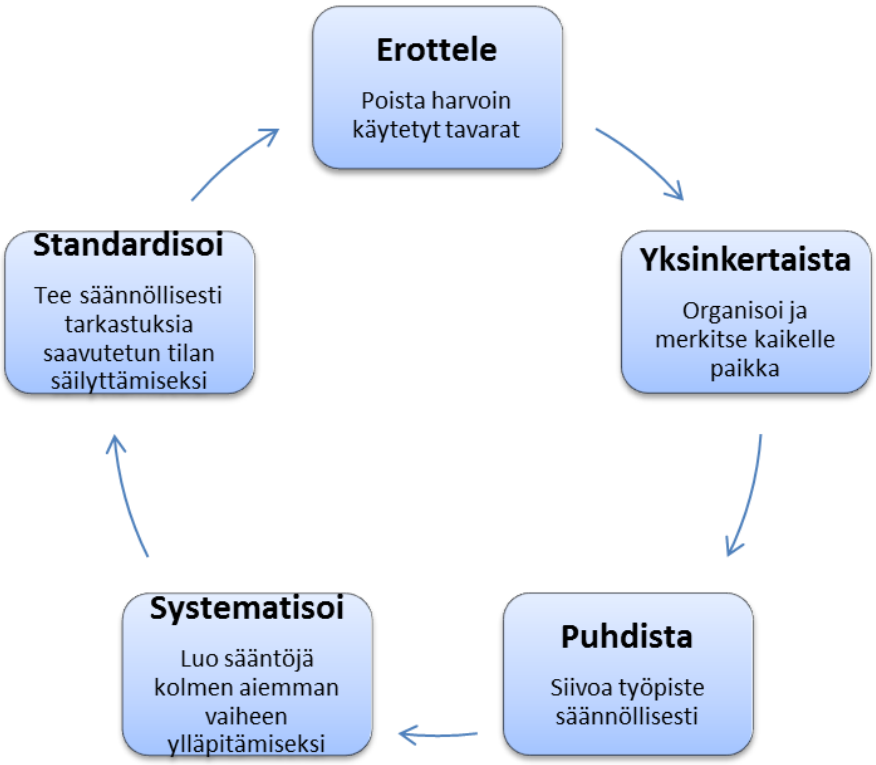
Nykyään laadun merkitys tuotteelle ja joustavalle tuotannolle on entistä suurempi. Laatuun liittyy paljon muutakin kuin toimiva tai hyvältä näyttävä tuote, sillä laatu on kokonaisvaltainen käsite nykypäivän tuotannossa. Laatu voidaan nähdä tuotelaatuna, toiminnan laatuna ulospäin, toiminnan sisäisenä laatuna ja huollon laatuna. (9, s. 70.)

Toiminnan laadulla on suuri merkitys niin yritykselle itselleen kuin sen asiakkaille ja yhteistyökumppaneillekin. Toiminnan laatua voidaan kehittää käyttämällä tuotannossa kerralla valmiiksi -käsitettä ja sisäinen asiakkuus -ajattelua. Tällöin tuotteet tehdään kerralla valmiiksi ilman korjausvaiheita siten, että seuraava vaihe on aina asiakas, jolloin laadunvarmistus toimii tehokkaasti ja nopeasti. Kun toiminnan laatu on riittävällä tasolla ja hallittavaa ja tuotannon ohjaus toimivaa, laadukkaiden tuotteiden valmistaminen asiakkaille aikataulussa ja joustavasti on mahdollista. (9, s. 70.)

4.2 5S-menetelmä

Japanilaisesta teollisuudesta peräisin oleva 5S-menetelmä on kehitetty työympäristön järjestämistä, puhdistamista, kehitystä ja ylläpitoa varten. Menetelmässä pyritään viiden eri vaiheen avulla eliminoimaan töiden kannalta kaikki turha materiaali, selkeyttämään käytettävien laitteiden ja työkalujen käyttöä ja luomaan johdonmukainen sekä standardoitu toimintatapa järjestyksen kehittämiseksi ja ylläpitämiseksi. (10, s. 1–3.)

Viisi vaihetta ohjaavat toimintaa siten, että työpisteessä säilytetään ainoastaan päivittäisessä työssä tarvittavia työkaluja ja tavaroita. Jokaiselle tavaralle on oma paikkansa, mistä se löytyy helposti. Ensisijainen tavoite 5S:ssä on pitää työpiste siistinä ja järjestyksessä. Tällä tavalla voidaan parantaa tuotteiden ja toiminnan laatua, lisäämään viihtyvyyttä ja turvallisuutta työpaikalla, vähentämään hävikkiä sekä alentamaan kustannuksia ja läpimenoaikaa. Lisäksi työn tuottavuus ja kannattavuus paranevat. Siisteys ja järjestys antavat hyvän ja luotettavan kuvan yrityksen toiminnan laadusta. Pitämällä työympäristö siistinä, myös visuaalinen ohjaus on helpompaa, tällöin poikkeamat normaalitilasta havaitaan nopeasti ja niihin on helppo tarttua. (10, s. 4–7.) 5S-menetelmän viisi vaihetta on esitetty kuvassa 3.



KUVA 3. 5S-menetelmän vaiheet (10, s. 4–6)

Viisi S:ää ovat peräisin japanin kielestä ja ne ovat

1. Seiri (erottele): Poistetaan työpisteeltä kaikki tarpeettomat tavarat, hävitetään tarpeettomat ja säilytetään tarpeelliset tavarat.
2. Seiton (yksinkertaista): Työpisteelle jääneille tavaroille merkitään omat säilytyspaikat, josta ne on mahdollisimman helppo ottaa käyttöön ja palauttaa takaisin käytön jälkeen. Työkaluja varten voidaan tehdä esimerkiksi varjokuvatauluja tai tavaran paikka merkataan lattiaan tai pöytään teipillä.
3. Seiso (puhdista): Työpaikka siivotaan päivittäin ja tavarat pidetään merkityillä paikoilla. Normaalista poikkeavat tilanteet on nopea huomata siististä työpisteestä.
4. Seiketsu (systematisoi): 5S-toiminnasta tehdään toimintaohjeet, joihin voidaan tarvittaessa tukeutua. Työpisteille laaditaan ohjeet siivoamisesta ja järjestyksestä. Lisäksi toimintatapaa kehitetään sellaiseksi, että roskat laitetaan saman tien roskikseen. Näin työpiste pysyy mahdollisimman

siistinä koko työpäivän ajan ja työvuoron lopussa tehtävä siivous sekä järjestely ovat ylläpitävää toimintaa.

5. Shitsuke (standardoi): Ylläpitovaihe on vaikein 5S:n vaihe, koska 5S voidaan helposti nähdä vain siivousprojektina, joka on ohi siivouksen jälkeen. Esimiesten on pidettävä huoli, että vaaditut toimenpiteet tapahtuvat myös jatkossa ja toiminnan kehittäminen on myös jatkuvaa. Työpaikan johdon tuki ja aito kiinnostus innostavat myös työntekijöitä 5S:n toteuttamiseen. (10, s. 14–23.)

5S-menetelmää voi soveltaa pienessä mittakaavassa esimerkiksi yhden työpisteen muuttamisessa toimivammaksi, tehokkaammaksi ja viihtyisämmäksi. Suuressa mittakaavassa sovellettuna sitä voidaan käyttää koko yrityksen laadun kehittämiseen. Uuden toimintamallin oppiminen on kuitenkin aina työläs ja aikaa vievä prosessi. (10, s. 4–7.) 5S:n onnistumisen esteenä voivat olla muutokselle vastaiset asenteet ja ajatusmallit, kykenemättömyys nähdä laatu-, kustannus- ja toimitusongelmia mahdollisuuksina, kykenemättömyys nähdä työntekijöiden kykyjä yrityksen tärkeimpänä voimavarana ja muutoksen liian nopea aikataulu. (10, s. 23.)

4.3 Jatkuva parantaminen

Toimintamallin kehittämisestä kannattaa tehdä jatkuvaa toimintaa. Jatkuva parantaminen on oman työn parantamista, mihin koko henkilöstö sitoutuu. Jatkuva parantaminen koskettaa kaikkia yrityksen toimintoja ja sen tulee tapahtua luonnollisena osana työtä. Jatkuva parantaminen sisältyy jokaisen työtehtäviin ja se voidaan nähdä työntekijän velvollisuutena. Kerralla ei tarvitse tehdä kaikkia parannuksia, vaan työmenetelmien ja tapojen kehittäminen voi tapahtua pienin askelin. Jatkuvassa parantamisessa virheet nähdään normaalina osana toimintaa ja ilman niitä toimintaa on mahdoton parantaa. (7, s. 62–63.)

Perusidea jatkuvassa parantamisessa on yksinkertainen, mutta sen siirtäminen käytäntöön voi osoittautua haasteelliseksi. Haasteellisuutta selitetään yleensä kiireellä, jolloin on helpompaa toimia vanhojen menetelmien ja työtapojen mukaan. Riittämättömät valtuudet tehdä muutoksia aiheuttavat epäselvyyksiä parannuksia toteutettaessa. Jatkuvan parantamisen tulokset eivät näy välttämättä heti, koska yhdellä kerralla tehtävät parannukset ovat pieniä. (7, s. 63.)

Jatkuvaa parantamista tulisi tehdä pienissä tiimeissä, koska pitkään työtä tehneet rutinoituvat vanhoihin työmenetelmiin, eivätkä välttämättä näe epäkohtia toiminnassa. Kun työtä tehdään pienissä tiimeissä asioihin saadaan uusia näkökulmia ja useita kehitysideoita, joista voidaan valita parhaat toteutettaviksi. Kehitysideoiden toteuttaminen on tärkeää, jotta motivaatio oman toiminnan
kehittämiseen säilyy. Tärkeää on myös muistaa, että työntekijät ovat parhaita asiantuntijoita kehittäessään omaa työtään. (7, s. 63.)

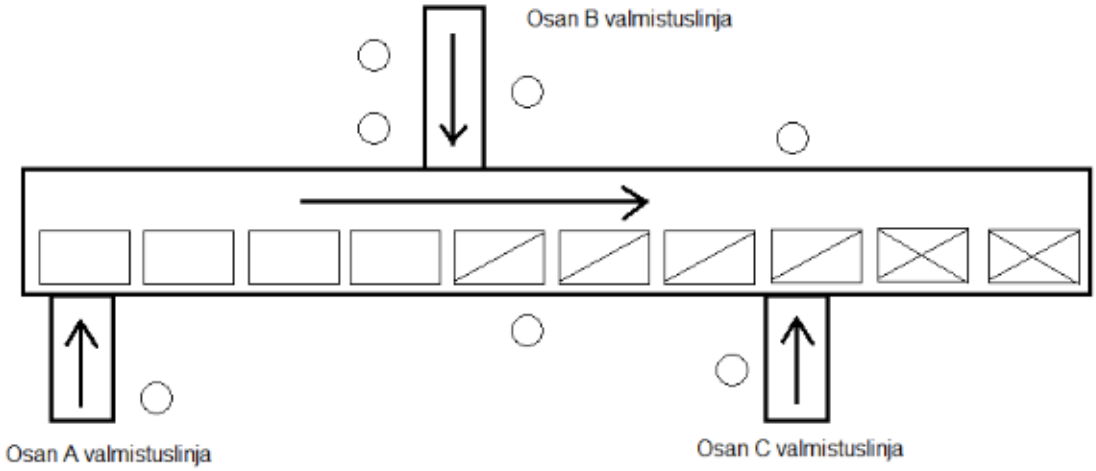
5 LAYOUT-SUUNNITTELU

Puhuttaessa layoutista tarkoitetaan tuotantojärjestelmän fyysisten osien, kuten koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulkureittien sijoittamista tehtaassa. Tuotantolaitteiden sijoittelun ja niiden työnkulun perusteella layoutit voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin: tuotantolinja-layoutiin, solu-layoutiin ja funktionaaliseen layoutiin. (11, s. 475.)

5.1 Layout-tyypit

5.1.1 Tuotantolinja-layout

Tuotantolinjassa koneet ja laitteet sijoitetaan työnkulun mukaiseen järjestykseen (kuva 1). Yleensä tuotantolinja on erikoistunut tietyn tuotteen valmistamiseen, jolloin kappaleenkäsittely voi olla mahdollisimman tehokasta ja automatisoitua. Tuotantolinjassa kulkee yleensä aina sama tuote, joten työnkulku on selkeää ja työvaiheiden välissä voidaan käyttää mekaanisia kuljettimia. (11, s. 475–476.)



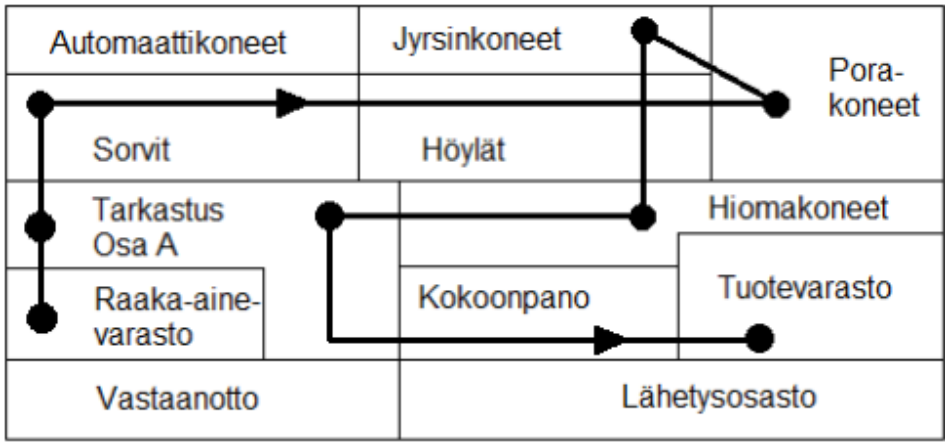
KUVA 4. Tuotantolinja-layout (11, s. 476)

Tuotantolinjan rakentaminen edellyttää suurta volyymiä ja korkeaa kuormitusastetta. Suuren volyymin ansiosta tuotteen yksikköhinta on alhainen, vaikka tuotantolinjan perustamiskustannukset ovatkin yleensä suuret.

Tuotantolinja on herkkä häiriöille, pienikin häiriö voi vaikuttaa nopeasti koko linjan toimintaan. (11, s. 475–476.)

5.1.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalisessa layoutissa työpaikat ja koneet on ryhmitelty niissä tapahtuvien työtehtävien samankaltaisuuden perusteella (kuva 2). Esimerkiksi pikamallikoneilla on oma alueensa ja koneistuslaitteilla omansa. (11, s. 476–477.)

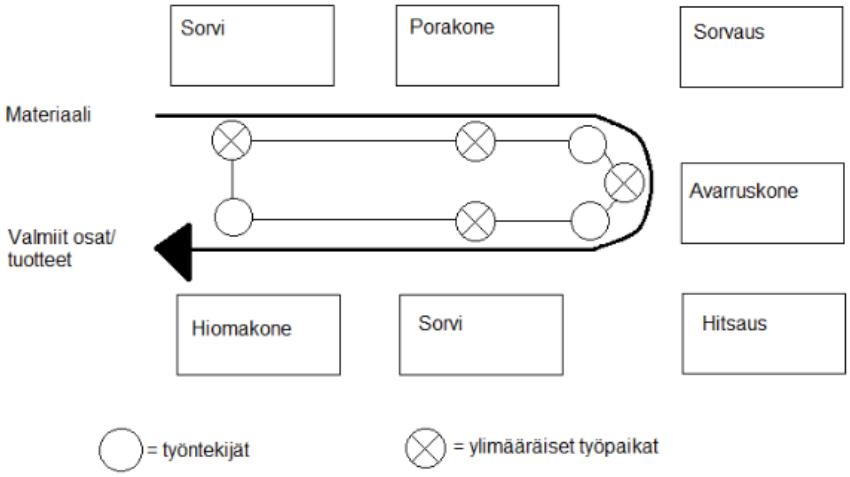


KUVA 5. Funktionaalinen layout (11, s. 477)

Funktionaalisessa layoutissa koneet ja laitteet ovat yleensä monipuolisia yleiskoneita, joilla voidaan valmistaa joustavasti erilaisia tuotteita. Tuotantomäärät ja tuotetyypit vaihtelevat huomattavasti. Tuotteita voidaan valmistaa yksittäiskappaleina tai sarjoina. Automaation käyttö materiaalinkäsittelyssä on rajoitettua toisistaan poikkeavien työkulkujen takia. Tuotannonohjaus perustuu koneille jonottavien töiden organisointiin. Oikea-aikainen töiden ohjaus työvaiheesta toiseen on vaikeaa, koska työjonot kasvattavat keskeneräisen tuotannon määrää ja näin pitkittävät läpimenoaikoja. Funktionaalinen layout on helppo ja halpa toteuttaa tuotantolinjaan nähden. Kapasiteettia on mahdollista kasvattaa joustavasti ja myös erilaisten tuotteiden valmistaminen on joustavaa. (11, s. 476–477.)

5.1.3 Solu-layout

Solu-layoutissa on joukko itsenäisiä, eri koneista ja työpaikoista koottuja ryhmiä, jotka ovat erikoistuneet tiettyjen osien valmistamiseen tai työvaiheiden suorittamiseen (kuva 3). Solu-layoutia voidaan pitää eräänlaisena välimuotona funktionaalisesta layoutista ja tuotantolinjasta. (11, s. 477.)



KUVA 6. Solu-layout (11, s. 478)

Solujen materiaalivirrat ovat selkeitä eikä niissä esiinny välivarastoja. Lisäksi läpimenoajat ovat lyhyempiä kuin funktionaalisessa layoutissa. Solussa voidaan valmistaa joustavasti juuri niitä tuotteita, joiden valmistukseen se on suunniteltu. Asetusajat tuotteesta toiseen siirryttäessä ovat lyhyet. Solut ovat joustavampia kuin tuotantolinjat ja tehokkaampia kuin funktionaaliset järjestelmät omien tuoteryhmiensä puitteissa. Tuotteita valmistetaan solussa yksittäiskappaleina tai pieninä sarjoina. Tuotannonohjaus on helppoa, koska se muodostaa ainoastaan yhden kuormituspisteen. (11, s. 477–478.)

Solujen laadunvalvontaa helpottaa eri valmistusvaiheiden suorittaminen peräkkäin samalla alueella. Kuormitusasteet soluissa voivat vaihdella

huomattavasti, mutta ovat yleensä alhaisemmat kuin tuotantolinjalla. Solu-layout on funktionaalista layoutia herkempi kuormitusasteiden vaihteluille sekä tuotevalikoiman muutoksille. (11, s. 477–478.)

5.2 Layoutin valinta

Layout-tyyppi valitaan tuotevalikoiman suuruuden ja valmistettavien tuotteiden määrän perusteella. Tuotantolinja-layoutia käytetään, kun samantyyppisiä tuotteita valmistetaan suuria määriä. Funktionaalinen layout on parhaimmillaan, kun tuotetyyppien määrä on suuri, mutta tuotantomäärät ovat pienet. Solu-layout soveltuu parhaiten, kun valmistetaan erilaisia tuotteita jatkuvasti, mutta ei kuitenkaan niin paljon, että kannattaisi rakentaa tuotantolinja. Soluissa erityyppisten tuotteiden valmistus on joustavampaa kuin tuotantolinjassa. (11, s. 479.)

Layout muodostuu aina erilaisista osa-layouteista ja layout voikin vaihdella tuotantoprosessin vaiheen mukaan. Esimerkiksi funktionaalisesti järjestetyssä konepajassa on mahdollista järjestää osa valmistuksesta soluiksi. (11, s. 480.)

5.3 Layout-suunnittelun tavoitteet

Materiaalivirtojen tehokas suunnittelu on layout-suunnittelun keskeisenä tavoitteena. Osastojen ja työpisteiden sijoittelua suunniteltaessa pyritään minimoimaan materiaalien kuljetuskerrat ja -matkat. Mahdolliset laajennus- ja muutostarpeet on myös syytä ottaa huomioon layout-suunnittelussa. Layoutia on pystyttävä muuttamaan joustavasti, kun tuotantomäärät ja tuotetyypit muuttuvat. Muutostarpeet on syytä ottaa huomioon erityisesti vaikeasti siirrettävien koneiden sijoittelussa. Hyvän layoutin ominaisuudet ovat seuraavat:

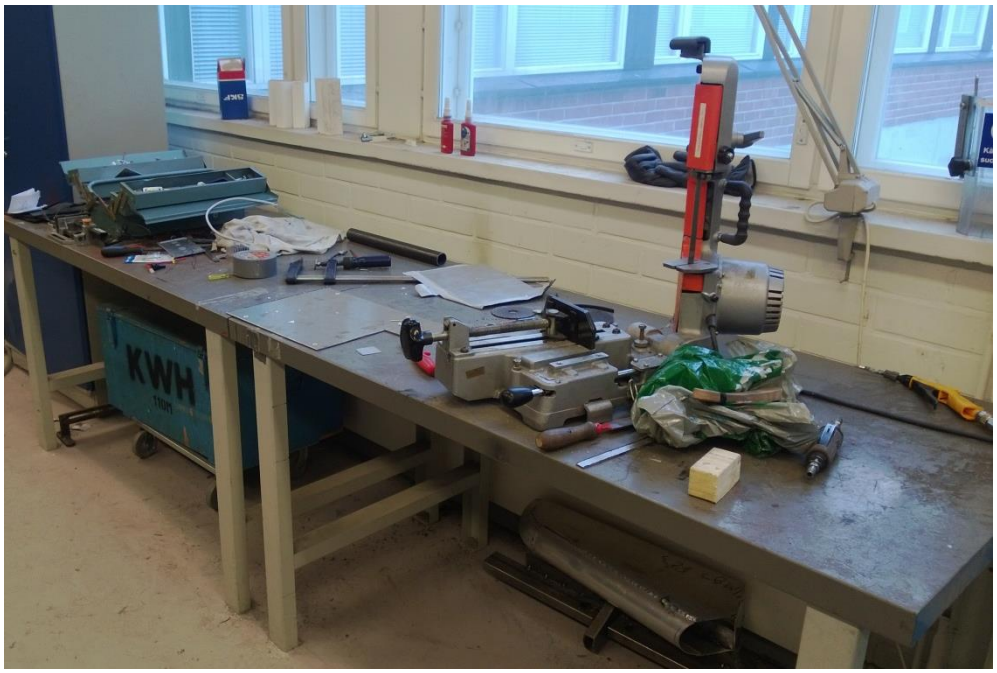
- tilat on käytetty tehokkaasti
- työturvallisuus on otettu huomioon
- materiaalivirrat ovat selkeitä
- layout on joustavasti muutettavissa
- työpisteiden erityistarpeet on otettu huomioon
- mahdollistaa vaivattoman sisäisen kommunikaation. (11, s. 482.)

6 NYKYTILAN ANALYYSI

Laboratoriotilojen nykytilaa ryhdyttiin selvittämään lähettämällä taulukko nykyisistä laitteista Oamkin tekniikan yksikön työntekijöille, jotka käyttävät laboratoriotiloja säännöllisesti opetuksessaan. Heiltä tiedusteltiin nykyisten koneiden ja laitteiden tarpeellisuutta ja hyödyntämistä opetuksessa. Vähäiselle tai olemattomalle käytölle jääneet koneet on tarkoitus poistaa yksikön tiloista ja järjestää jäljelle jäävät laitteet tehokkaammin käytössä oleviin tiloihin. M€C-hankkeeseen kuuluu myös uusien koneiden hankintoja, joten myös niitä varten on suunniteltava toimivat tilat.

Nykyisellään laboratoriotilat ovat ahtaat ja käytettävä kalusto on osin vanhentunutta, joten tilojen sopivuus opetus- ja koulutuskäyttöön ei ole tällä hetkellä paras mahdollinen. Koneet on sijoitettu siten, että mikäli laboratoriotilassa on suuria oppilasryhmiä, osan on vaikea havainnoida laitteilla tapahtuvaa opetusta. Lisäksi kulkureitit koneiden välissä ovat joiltain osin ahtaita ja voivat pahimmillaan aiheuttaa vaaratilanteita koneiden ollessa käytössä. Materiaalien varastointi on tällä hetkellä myös ongelmallista, sillä materiaaleille kohdistettua tilaa ei käytännössä ole olemassa. Yritysyhteistyön toteuttaminen nykyisissä tiloissa ja nykyisillä laitteilla on hyvin vaikeaa tai mahdotonta.

Tilojen siisteys ja siisteydestä huolehtiminen on tällä hetkellä myös yksi ongelmista. Kuten kuvista 7 ja 8 näkyy, työkaluja jätetään käytön jälkeen usein pöydille lojumaan ja tilojen käytön jälkeinen siivoaminen on satunnaista. Laboratoriotilojen siisteyden ylläpitoon tarvitaan toimiva menetelmä. Mielestäni 5S-menetelmän käyttöönotto olisi sopiva työkalu tilojen pitämiseen siistinä ja järjestyksessä.



KUVA 7. Nykytilanne konetekniikan laboratoriossa

KUVA 8. Nykytilanne materiaalitekniikan laboratoriossa

Henkilökunnalle tehdyn kyselyn sekä havaintojen perusteella kävi ilmi, että laboratoriotilojen laitteista osa on käyttämättömänä tai hyvin pienellä käyttöasteella. Lisäksi osassa laitteista on käytettävyyteen vaikuttavia vikoja tai laitteet ovat jo niin vanhoja, että ne olisi syytä vaihtaa uusiin. Vanhentuneet laitteet eivät palvele enää nykyistä käyttötarvetta. Henkilökunnalle tehdyn kyselyn yhteenveto on liitteenä 2.

Tarpeelliset, mutta pienellä käyttöasteella olevat laitteet kannattaa sijoittaa sopivaan välivarastoon, josta ne on mahdollisimman helppo ottaa takaisin käyttöön. Laboratoriotiloissa niitä ei kannata säilyttää, koska tilat ovat nykyisellääkin pienet ja ylimääräistä tilaa ei ole. Säilytykseen sopivia tiloja on esimerkiksi kellarikerroksessa. Tarpeelliset, mutta vialliset tai vanhentuneet koneet on syytä joko korjata välittömästi tai hankkia uudet koneet niiden tilalle. Viallisten koneiden käyttö laskee turhaan työn tehokkuutta ja ne voivat aiheuttaa jopa työtapaturmia. Tarpeettomat ja pienellä käyttöasteella olevat koneet tulisi myydä, lahjoittaa tai romuttaa.

Nykyisiä tiloja kiertäessäni huomasin, että tiloissa oli paljon kaappeja, jotka sisälsivät täysin tarpeetonta tavaraa tai sellaista tavaraa, jota tarvitaan vain harvoin. Kaappien sisältö tulee käydä läpi 5S-menetelmän avulla ja poistaa kaikki kaappeihin kuulumaton tavara. Myös muiden laboratoriotiloissa olevien tavaroiden ja laitteiden tarpeellisuutta on syytä arvioida esimerkiksi 5S-menetelmää käyttäen.

M€C-hankkeen myötä tehtävä konekannan uudistus tuo lisää muutostarpeita tiloihin ja toimintamalleihin. Nykyisiin tiloihin on mahdotonta sijoittaa uusia laitteita ilman layoutiin tehtäviä muutoksia, sillä nykyiseen tilajärjestelyyn uudet laitteet eivät yksinkertaisesti mahdu. M€C-hankkeeseen suunnitellut konehankinnat ovat vesileikkauslaitteen, koneistuskeskuksen, sorvin sekä lasersintrauskoneen hankinta. Erityisesti vesileikkauslaite vie suuren tilan ja sen sijoituspaikan löytäminen laboratoriotiloista on haastavaa. Lisäksi lasersintrauskoneen tarvitsemat kaksi erillistä tilaa tuovat lisää haasteita tilojen suunnitteluun.

M€C-hankkeen avulla toimintamallia pyritään kehittämään sellaiseksi, että opiskelijaryhmien on mahdollista itsenäisesti varata koneita projekteihinsa. Nykyisen tilanvarausjärjestelmän sijasta laboratoriotiloissa voisi käyttää yksittäisten koneiden varausjärjestelmää. Varausjärjestelmässä koneiden, materiaalien sekä koneen käyttäjän varaaminen tulee tehdä mahdollisimman helpoksi ja nopeaksi esimerkiksi sähköisen varausjärjestelmän avulla.

M€C-hankkeen tavoitteena on mahdollistaa nopea ja kustannustehokas yksittäis- ja piensarjavalmistus tekniikan yksikössä. Tavoitetilan saavuttamiseksi laboratoriotilat täytyy suunnitella toimiviksi opetuksen sekä valmistuksen kannalta. Lisäksi opetuksen rakennetta on muutettava yritysmaailman tuotekehitysprosessin kaltaiseksi, jotta prototyyppejä voidaan valmistaa myös yritysten tarpeisiin. Nykyinen yhteistyö eri organisaatioiden välillä ei toimi kaikilta osin ja sitä tuleekin kehittää tulevaisuudessa. Opiskelijoiden ja yritysten välinen yhteistyö on ollut viime vuosina vähäistä. Yritysyhteistyön määrää on ehdottomasti lisättävä tulevaisuudessa, jotta tavoitetila olisi saavutettavissa.

7 TOIMINTAMALLIN KEHITTÄMINEN

Uuden toimintamallin tavoitteena on mahdollistaa nopea ja kustannustehokas yksittäis- ja piensarjavalmistus. Yksittäisten kappaleiden ja pienten sarjojen valmistamisessa tuotannon joustavuuden merkitys nousee suureksi. Lisäksi uuden toimintamallin on sovelluttava hyvin opetus- ja koulutuskäyttöön.

Tiloihin on suunnitelmissa hankkia useita uusia koneita, joiden vaatimukset tulee selvittää etukäteen. Lisäksi koneille tarvitaan ammattitaitoinen käyttäjä. Tällä hetkellä tiloissa työskentelee kaksi henkilöä, joista toinen on jäämässä eläkkeelle. Toimintaa kehitettäessä ja lisättäessä yritysyhteistyön määrää, laboratoriohenkilöiden määrä on syytä pitää ainakin nykyisellä tasolla.

Joustavaa ja nopeaa toimintaa tukee yksittäisten koneiden varauksen integroiminen käytössä olevaan tilanvarausjärjestelmään. Tilanvarausjärjestelmästä olisi tällöin mahdollista nähdä jokaisen koneen sen hetkinen varaustilanne ja varata kone lyhyelläkin varoitusajalla opetusryhmän käyttöön tai palvelutoimintaan. Varausjärjestelmän etuina on mahdollisuus nähdä, milloin koneen kapasiteetti on seuraavan kerran käytettävissä, jolloin toiminta voidaan suunnitella sen mukaan. Koneiden lisäksi varausjärjestelmään voi sisällyttää myös koneen käyttäjän sekä materiaalien varauksen. Tällöin työhön tarvittavat materiaalit on varmasti koneen käyttäjän käytettävissä eikä turhaa odotusta esiinny.

7.1 Layout-tyypin valinta

Laboratoriotiloissa on tavoitteena valmistaa nopeasti ja kustannustehokkaasti pieniä sarjoja ja yksittäiskappaleita. Tuotantolinja sopii parhaiten suurille sarjoille ja ei näin ole paras mahdollinen vaihtoehto tekniikan yksikköön. Tuotantolinjassa yksittäisten tai pienten sarjojen valmistus on tehotonta ja kallista. Solu-layoutin heikkoutena on funktionaalista layoutia suurempi herkkyys tuotevalikoiman ja kuormitusasteen muutoksille. Funktionaalinen layout soveltuukin paremmin tuotantoon, jossa tuotevalikoima voi vaihdella merkittävästi.

Käytössä oleviin laboratoriotiloihin soveltuu hyvin funktionaalinen layouttyyppi. Tilat pystytään jakamaan toiminnoittain ja tällöin esimerkiksi tietyn oppiaineen laboratorio-opetus on mahdollista suorittaa yhdessä tilassa. Funktionaalisessa layoutissa erityyppisillä koneilla ja laitteilla on omat osastonsa. Suunniteltaessa funktionaalista layoutia pyritään mahdollisimman joustavaan tuotantoon ja samalla tavaroiden sekä materiaalien siirtomatkat pyritään saamaan mahdollisimman vähäisiksi. Koneiden paikat pyritään suunnittelemaan siten, että myös tulevaisuuden muutostarpeet on mahdollista toteuttaa mahdollisimman vaivattomasti. Muutostarpeita voi ilmetä esimerkiksi silloin, kun tuotevalikoima tai tuotteiden määrä muuttuu.

7.2 Layout-vaihtoehdot

Luonnoksia uusista layout-vaihtoehdoista tehtiin useita, joista kolmea toteutuskelpoisinta ryhdyttiin kehittämään ja vertailemaan toisiinsa. Vaihtoehtoja vertailtiin QFD-taulukon avulla sekä keskusteluissa yhdessä tekniikan yksikön työntekijöiden kanssa. Uuden layoutin tavoitteena oli mahdollistaa mahdollisimman nopea ja kustannustehokas yksittäis- ja piensarjavalmistus. Tilojen suunnittelussa tuli ottaa huomioon myös tilojen soveltuvuus opetus- ja koulutuskäyttöön. Layout vaihtoehdot ovat liitteinä 4–6.

7.2.1 Ensimmäinen vaihtoehto

Uuden layoutin ensimmäisessä vaihtoehdossa (liite 4) nykyisestä materiaalitekniikan laboratoriosta tulee koneistustila. Tilaan sijoitetaan uusi koneistuskeskus, uusi sorvi, käytössä oleva CNC-kone sekä tilassa jo oleva vetokone. Tilaan sijoitetaan myös työpisteitä, joissa voidaan suunnitella ja simuloida koneistettavia kappaleita. Tilan keskelle jää tilaa toimia ja opiskelijaryhmien on mahdollista seurata laitteiden toimintaa. Koneistuskeskuksen ja sorvin läheisyyteen varataan tilaa työkaluille ja kiinnittimille. Tarvittavia käsityökaluja varten tilaan sijoitetaan liikuteltavia työkalulaatikostoja. Niiden liikkuttelu on vaivatonta ja työkalut saadaan nopeasti juuri sinne, missä niitä tarvitaan. Liikuteltavien työkalulaatikostojen etuna on myös se, ettei niitä varten tarvitse olla yhtä kiinteää paikkaa.

Nykyisten pikamallilaboratorioiden kohdalle tulee uusi vesileikkauslaite, jota varten on riittävästi tilaa kyseisessä paikassa. Lisäksi materiaalin varastointi olisi mahdollista toteuttaa koneen läheisyyteen, mikä vähentäisi materiaalien turhaa liikuttelua. Lisäksi materiaalin panostaminen leikkaukseen on helppoa. Tässä vaihtoehdossa autolaboratorioon johtava käytävä tulee osaksi hyötykäyttöön kun tilaa laajennetaan käytävälle. Pikamallikoneita varten järjestetään uudet tilat yksiköstä. Esimerkiksi aiemmin IT-palveluiden käytössä olleet tilat soveltuisivat hyvin pikamallikoneille. Pikamallikoneiden tulevasta sijoituspaikasta tulee keskustella vielä koneita käyttävien henkilöiden kanssa, jotta niille löydetään sopiva sijoituspaikka.

Mittakone sekä vakuumikaapit ovat viereisessä tilassa. Viereinen tila jaetaan väliseinien avulla siten, että lasersintrauskoneelle sekä lasersintrattujen kappaleiden käsittelylle on omat tilansa. Kappaleiden käsittelytilan on oltava alipaineinen ja pölynpoiston riittävä, koska tilassa käsitellään erittäin hienojakoista pölyä, jonka leviäminen muihin tiloihin on estettävä.

Laboratoriohenkilökunnan nykyisestä tilasta tulee tila kokoonpanotyötä varten. Nykyisissä tiloissa ei ole erillistä tilaa, jossa voitaisiin tehdä kokoonpanoa ja viimeistellä valmistettuja tuotteita. Tilaan voidaan sijoittaa tarpeen mukaan työpisteitä, työkaluja ja hyllyjä sekä kaappeja valmistettujen kappaleiden säilytystä varten. Lisäksi tilaan sijoitetaan materiaalitekniikan kovuusmittarit, jotka tarvitsevat puhtaan toimintaympäristön.

Konetekniikan laboratorioon sijoitetaan materiaalitekniikan laitteet. Tilaa pyritään jakamaan materiaalitekniikan osaan ja valmistustekniikan osaan. Pienillä muutoksilla tilajärjestely on mahdollista saada huomattavasti nykyistä tehokkaammaksi. Myös tilan jakamista kevyillä väliseinillä on syytä harkita, sillä herkille materiaalitekniikan laitteille sopii paremmin puhdas ja pölytön tila.

Ensimmäisen vaihtoehdon vahvuutena on koneistustila, jossa on riittävästi tilaa toimia ja opettaa koneiden toimintaa. Materiaalin varastoiminen yhteen paikkaan on logistisesti järkevää. Ensimmäisessä vaihtoehdossa materiaalien

tuominen tiloihin isoista pariovista on helppoa ja myös materiaalien kuljetusmatkat ovat tässä vaihtoehdossa mahdollisimman lyhyet.

Tilojen kannalta vesileikkauslaite on tässä vaihtoehdossa optimaalisessa paikassa. Materiaalien syöttö koneeseen on helppoa. Koneen ympärillä on riittävästi tilaa toimia ja koneen läheltä ei ole läpikulkua muihin tiloihin.

Ensimmäisessä vaihtoehdossa lasersintrauskoneen ja kappaleiden käsittelyn sijoittaminen omiin tiloihin on hyvä ratkaisu, koska konetta ei käytetä jokapäiväisessä opetustyössä. Lisäksi tällä ratkaisulla on mahdollista vähentää hienojakoisen pölyn leviäminen muihin tiloihin.

7.2.2 Toinen vaihtoehto

Uuden layoutin toisessa vaihtoehdossa (liite 5) materiaalitekniikan laboratoriotilaan tulee uusi koneistuskeskus, uusi sorvi, lasersintrauskone sekä vetokone. Tilasta puretaan käytävän puoleinen kevyt väliseinä tilan avartamiseksi. Lisäksi tilaan rakennetaan uusi huone lasersintrattujen kappaleiden käsittelyä varten. Vesileikkauslaite sijoitetaan samaan kohtaan kuin ensimmäisessäkin vaihtoehdossa.

Pikamallikoneet sijoitetaan nykyisiin laboratoriohenkilökunnan tiloihin, jossa on riittävästi tilaa työstää ja säilyttää valmistuneita pikamalleja. Pikamallikoneiden lisäksi kovuusmittarit sijoitetaan samaan tilaan. Nykyinen konetekniikan laboratorio on lähes samanlainen kuin ensimmäisessä vaihtoehdossa sillä poikkeuksella, että sinne jää tilassa jo oleva CNC-kone.

Tämän vaihtoehdon vahvuutena on mahdollisuus saada koneistustilasta avara ja kulku sinne on helppoa. Lisäksi tässä vaihtoehdossa pikamallikoneita varten on hyvä tila, joka on muiden laboratoriotilojen välittömässä yhteydessä. Vaihtoehdon heikkoutena on lasersintrauskoneen sijainti avoimessa koneistustilassa sekä muutostöiden korkea hinta.

7.2.3 Kolmas vaihtoehto

Uuden layoutin kolmannessa vaihtoehdossa (liite 6) materiaalitekniikan laboratorion käytävän puoleinen seinä on poistettu. Myös tässä vaihtoehdossa tilasta on tehty koneistustila.

Kolmannessa vaihtoehdossa yksi pikamallilaboratoriotila on purettu ja sen paikalla on vesileikkauslaite. Toinen pikamallilaboratorioista jaetaan kahteen osaan. Ikkunan puoleiseen osaan tulee lasersintrauskone sekä sykloni. Käytävänpuoleisessa tilassa tapahtuu lasersintrattujen kappaleiden käsittely. Sisäänkäynti näihin kahteen tilaan rakennetaan uusiksi ja nykyinen oviaukko peitetään.

Viereiseen tilaan on mahdollista sijoittaa mittakone sekä vakuumikaapit. Tilassa oleva lyhyt väliseinä muutetaan koko huoneen pituiseksi ja seinän toiselle puolelle jäävään tilaan sijoitetaan pikamallikoneet.

Kolmannen vaihtoehdon vahvuutena on mahdollisuus erilliseen kokoonpanotilaan, joka tulee laboratoriohenkilöstön tilaan. Tilaan voidaan sijoittaa kokoonpanoa varten työpisteitä, tarvittavat työkalut sekä säilytysmahdollisuus tuotteille. Kokoonpanotilaan sijoitetaan myös materiaalitekniikan kovuusmittarit.

Konetekniikan laboratoriotila säilyy samanlaisena kuin ensimmäisessä vaihtoehdossa. Tämä tilajärjestely todettiin toimivaksi ja tila on helposti muunneltavissa tarpeiden muuttuessa. Kolmannen vaihtoehdon heikkoutena on vesileikkauskoneen sijoittaminen kulkureitin lähelle. Turvallisuuden kannalta tämä ratkaisu ei ole paras mahdollinen.

7.3 Uuden layoutin analysointi

Kolmesta layout-vaihtoehdosta toimivimmaksi osoittautui ensimmäinen vaihtoehto. Layout-vaihtoehtojen ominaisuuksia vertailtiin QFD-taulukon (taulukko 1) avulla sekä keskusteluissa yhdessä yksikön henkilöstön kanssa.

TAULUKKO 1. QFD-taulukko layout-vaihtoehdoista

Asiakkaan vaatimukset	Asikkaan priorisointi	LAYOUT 1	LAYOUT 2	LAYOUT 3						
	Suunnittelun vaihtoehdot		✓	✓						
			×							
Joustava tuotanto	5	9	3	9						
Helppo muunneltavuus	3	3	3	9						
Lyhyet välimatkat	4	9	3	3						
Sopivuus opetuskäyttöön	5	9	3	3						
Sopivuus yritysyhteistyöhön	4	9	9	9						
Materiaalien varastointi	2	9	3	3						
Turvallisuus	5	9	3	3						
Kustannukset	4	9	3	3						
Tärkeys (Absoluuttinen)		270	120	168	YHT	558				
Tärkeys (Suhteellinen)		48,4	21,5	30,1		100				

Ensimmäisessä layout-vaihtoehdossa vesileikkausta varten on riittävästi tilaa käytössä ja turha kulku koneen ohi voidaan minimoida. Materiaalin varastointi voidaan toteuttaa samaan tilaan ja näin turhaa materiaalin liikuttelua ei tarvita. Koneistustila on yhtenäinen, suljettu tila, jonne saadaan sijoitettua koneistuslaitteet ja jonka keskellä on riittävästi tilaa työskennellä.

Lasersintrauskonetta ja lasersintrattujen kappaleiden käsittelyä varten rakennetaan erilliset huoneet. Kappaleiden käsittelyä varten rakennettava tila on sijoitettu siten, että matka lasersintrauskoneesta on mahdollisimman lyhyt ja

huoneesta ei ole läpikulkua muihin tiloihin. Tällä järjestelyllä voidaan minimoida pölyongelmien syntyminen.

Materiaalitekniikan laitteiden sijoittaminen tilaan, jossa työstetään materiaaleja ja on pölyä, ei ole paras mahdollinen ratkaisu. Työntekijöiden kanssa käytyjen keskustelujen jälkeen päädyttiin materiaalitekniikan kovuusmittareiden sijoittamiseen nykyiseen laboratoriohenkilöstön tilaan. Samaan tilaan voidaan tehdä kokoonpanoa varten tarvittavat tilat, joita ei tällä hetkellä ole käytössä. Pikamallikoneita varten on suunnitelmissa järjestää tilat muualta tekniikan yksiköstä. Pikamallikoneita käytetään kuitenkin tulevaisuudessakin, joten niiden tuleva sijoituspaikka on syytä olla mahdollisimman lähellä nykyisiä tiloja.

QFD-analyysissä toimeksiantajan vaatimusten arvioitiin liittyvän turvallisuuteen, joustavuuteen, sopivuuteen opetus- ja palvelukäytössä, lyhyisiin välimatkoihin laitteiden välillä sekä muutostöistä aiheutuviin kustannuksiin. Vaatimuksille annettiin erilaiset painoarvot yhdestä viiteen.

Ensimmäinen layout-vaihtoehto antaa mahdollisuuden joustavaan tuotantoon selkeiden tilaratkaisujensa ja funktionaalisen layout-tyypin ansiosta. Layoutin suunnittelussa on otettu hyvin huomioon turvallisuus ja soveltuvuus sekä opetus- että yritysyhteistyöhön. Materiaalin varastointi on ensimmäisessä layout-vaihtoehdossa yksinkertainen ja etäisyydet laitteisiin ovat lyhyet.

7.4 Toimenpiteet kustannustehokkaaseen ja nopeaan yksittäis- ja piensarjavalmistukseen

Toimenpiteistä kustannustehokkaaseen ja nopeaan yksittäis- ja piensarjavalmistukseen luotiin toimintasuunnitelma Microsoft Excel -ohjelmalla. Toimintasuunnitelmasta on helppo käydä läpi tarvittavia toimenpiteitä toiminnan kehittämiseksi. Toimintasuunnitelman tarkoituksena on ohjata toimintaa ja herättää uusia ajatuksia tuotteiden valmistuksesta sekä käytettävistä toimintamalleista. Toimintasuunnitelma on liitteenä 7.

7.4.1 Laboratorioympäristön uuden layoutin toteutus

Laboratorioympäristön muutostyöt aloitetaan kesällä 2013 ja ne on tarkoitus saada valmiiksi vuoden loppuun mennessä. Uusista koneista koneistuskeskus sekä lasersintrauskone ovat käyttökunnossa vuoden loppuun mennessä ja vesileikkauslaite seuraavana vuonna. Uuden sorvin hankinnasta neuvotellaan vielä tekniikan yksikössä.

7.4.2 Kustannustehokkaan toimintaympäristön luominen

Koneiden kustannustehokkuuteen ja käytettävyyteen voidaan vaikuttaa hyvin suunnitellulla toiminnanohjausjärjestelmällä. Hyvin toimivalla toiminnanohjausjärjestelmällä voidaan minimoida valmistusta hidastavat tekijät, kuten materiaali-, kapasiteetti- tai työntekijäpulasta aiheutuvat viivästykset. Toiminnanohjausjärjestelmään tehdään opiskelijaryhmille mahdollisuus itsenäisesti varata kehitysprojektinsa tarpeisiin tarvittavat koneet ja henkilöstön sekä informoimaan tarvittavista materiaalihankinnoista niistä vastaaville henkilöille. Toiminnanohjausjärjestelmän suunnitteleminen voidaan aloittaa välittömästi, jotta se on käytettävissä remontin valmistuttua.

Laboratoriotilojen käytöstä, ohjauksesta ja valvonnasta laaditaan järjestysohjeistus. Järjestysohjeistuksen käyttöönotolla on monia positiivisia vaikutuksia toimintaan tekniikan yksikössä. Kun kaikki työkalut ja materiaalit ovat omilla paikoillaan ja käyttökunnossa, on sillä suora positiivinen vaikutus työn tuottavuuteen ja laatuun. Paremman järjestyksen ansiosta tarpeettomia töitä, raaka-ainehävikkiä, viallisia tuotteita ja muita ylimääräisiä kustannuksia saadaan pienennettyä ja toimintavarmuus on mahdollista pitää jatkuvasti korkealla.

Järjestysohjeistuksen laatiminen aloitetaan syyskuussa 2013 ja ohjeistuksen viitekehyksenä voidaan käyttää 5S-menetelmää. Uudessa toimintamallissa toteutetaan ennakoivan kunnossapidon periaatteita suunnittelemattomien seisokkien välttämiseksi. Uusille laitteille tehdään kattavat kunnossapitosuunnitelmat. Kunnossapitosuunnitelmien laatiminen aloitetaan joulukuun aikana ja ne otetaan käyttöön, kun koneet on asennettu ja käyttökunnossa.

7.4.3 Läpimenoaikojen lyhentäminen ja laatutekijät

Uudessa toimintamallissa koneiden käyntiajat pyritään maksimoimaan kustannustehokkuuden parantamiseksi. Yksittäis- ja piensarjavalmistuksessa asetusten tekemiseen kuluva aika on merkittävä osa kokonaisvalmistusajasta. Asetusaikojen osuus käyntiajasta minimoidaan muuttamalla mahdollisimman paljon asetuksista ulkoisiksi. Työn laatuun ja nopeuteen voidaan vaikuttaa nollapistekiinnityksen, työkalujen esiasetuksen ja vakiotyökalujen käytöllä. Tavoitetilan saavuttamiseksi tehdään ohjeistus työkalujen esiasetuksesta, selvitykset vakioasetusten luomisesta työkaluille sekä nollapistekiinnityksen hyödyntämismahdollisuuksista. Ohjeistus ja selvitykset tehdään syksyn 2013 aikana. Niiden perusteella tehdään tarvittavien työkalujen ja välineiden hankinnat.

Läpimenoaikojen nopeuttamiseksi ja laadun varmistamiseksi työstötapahtumat simuloidaan etukäteen ja ohjelmasta poistetaan virheet sekä turhat liikkeet. Soveltuvien simulointijärjestelmien analysointi aloitetaan joulukuussa 2013. Järjestelmien hankinnasta ja käyttöönotosta päätetään analyysien valmistuttua.

7.4.4 Jatkuva parantaminen

Toimintamallia tullaan kehittämään jatkuvasti ja parantamaan toiminnan ongelmakohtia, kun niitä havaitaan. Jatkuvasti tehtävät pienet parannukset ovat tärkeitä menestymisessä pitkällä aikavälillä eivätkä ne välttämättä vaadi suuria investointeja. Jatkuvaan parantamiseen sitoutuu koko henkilöstö ja siitä tulee normaali osa jokapäiväistä toimintaa.

Jatkuvasta parantamisesta laaditaan käytänteet syksyn 2013 aikana ja ne otetaan käyttöön välittömästi, kun ne on laadittu. Palautetta uudesta toimintamallista kerätään säännöllisin väliajoin. Palautetta kerätään yksikön työntekijöiltä, opiskelijoilta sekä yhteistyökumppaneilta. Vapaata palautetta kerätään palautelomakkeilla. Opiskelijapalautetta voidaan kerätä esimerkiksi opintojaksopalautteiden yhteydessä. Palautteen kerääminen usealta kohderyhmältä on tärkeää, sillä jokainen ryhmä näkee asiat eri tavoin ja tuovat näin erilaisia näkökulmia toiminnan kehittämiseen.

8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Oulun seudun ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön kone- ja tuotantotekniikan opetuksessa käytettäviin laboratorioihin uusi layout ja toimintamalli, jotka tukevat nopeaa ja kustannustehokasta yksittäis- ja piensarjavalmistusta. Työn tuloksena syntyi suunnitelma siitä, miten tavoitetilanne on mahdollista saavuttaa. Suunnitelmaan kuuluivat nykytilan analyysi, ehdotus uudesta layoutista sekä esitys keinoista, joilla päästään tavoitetilanteeseen suunnitellusti.

Suunnitelman mukaisessa layoutissa tilat saadaan tehokkaasti käyttöön ja suunnittelussa on otettu huomioon prototyyppivalmistuksen erityispiirteet, tilojen sopivuus opetus- ja koulutuskäyttöön sekä kustannustehokkaan toiminnan mahdollistaminen. Uutta toimintamallia suunniteltaessa viitekehyksenä käytettiin OEE-, 5S- ja SMED-menetelmiä.

Tämän työn tarkoituksena on toimia pohjana työn valmistumisen jälkeen alkaville muutostoimille. Kehittämistyötä ei tule lopettaa projektin valmistuttua vaan kehittämisestä on tehtävä jatkuvaa toimintaa. Näin varmistetaan kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman tulevaisuus ja kilpailukyky jatkossakin.

Opinnäytetyön tekeminen oli oppimiseni kannalta hyödyllistä. Tietoja keräämällä ja niitä soveltamalla sain hyvän käsityksen teknisestä suunnittelutyöstä. Opinnäytetyö onnistui mielestäni hyvin. Nykytilan analyysin pohjalta tein useita kehitysideoita sekä parannusehdotuksia toiminnan kehittämiseksi. Opinnäytetyötä oli erittäin kiinnostavaa tehdä sen käytännönläheisyyden ja monipuolisuuden takia. Haasteellista työssä oli erityisesti tiukka aikataulu sekä kaikkien osapuolten näkökulmien ottaminen huomioon suunnitelmia tehdessä.

LÄHTEET

1. Oamk >> Tekniikan yksikkö. 2013 Saatavissa: http://www.oamk.fi/tietoa_oamkista/yksikot/tekniikka/. Hakupäivä 13.3.2013.

2. Säkkinen, Jukka 2013. Oppari teoriaosuutta. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Heikki Saarilampi. 27.2.2013.

3. Ulrich, Karl – Eppinger, Steven 2008. Product Design and Development, New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.

4. Calculating OEE Overall Equipment Effectiveness. Saatavissa: http://oee.com/calculating-oee.html. Hakupäivä 22.4.2013.

5. OEE Overall Equipment Effectiveness Categories. Saatavissa: http://oee.com/oee-factors.html. Hakupäivä 22.4.2013.

6. OEE Six big losses. Saatavissa: http://oee.com/oee-six-big-losses.html. Hakupäivä 22.4.2013.

7. Junttila, Mika 2012. Yksittäisvalmistuksen läpäisyajan lyhentäminen. Oulu: Oulun yliopisto, konetekniikan osasto. Diplomityö.

8. Reunanen, Tero (toim.) 2011. Nollapistekiinnitysteknologioiden soveltaminen ja robotisoitu panostus. Panoste-projektin julkaisu 1/4. Turun ammattikorkeakoulun raportteja 108. Saatavissa: http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522161925.pdf. Hakupäivä 10.4.2013.

9. Lapinleimu, Ilkka 2007. Ideaalitehdas. Kolmas painos. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu.

10. MET-julkaisuja nro 16/2001 2001. 5S, Metalliteollisuuden keskusliitto. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

11. Haverila, Matti – Uusi-Rauva, Erkki – Kouri, Ilkka – Miettinen, Asko 2009. Teollisuustalous. Kuudes painos. Tampere: Infacs OY.

LIITTEET

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Yhteenvetotaulukko

Liite 3 Nykyinen layout

Liite 4 Layout-vaihtoehto 1

Liite 5 Layout-vaihtoehto 2

Liite 6 Layout-vaihtoehto 3

Liite 7 Toimintasuunnitelma

OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU
TEKNIIKAN YKSIKKÖ
KOTKANTIE 1, 90250 OULU
www.oamk.fi

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä[1] Heikki Saarilampi	Tilaaja[2] OAMK, Tekniikan yksikkö, Kone- ja tuotantotekn. osasto
	Tilaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot[3] Jukka Säkkinen, jukka.sakkinen@oamk.fi	
	Työn nimi[4] **Prototyyppivalmistuksen suunnittelu**	
	Työn kuvaus[5] Työssä suunnitellaan laboratoriotiloihin uusi layout ja toimintamalli, joka tukee nopeaa ja kustannustehokasta yksittäis- ja piensarjavalmistusta.	
	Työn tavoitteet[6] Nykytilan kuvaus (olemassa oleva laitekanta ja niiden käyttötarve sekä soveltuvuus) ja tarvekartoitus tavoitetilan osalta (tilat, laitteet, järjestelmät). Uusi layout-, laite- sekä järjestelmäsuunnitelma, joka mahdollistaa tavoitetilan mukaisen toiminnan suunnitellusti, huomioiden prototyyppivalmistuksen erityispiirteet.	
	Tavoiteaikataulut[7] Valmiina 1.5.2013 mennessä.	
	Päiväys ja allekirjoitukset[8] 22/02/2013 Tekijän allekirjoitus	22/02/2013 Tilaajan allekirjoitus

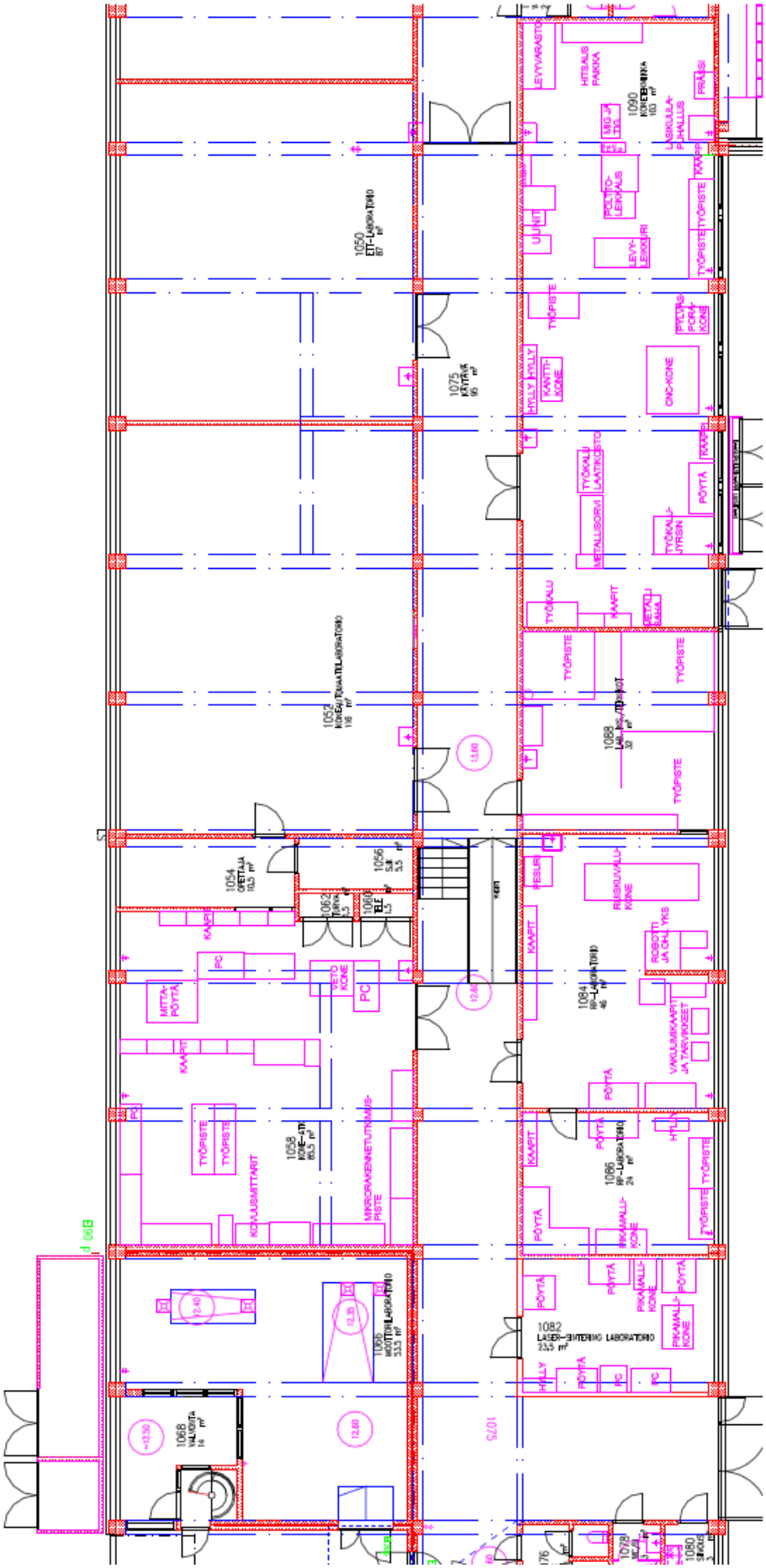
1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.
2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi.
3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta.
4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan.
5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat.
6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet.
7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa.
8. Lähtötietomuistio päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaajan yhdyshenkilö.

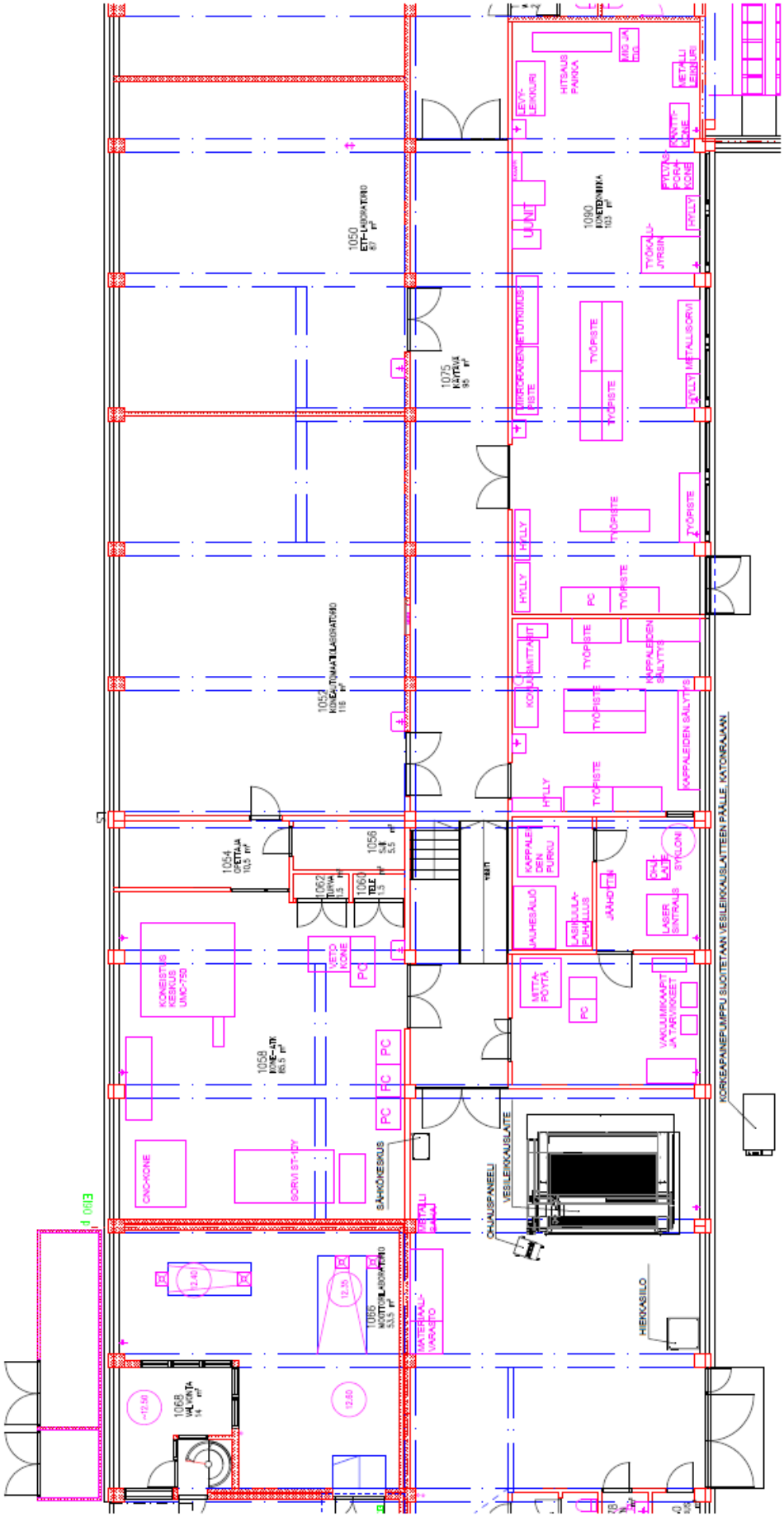
Laite	Sijainti	Tukeeko M€C stategiaa?	Millä opintokurssilla käytetty/käytetään?	Kuinka suurta oppilasmäärää koskettaa?	Palveleeko ko kurssin oppimistarkoitusta?	Mikä on ajatus tulevaisuudessa ko kurssilla? (koskien laitteistoa)
Pikamallikone + tarvikkeet	RP-Tekniikka		Prototyyppitekniikka, Muovituotetekniikka, Tuotekehitystoiminnan perusteet, Tuotekehitys, Auto- ja moottorilaboratorion projektit ja testit, Valmistustekniikka 2, *	yli 100	Kyllä	Tarvitaan
Vakuumikaapit + tarvikkeet	kuva 2-		Prototyyppitekniikka, Valmistustekniikka 2	yli 100	Kyllä	Tarvitaan, mahdollisuus uusia?
Robotti + ohjainyksikkö	-		Tuotantoautomaatio	n. 30	Kyllä	Laitteesta voidaan luopua
Pesuri	-		Prototyyppitekniikka	n. 25	Kyllä	Tarvitaan
Ruiskuvalukone + tarvikkeet	-		Muovituotetekniikka Opinnäytetyöt Projekti- ja hanketyöt	n. 25	Kyllä	Tarvitaan
Kaappien sisältö						Käytävä läpi->Turhat pois
Pikamallikoneet + tarvikkeet	Kaisan Labra		Prototyyppitekniikka Muovituotetekniikka Tuotekehitystoiminnan perusteet, *	2. vuosikurssi	Kyllä	Tarvitaan
Vetokone	Mat.Lab		Lujuusoppi, Osaston projektit, Konmat, Auto- ja moottorilaboratorion projektit ja testit	yli 100	Kyllä	Tarvitaan
Ultraääni hitsauskone	-				Ei	Laitteesta voidaan luopua
Mittapöytä + kone	-		Auto- ja moottorilaboratorion projektit ja testit, Valm.tekn	n. 100	Kyllä	Tarvitaan
Charpy vasara	-		Konmat	Demonstroinnissa	Kyllä	Uusi tulossa? Voidaan luopua
Metallileikkuri	-		Auto- ja moottorilaboratorion projektit ja testit, Konmat	n. 100	Kyllä	Tarvitaan
Muut mat.lab koneet	-		Auto- ja moottorilaboratorion projektit ja testit, Konmat	n. 100	Kyllä	Tarvitaan
Kaappien sisältö	-		Auto- ja moottorilaboratorion projektit ja testit, Konmat			Käytävä läpi->Turhat pois
Metallisorvi	Kone Labra		Auto- ja moottorilaboratorion projektit ja testit Tuotekehitystoiminnan perusteet, *	2. vuosikurssi + 1..15/a	Kyllä	Tarvitaan

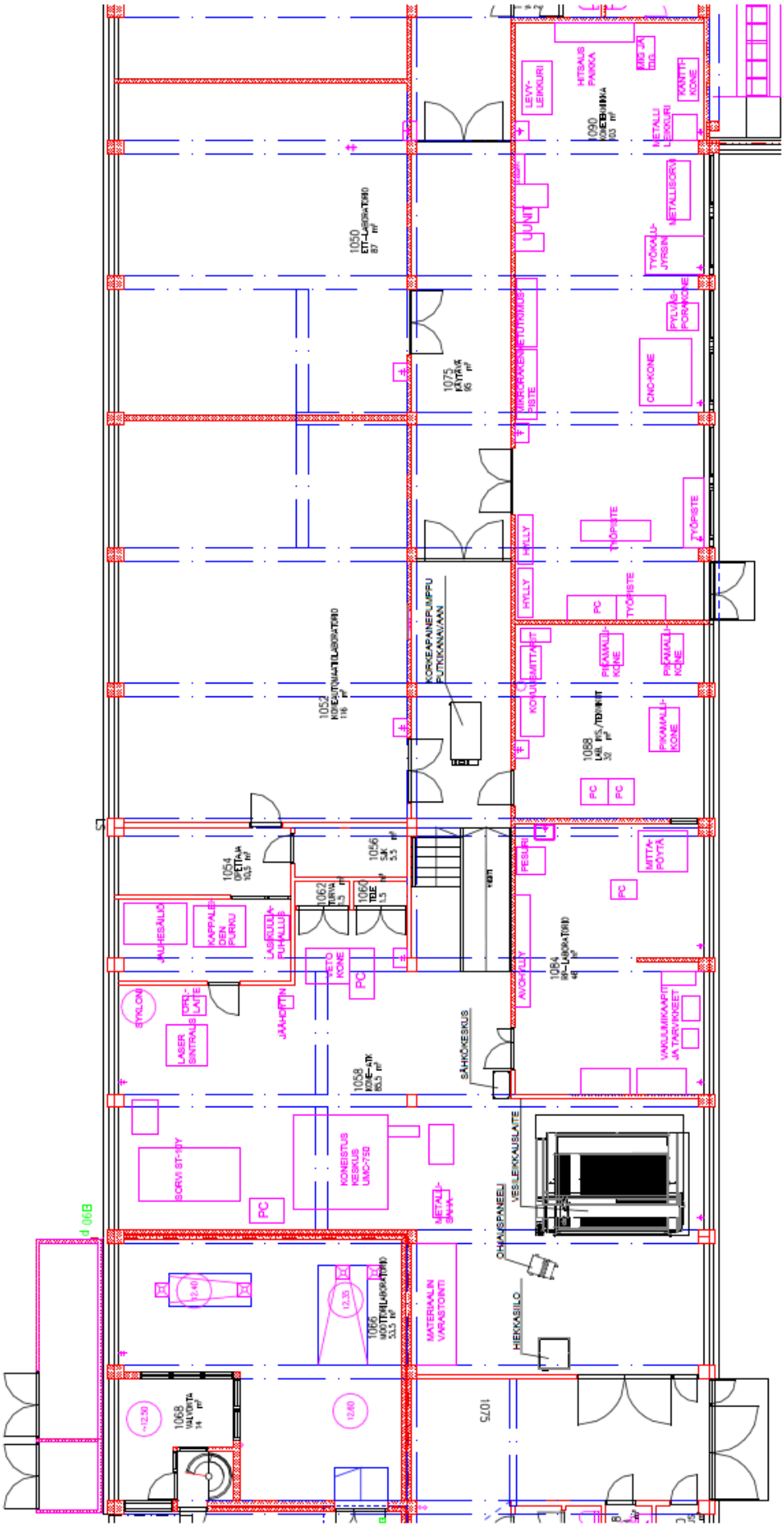
Metallisaha	-		Lujuusoppi, Konmat, Tuotekehitystoiminnan perusteet, Tuotekehitys, Auto- ja moottorilaboratorion projektit ja testit, Valmistustekniikka 2, *	yli 100	Kyllä	Tarvitaan
Työkalujyrsin	-		Auto- ja moottorilaboratorion projektit ja testit Tuotekehitystoiminnan perusteet, *	2. vuosikurssi + 1..15/a	Kyllä	Mahdollisuus hankkia toimivampi, pienempi?
CNC kone	-		Tuotekehitystoiminnan perusteet, Auto- ja moottorilaboratorion projektit ja testit, Valmistustekniikka 2 ja jatkokurssi, *	yli 100	Kyllä	Tarvitaan
Pylväsporakone	-		Auto- ja moottorilaboratorion projektit ja testit Tuotekehitystoiminnan perusteet, *	2. vuosikurssi + 1..15/a	Kyllä	Tarvitaan
Polttoleikkauskone + pöytä	-		Auto- ja moottorilaboratorion projektit ja testit Tuotekehitystoiminnan perusteet, *	2. vuosikurssi + 1..15/a		Mikäli vesileikkaus tulee, niin pois?
Mig & Tig	-		Lujuusoppi, Tuotekehitystoiminnan perusteet, Auto- ja moottorilaboratorion projektit ja testit, *	yli 100	Kyllä	Tarvitaan
Lasikuulapuhallus	-		Auto- ja moottorilaboratorion projektit ja testit Projektitoiminnan perusteet	n. 25/a	Kyllä	Tarvitaan, uusi sijoituspaikka?
Kanttikone	-		Auto- ja moottorilaboratorion projektit ja testit Tuotekehitystoiminnan perusteet, *	2. vuosikurssi + 1..15/a	Kyllä	Tarvitaan
Uunit	-		Auto- ja moottorilaboratorion projektit ja testit Konmat, *	n. 100	Kyllä	Tarvitaan
Levyleikkuri			Auto- ja moottorilaboratorion projektit ja testit Tuotekehitystoiminnan perusteet, *	2. vuosikurssi + 1..15/a	Kyllä	Tarvitaan
Prässi			Auto- ja moottorilaboratorion projektit ja testit, *	1...15	Kyllä	Tarvitaan, uusi sijoituspaikka?
Tarvikkeet					Kyllä	Käytävä läpi->Turhat pois
			*KONELABRAN LAITTEET SEKÄ PIKAMALLIKONEET KÄYTÖSSÄ MYÖS OSASTOJEN ERI PROJEKTEISSA			

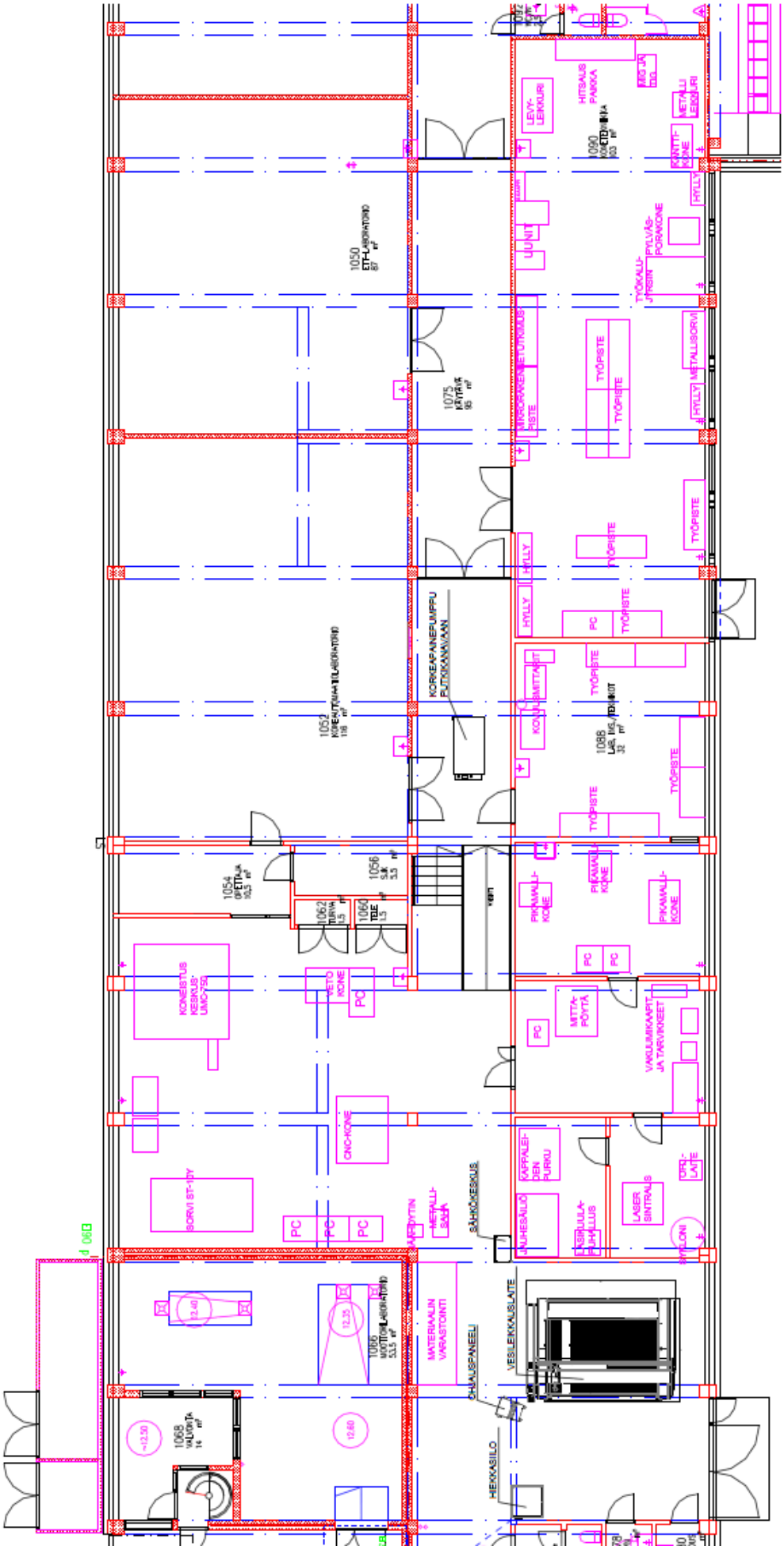
NYKYINEN LAYOUT

LIITE 3




1050
ETT-LABORATORIO
87 m²
1052
KONEAUTOMAATTILABORATORIO
116 m²
1054
OPETTAJA
10,5 m²
1056
SÄ
5,5 m²
1058
KONE-ATK
85,5 m²
1060
TILE
1,5 m²
1062
TORVI
1,5 m²
1066
MITTAUSLABORATORIO
5,5 m²
1068
VALMISTA
54 m²
1075
KÄYTÄVÄ
95 m²
1090
KONETOIMINTA
102 m²
KONEISTUS KESKUS UMC-750
CNC-KONE
SORVI STUDY
SÄÄNTÖKESKUS
PC
UETO KONE
MITTAUS-PÖYTÄ
VAKUUMIKAAPIT JA TARVIKKEET
LASER SINTRAUS
JÄÄHDYTYS
LASIKULLA-PUHALLUS
JAUHESÄÄLIÖ
KAPPALEIDEN PURKU
KAPPALEIDEN SÄILYTYS
TYÖPISTE
HYLLY
KONEISTUSMITTARIT
MITTAUSPÖYTÄ
MINIATYYRIEN TIETOTOIMISTO
LEVY-LEIKKURI
HITSAUS PAIKKA
MIG JA TIG
METALLI-SÄÄGURI
PYÖRÄ-PORA-KONE
TYÖKALU-JYRSIN
METALLISORVI
OHJAUSPANEELI
VESILEIKKAUSLAITE
KORKEAPAINEPUMPPU SUOJETTAAN VESILEIKKAUSLAITTEEN PÄÄLLE, KATONRAJAAN
HEIKKASILO
MATERIAALI-VARASTO
RETKU
SÄ
-12,50
12,40
12,35
12,30
E100 P


1050
1075
1052
KORKEAPAINEPUMPPU
PUTKIKANAVAAN
1054
1056
1062
1060
1088
1084
1058
1066
1068
1090
JÄÄHDYTIN
SÄHKÖKESKUS
MATERIAALIN
VARASTOINTI
HIENKASIILO
OHJAUSPANEELI
VESILEIKKAUSLAITE
KONEISTUS
KESKUS
UMC-750
SORVI ST-10Y
LASER
SINTRAUS
JAUHESÄILIÖ
KAPPALEI-
DEN
PURKU
LASIKUULA-
PUHALLUS
UUNI
HYLLY
TYÖPISTE
PIKAMALLI-
KONE
MITTA-
PÖYTÄ
VAKUUMIKAAPIT
JA TARVIKKEET
CNC-KONE
PYLVÄS-
PORAKONE
TYÖKALU-
JYRSIN
METALLISORVI
METALLI
LEIKKURI
KANTTI-
KONE
LEVY-
LEIKKURI
HITSAUS
PAIKKA
PC


1050
1052
1054
1056
1060
1062
1066
1068
1075
1086
1090
KORKEAPAINEPUMPPU PUTKIKANAVAAN
KONEISTUS KESKUS UMC-750
SORVI ST-10Y
CNC-KONE
VETO KONE
PC
MATERIAALIN VARASTOINTI
OHJAUSPANEELI
HEKKASILO
VESILEKKAUSLATE
SÄHKÖKESKUS
METALLI-SAHA
KAPPALEIDEN PURKU
NUHESÄILÖ
LASERSIRRIJULA-PUHDISTUS
LASER SINTRAUS
ORI-LATE
VARGUUMIKANNET JA TARVIKKEET
MITTA-PÖYTÄ
PIKAMALLI-KONE
KONEISTUSMITTARIT
TYÖPISTE
HYLLY
MIKROKAMERA-TYÖMUOTO
UUNIT
LEIVY-LEIKKURI
HITSAUS PAKKA
MIG JA TIG
METALLI LEIKKURI
KNITTI-KONE
PYLVÄS-PORAKONE
TYÖKALU-JYRSINT
METALLISORVI
KÄYTÄVÄ
TYÖPISTE

Päiväys	28.4.2013	Toimintasuunnitelma
Projektin vastuuhenkilö		

Alue	Kehityskohteet	Tavoite	Aikataulu kuukausittain												Vastuu-henkilöt	Katselmus	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Tarkastaja	Päiväys
Laboratorioympäristö toteutettu valitun layoutsuunnitelman mukaisesti		Suunnitellut tilamuutokset toteutettu ja koneet asennettu sekä hyväksytty															
1. Kustannustehokas toimintaympäristö, suunnittelemattomien seisokkien minimointi	1. Reaaliaikainen varaus- ja toiminnanohjaus 2. Järjestys, siisteys 3. Ennakoiva kunnossapito	1. Järjestelmän määrittäminen ja käyttöönotto, jolla opiskelijaryhmät pystyvät itsenäisesti varaamaan kehitysprojektinsa tarpeisiin tarvittavat koneet ja henkilöstön sekä pystyvät informoimaan tarvittavista materiaaleista. 2. Luodaan järjestysohjeistus laboratoriotilojen käyttöön, ohjaukseen ja valvontaan, 5S 3. Kunnossapitosuunnitelmien laatiminen ja käyttöönotto uusille koneille.															
2. Nopea läpimeno, lyhyt asetusaika, laatu	1. Käyntiajan maksimointi 2. Nopea läpimeno	1. Asetukset ulkoisiksi -Selvitys vakioasetusten luomiseksi työkaluille sekä työkalujen hankinta ja käyttöönotto - Työkalujen esiasetuksen ohjeistus ja hankinta - Selvitys nollapistekiinnityksen hyödyntämismahdollisuuksista sekä tarvittavien välineiden hankinta ja käyttöönotto 2. Digitaalinen valmistus, työstön simulointi, soveltuvien järjestelmien analyysi, hankinta ja käyttöönotto															
3. Jatkuva parantaminen	Toimintamallin kehittäminen	Jatkuvan parantamisen käytänteiden luominen ja käyttöönotto, palautteen kerääminen															