

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Modernit tuotantojärjestelmät  
Antti Mäntylä

Opinnäytetyö

## **Osienkorjaussolun modernisointi ja siirto**

Työn ohjaaja DI Arto Jokihaara  
Työn teettäjä Katsa Oy, valvojana verstpäällikkö Mikko Paavilainen  
Tampere 5/2009

Antti Mäntylä  
Osienkorjaussolun modernisointi ja siirto  
41 sivua + 6 liitesivua  
Toukokuu 2009  
DI Arto Jokihaara  
Katsa Oy, verstpäällikkö Mikko Paavilainen

## Tiivistelmä

Työ on tehty Katsa Oy:n Lakalaivan tehtaan kokoonpano-osastolle.

Työssä tutkittiin osienkorjaukseen käytetyn solun kone- ja varustekantaa tavoitteena saada selville, mitkä vanhat koneet ja varusteet ovat käyttökelpoisia ja mitkä on uusittava, korjattava tai huollettava. Solun koneista porakone, nauhahiomakone ja vannesaha päätettiin uusiksi. Sorvi päätettiin huoltaa. Varusteista poranterät päätettiin teroittaa ja joitakin uusia varusteita hankkia.

Työn tarkoituksena oli myös saada niin sanottujen säätölaitteiden sokanreikien poraukset tehtäväksi kokoonpano-osastolle alihankintaan lähettämisen sijaan. Säätölaitteiden porakoneelle asettamat vaatimukset saatiin selvitettyä benchmarking-prosessia käyttäen. Benchmarking-kohteena oli sokanreikien nykyinen poraaja Katsa Oy:n pikapaja.

Solulle suunniteltiin myös uusi layout Katsa Oy:n Lakalaivan toimipisteen toiseen halliin. Layoutin suunnittelussa käytettiin systemaattista layoutsuunnitteluprosessia. Prosessissa kahdesta ensimmäisestä layoutehdotuksesta valittiin parempi ja sitä jatkokehitettiin, jolloin saatiin aikaan paras mahdollinen layout. Jatkossa layoutia kehitetään koekäytön pohjalta kerätyn tiedon perusteella.

Antti Mäntylä  
Modernizing and Moving of a Parts Repair Cell  
41 pages + 6 appendices  
May 2009  
MSc Arto Jokihara  
Katsa Oy, workshop manager Mikko Paavilainen

## Abstract

This thesis was made for Katsa Oy's Lakalaiva production plants machine fitting department.

In this thesis machines of repairing cell for parts were studied to detect which machines require renewing, repairing or service. It was detected that a drilling machine, a belt grinder and a band saw needed renewing. A lathe should be serviced. It was decided that drills would be sharpen some new accessories would be bought.

A goal of this thesis was also to buy a drilling machine that could be used to drill holes for a linchpins to a so-called governor device. Now the linchpin holes are drilled in other department of Katsa Oy. A benchmarking process was used to determine which kind of a machines are required for the drilling of the linchpin holes.

New layout was designed for the cell. The cell will be moved to the other of the two factory buildings that are in the Lakalaiva production plant. The layout was designed by using a systematical layout design process. Two layouts were made and the better one was chosen for a further development. The developing of the third layout will continue based on a feedback from a users of the cell.

## Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	6
2 Katsa.....	7
2.1 Historia.....	7
2.2 Nykyisyys.....	8
2.3 Kokoonpano-osasto.....	9
3 Osienkorjaussolu.....	10
3.1 Osienkorjaussolun siirron taustatekijät.....	10
3.2 Osienkorjaussolun modernisoinnin taustatekijät.....	10
4 Teoria.....	12
4.1 Benchmarking.....	12
4.1.1 Benchmarking-tyypit.....	12
4.1.2 Benchmarking-prosessi.....	12
4.2 Työstökoneen valinta.....	14
4.3 Layoutsuunnittelu.....	14
4.3.1 Layoutsuunnittelun perusperiaatteet.....	15
4.3.2 Layoutsuunnittelussa huomioon otettavat asiat.....	16
4.3.3 Layoutsuunnittelun vaiheet.....	16
4.4 Työympäristö.....	17
4.4.1 Fysikaaliset tekijät.....	17
4.4.2 Kemialliset tekijät.....	17
4.4.4 Tulityöpaikka.....	19
4.5 Toiminnanohjaus.....	19
5 Säätolaitteet.....	21
5.1 Porausprosessi.....	21
5.2 Säätolaitteiden mallisarjat.....	22
5.2.1 Mallisarja 1.10.....	23
5.2.2 Mallisarja 2500.....	24
5.2.3 Mallisarja 4300.....	25
5.3 Säätolaitteen asettamat vaatimukset porakoneelle.....	27

6 Koneiden valinta.....	29
6.1 Työkalujyrsin.....	29
6.1.1 Lagun FTV 1.....	29
6.1.2 Työkalujyrsimen työkalut.....	32
6.3 Nauhahiomakone.....	33
6.4 Vannesaha.....	33
7. Toiminnanohjaus.....	34
8. Layoutsuunnittelu.....	35
8.1 Solun sijaintiin vaikuttavat tekijät.....	35
8.2 Solun layoutin suunnitteluun vaikuttavat turvallisuustekijät.....	35
8.3 Solun layoutin suunnitteluun vaikuttavat tekijät.....	36
8.4 Layout ehdotukset.....	38
8.4.1 Layout ehdotus 1.....	38
8.4.2 Layout ehdotus 2.....	38
8.5 Layoutin tarkennus ja valinta.....	39
9. Yhteenvedo.....	40
Lähteet.....	41
Liitteet.....	42
Liite 1: Projektisuunnitelma.....	42
Liite 2: Hallin layout.....	43
Liite 3: Solun layout 1.....	44
Liite 4: Solun layout 2.....	45
Liite 5: Solun layout 3.....	46
Liite 6: Projektisuunnitelman seuranta.....	47

# 1 Johdanto

Tämän työn tarkoitus oli suunnitella Katsa Oy:n kokoonpano-osaston osienkorjaussolun siirto ja siihen liittyen uusi layout sekä modernisoida solun konekanta nykyvaatimuksia vastaavaksi. Lisäksi tavoitteeksi asetettiin, että niin sanottujen säätölaitteiden sokanreiät pystytään jatkossa poraamaan kokoonpano-osastolla osienkorjaussolussa, eikä säätölaitteita tarvitse lähettää toiseen Katsa Oy:n toimipisteeseen porattavaksi.

Työ jakautuu kahteen osaan. Alussa on tietoa Katsa Oy:stä, solun siirron sekä modernisoinnin taustatekijöistä, työn käytännön osuuden teoriasta ja säätölaitteiden sokanreikien poraamisen porakoneelle asettamista vaatimuksista.

Käytännön osuudessa teoriatietoja hyväksi käyttäen on valittu, mitä vanhoja koneita säilytetään - tai mahdollisesti modernisoidaan - ja mitä uusia koneita ja varusteita hankitaan, tarkasteltu solun toiminnanohjausta ja suunniteltu solulle uusi layout.

Liitteenä 1 on projektisuunnitelma työn käytännön osuuden kulusta.

## 2 Katsa

### 2.1 Historia

Katsa on 1955 perustettu hammaspyörä- ja vaihteistotehdas. Ystävykset Jouko Kattelus ja Väinö Salli perustivat Katsan ollessaan töissä Tampellalla. Nimi Katsa tulee Katteluksen ja Sallin sukunimien alkukirjaimista. Tampellalla Salli oli työnjohtajana ja Kattelus työntekijänä. Vapaa-ajallaan he tekivät työnantajalleen muun muassa pultteja ja mutteita, joita ei siihen aikaan ollut saatavilla samalla tavalla kuin nykyisin.

Yritys kasvoi pikku hiljaa ja Kattelus myi oman osuutensa Sallille. Salli siirtyi päätoimiseksi yrittäjäksi ja Katsan toiminta alkoi kehittyä entistä nopeammin.

Vuonna 1962 Katsalle hankittiin ensimmäinen vierintäjyrsinkone ja hammaspyörien valmistus aloitettiin. Hammaspyörätoiminta kasvoi nopeasti ja yritys laajeni lopulta vuonna 1967 Lakalaivaan rakennettuun ensimmäiseen omaan teollisuushalliin.

Lakalaivaan muutettaessa Katsa oli jo suuri yritys ja laajeni koko ajan ja keskittyi yhä enemmän voimansiirtosektorille. Lisäksi aloitettiin vaihteiden valmistus asiakkaiden tarpeiden mukaan.

Vuoteen 1973 mennessä Lakalaivan tehdasta oli laajennettu moneen otteeseen, Ikaalisiin oli rakennettu teollisuushalli ja työntekijöitä oli 56.

70-luvulla alkoi myös vientitoiminta Ruotsiin ja Brasiliaan. Brasiliaan vietiin hammaspyöriä Valmetin traktoritehtaalle.

Vuonna 1980 rikottiin liikevaihdossa 10 miljoonan markan raja ja vienti lisääntyi entisestään. 1983 rakennettiin Sarankulman tuotantolaitos Ilmailunkadulle. Katsan teollisuushalli oli ensimmäinen uusi rakennus vanhalla lentokentällä. Samalla vuosikymmenellä tulivat käyttöön myös numeerisesti ohjatut koneet.

Lakalaivan tilat vuokrattiin 80-luvulla Lokomolle, kunnes Katsa laajetessaan tarvitsi tilat uudelleen käyttöön. Lakalaivaan tulivat pikapaja, kokoonpano-osasto ja suunnitteluosasto. Sarankulman tehdasalueelle rakennettiin toinen teollisuushalli 1995.

100 miljoonan markan liikevaihto rikkoutui 1996. Viennin osuus oli 17 % ja henkilöstöä oli 155. (Mansikka 2000.)

## 2.2 Nykyisyys

Suurin osa Katsan toiminnasta on koneistusta. Katsan liikevaihto on noin 40 miljoonaa euroa ja henkilöstön määrä on noin 200. Henkilöstöstä 40 on toimihenkilöitä ja 160 on tuotantohenkilöstöä.

Katsan tuotannosta noin puolet menee suoraan vientiin ja jos mukaan lasketaan alihankintana tehdyt ja myöhemmin ulkomaille myydyt tuotteet, nousee viennin määrä 95 prosenttiin.

### **Toimipisteet**

Katsalla on kolme toimipistettä. Tampereella on kaksi toimipistettä ja kolmas toimipiste on Ikaalisissa. Tampereella Tehdas 1 sijaitsee Sarankulmassa ja Tehdas 2 Lakalaivassa.

Sarankulmassa on Katsan pääkonttori, myyntiosasto ja kaksi tehdasrakennusta. Tehdas 1 koneistaa pääasiassa hammaspyöriä ja akseleita ja karkaisee ne omassa karkaisimossa. Myös pikapaja sijaitsee Sarankulmassa. Pikapajassa tehdään yksittäisiä osia tai piensarjatuotantoa.

Lakalaivassa – Tehtaassa 2 - on kokoonpano, kotelotehdas ja vaihteistojen suunnitteluosasto. Kokoonpanossa kootaan vaihteistoja, ja kotelotehtaassa koneistetaan vaihteistojen ja pumppujen koteloida.

Ikaalisissa koneistetaan hammaspyöräihioita ja akseleita. Ikaalisten tehtaalla on myös raaka-aineväestö.

### **Asiakkaat**

Katsalla on asiakkaita 17 maassa. Tärkeimpiä vientimaita ovat Saksa, Italia, Tanska, Ruotsi, Intia ja Kiina. Katsan tuotteita käytetään muun muassa dieselmootoreissa, paperikoneissa, tuulivoimaloissa, painokoneissa, erikoisajoneuvoissa, työstökoneissa, kivistöollisuuden koneissa, rakennuskoneissa, kappaleenkäsittelyjärjestelmissä ja vetu-

reissa.

Asiakaskunta on siis varsin laaja sekä maantieteellisesti että lopputuotteiden tyyppin kannalta. Suuria asiakkaita ovat muun muassa Caterpillar, Metso, Moventas, Patria ja Wärtsilä. (KATSA 2000.)

### 2.3 Kokoonpano-osasto

Tein opinnäytetyöni Katsan Oy:n Lakalaivan toimipisteeseen. Lakalaivassa on kaksi hallia, joista toisessa on kaksi koneistuskeskusta vaihteistojen ja pumppujen koteloiden koneistamiseen ja toisessa vaihteistojen kokoonpano sekä suunnittelu. Hallien välissä on katos, joka mahdollistaa kulkemisen hallien välillä säältä suojassa.

Koteloita tehdään kahdella Burkhart-Weber-koneistuskeskuksella, jotka on liitetty Fastemsin Flexible Pallet Magazine -hyllystöhissiin.

Vaihteistot kootaan paikkakokoonpanona. Tuotanto on jaettu eri vaihteiden mukaan soluihin, joissa vaihde kootaan alusta loppuun. Useimmissa soluissa on vain yksi asentaja, joka on erikoistunut tiettyntyyppisiin vaihteisiin ja solussa on vaihteen tarvitsemat erikoistyökalut. Kokoonpanon erikoisvaihdeasentajat korjaavat asiakkaiden rikkoutuneita vaihteita. Uusille asiakkaille tehdään prototyyppisiä vaihteita ja yksittäisiä vaihteita erikoistarpeisiin.

## 3 Osienkorjaussolu

Osienkorjaussolu solu, jossa on manuaalisia työstökoneita. Solussa ei ole vakinaista työntekijää. Jos asentaja havaitsee osassa korjattavaa tai korjattavien vaihteiden osien irrottaminen toisistaan ei onnistu käsityökaluilla, niin silloin asentaja menee osienkorjaussoluun työskentelemään. Solussa suoritetaan myös esimerkiksi vuotavien vaihtestokoteloiden korjaushitsauksia.

### 3.1 Osienkorjaussolun siirron taustatekijät

Ennen solun siirtoa osienkorjaussolu on samassa hallissa vaihteistokokoonpanon kanssa. Solu siirretään halliin, jossa koneistuskeskukset ovat, koska siellä on tilaa joka ei ole käytössä.

Sen lisäksi, että hukkatila saadaan koneistushallista käyttöön, kokoonpanoon saadaan siirron jälkeen joko yksi uusi kokoonpanosolu tai lisää varastotilaa.

### 3.2 Osienkorjaussolun modernisoinnin taustatekijät

Yksi keskeinen tekijä osienkorjaussolun modernisoinnissa ovat niin sanotut säätölaitteet. Laitteiden kokoonpanon yksi vaihe on sokan reikien poraus hammaspyöriin ja akselisiin. Hammaspyörän navassa on reikä, jonka läpi porataan reikä akselin ja hammaspyörän navan vastapuolen läpi. Reikään asennetaan jousisokka, joka pitää hammaspyörän paikallaan akseliin nähden. Säätölaitteista on kerrottu tarkemmin kappaleessa 5.

Säätölaitteiden koon vuoksi osienkorjaussolussa olevaa vanhaa pylväsporakonetta ei voi käyttää poraukseen, koska sen ulottuma ei riitä ja kone on muutenkin huonokuntoinen.

Sokanreiät on porattu pikapajassa, joka sijaitsi aikaisemmin toisessa Lakalaivan halleista, mutta muutti uusien koneistuskeskusten tieltä Sarankulman toimipisteeseen. Säätölaitteiden sokanreikien porauksen läpäisy aika pikapajassa on yleensä muutama päivän, koska poraukset tehdään muiden asiakkaiden töiden ohessa. Poraus sekoittaa pikapajan tuotantoa ja viivyttää kokoonpano-osaston tuotantoa, minkä takia sokanreikien poraus

haluttiin siirtää Lakalaivaan.

Osienkorjaussoluun päätettiin hankkia sokanreikien poraamiseen sopiva kone vanhan pylväsporakoneen tilalle. Koneen haluttiin olevan sellainen, että sillä voi myös jyrsiä. Sopiva valinta poraukseen ja jyrsintään oli työkalujyrsin.

Toinen tärkeä modernisoinnin kohde oli sorvi, johon päätettiin asentaa digitaalinäytöt.

Sorvi on ollut melko vähäisessä käytössä, ja Lakalaivassa ei ole huoltomiehiä, joten sorvin kuntoon ei ole kiinnitetty huomiota. Huollon puutteen takia sorvi on päässyt huonoon kuntoon; leikkuunesteen pumppu on rikkoutunut, moottorin lämpörele toimii liian herkästi ja neljästä vetohihnasta kaksi on katkennut.

Kolmas huomiota kaipaava laite oli nauhahiomakone, joka on yksi solun käytetyimpiä koneita. Koneen hiomanauha on 40 mm leveä, ja tasaisen hioma-alueen pituus on noin 500 mm. Koneen moottori on tehoton, ja nauhan pyörimisnopeus laskee isompia kappaleita hiottaessa.

Koneessa ei ole vastetta, jota vasten hiottavan kappaleen voi asettaa, ja otteen irrotessa hiottava kappale lentää nauhan heittämänä nopeasti ja kauas. Näistä vaarallisista tilanteista haluttiin päästä eroon, ja siksi uudessa koneessa pitää olla vaste.

Uuteen koneeseen haluttiin leveämpi hiomanauha ja tehokkaampi moottori. Ehdoton vaatimus oli koneen runkoon integroitu pölynkerääjä: ilman pölynkerääjää lattia koneen ympärillä on hiomapölyn peitossa ja pölypitoisuudet ilmassa voivat nousta liian korkealle tasolle.

Neljäs kone, johon haluttiin muutoksia, oli vannesaha. Käytössä olleeseen vannesahaan mahtui 100 mm x 105 mm kappale, ja sen teho oli vain 1100 W. Tilalle tarvittiin tehokkaampi ja isompi saha.

Solussa oli tarvetta myös puuttuville työkaluille ja erilaisia kiinnittimille.

## 4 Teoria

### 4.1 Benchmarking

Lyhyesti voidaan sanoa, että benchmarking on laillistettua yritysvakoilua, jossa omaa toimintaa verrataan muiden toimintaan (Huttunen 2007). Yksi benchmarkingin tavoitteista on luopua ajatusmallista, että itse osaa tehdä kaiken parhaiten. Näin muututaan avoimiksi oppimaan muilta. (Karlöf & Östblom 1993, 34-37.)

Benchmarkingia voi käyttää laajoihin kokonaisuuksiin tai yksityiskohtaisiin ongelmiin. Sitä voidaan käyttää arvontuottamisen, laadun, resurssien ja tuottavuuden parantamiseen. Benchmarking parantaa sekä prosessia että organisaation osaamistasoa. (Karlöf & Östblom 1993, 32; 40.)

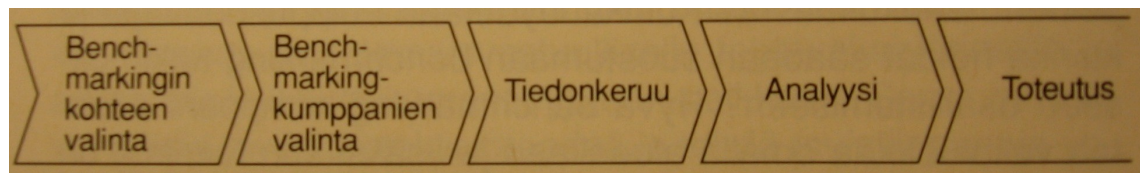
Benchmarking ei ole joka tilanteeseen paras mahdollinen ratkaisu, vaan kannattaa soveltaa benchmarkingin lisäksi muitakin – esimerkiksi ABC-analyysi – työkaluja. Benchmarking ei saa rajoittua pelkäsi tunnuslukujen analysoinniksi, vaan siihen pitää sisältyä myös varsinaista kehitystyötä. (Karlöf & Östblom 1993, 41-43.)

#### 4.1.1 Benchmarking-tyypit

Benchmarkingissa on kolme eri tyyppiä: sisäinen, ulkoinen ja toiminnallinen benchmarking. Sisäisessä benchmarkingissa tehdään vertailuja esimerkiksi omien osastojen kesken. Ulkoisessa benchmarkingissa omaa prosessia verrataan vastaavaan ulkopuoliseen toimijaan. Toiminnallisessa benchmarkingissa eri alojen toimintakokonaisuuksia tai prosesseja verrataan keskenään. (Karlöf & Östblom 1993, 46-47.)

#### 4.1.2 Benchmarking-prosessi

Benchmarking on viisivaiheinen prosessi (kuvio 1).



Kuvio 1. Viisivaiheinen benchmarking-prosessi (Karlöf & Östblom 1993, 94)

Viisivaiheisessa benchmarking-prosessissa ensimmäinen vaihe on kehitettävän kohteen valinta. (Karlöf & Östblom 1993, 95.)

Benchmarking-kumppanien valinnassa päätetään ensin, onko kyseessä sisäinen, ulkoinen vai toiminnallinen benchmarking-prosessi. Tämän jälkeen selvitetään, mitkä osastot tai yritykset ovat erinomaisia kyseisessä prosessissa. Selvitystyössä apuna voi käyttää muun muassa aikakausjulkaisuja, tuoteluetteloita, konsultteja, tuotannon työntekijöitä ja ostoista vastaavia. Pitää muistaa, että yksikään benchmarking-kumppani ei ole täydellinen, vaan kumppanin valinnassa joudutaan aina tekemään kompromisseja. (Karlöf & Östblom 1993, 122-132.)

Tiedonkeruuvaiheessa kerätään prosessiin liittyvää tietoa benchmarking-kumppaneilta haastatteluilla tai lomakkeilla. (Karlöf & Östblom 1993, 138.)

Analyysivaiheessa kerätty tieto lajitellaan ja kootaan. Eri lähteistä saatuja tietoja yhdistetään ja vertaillaan. Virheelliset tai epäselvät tiedot jätetään huomiotta tai selvitetään. Kerätyistä tiedoista laaditaan benchmarking-raportti, johon kaikki tiedot on kerätty. (Karlöf & Östblom 1993, 160.)

Viimeinen benchmarking-prosessin vaihe on toteutus. Toteutusvaiheessa tutkimuksen tulokset raportoidaan asianomaisille ja esitetään tulosten pohjalta oman prosessin kehittämismahdollisuudet, joista laaditaan kehityssuunnitelma. Lopuksi prosessia parannetaan kehityssuunnitelman mukaisesti. (Karlöf & Östblom 1993, 8.)

Benchmarking on toistuva prosessi, joka käydään läpi useita kertoja. Seuraavilla kerroilla voidaan esimerkiksi valita eri kumppaneita, keskittyä eri prosessiin tai kehittää prosessin eri osuutta. (Karlöf & Östblom 1993, 191.)

## 4.2 Työstökoneen valinta

Työstökoneen valinta perustuu valmistettavaan tuotteeseen. Koneen valintaan vaikuttavat seikat ovat muun muassa sarjamäärä, tuotevariaatioiden määrä, koneistettava materiaali, tuotteelta vaadittava tarkkuus sekä tuotteen ulkomitat ja massa.

Esimerkiksi pienen alumiinisen tuotteen koneistus onnistuu pienemmällä ja tehottomammalla koneella kuin ison sitkeän takeen koneistus, joka vaatii fyysisesti isomman ja tehokkaamman koneen.

Suurille sarjoille kannattaa hankkia eri työvaiheisiin kallis erikoistyyöstökone, kun taas lyhyemmille sarjoille tai yksittäiskappaleille käy halvempi yleiskone. Standardikoneita voidaan tarvittaessa varustella lisävarusteilla paremmin tiettyihin tyypillisiin töihin sopiviksi. Lisävarusteita ovat esimerkiksi sähkösyötöt, erilaiset panostus- ja paletinvaihtojärjestelmät, automaattiset kiinnittimet ja sorvin tangonsyöttöautomaatit.

Työstökoneen teho mitoitetaan hieman todellista tarvetta suuremmaksi, jotta konetta ei tarvitse ajaa ääri rajoilla normaalikäytössä. Liian suuri tai pieni kapasiteetti tuo kuitenkin aina lisäkustannuksia, joten oikea mitoitus on tärkeää.

Hankintahinta ei ole määräävä tekijä työstökoneen valinnassa, koska kustannuksiin vaikuttavat myös ylläpitokustannukset, mahdolliset huoltosopimukset, varaosien saatavuus, huollon nopeus - ja sitä kautta mahdollisimman lyhyet seisonta-ajat - toimittajan luotettavuus ja toimittajan järjestämä koulutus. (Mattila 2007.)

## 4.3 Layoutsuunnittelu

Layout on tehdassuunnittelun käsite, jolla tarkoitetaan eri toimintojen sijoittelua tehdashalliin tuotannon kannalta mahdollisimman järkevästi niin, että tehdashallin ja -laitteiden rajoitukset otetaan huomioon. (Layoutsuunnittelun apuvälineet 1986, 1.)

Parhaan mahdollisen layoutin tekemiseen tarvitaan tietoa saatavilla olevista menetelmistä, koneista ja niiden tehokkaista käyttötavoista.

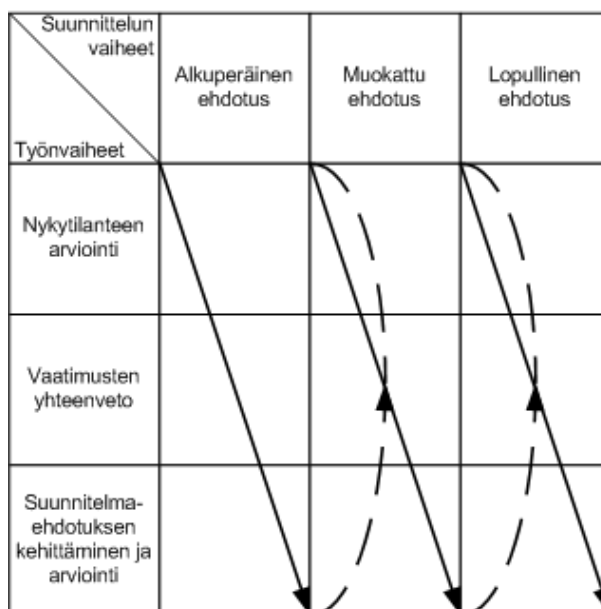
Layoutin suunnitteluprojektiin kuuluvat seuraavat vaiheet:

- esisuunnittelu
- ehdotusvaihe
- tarkennusvaihe
- toteutusvaihe
- seurantavaihe (Mattila 2007.)

#### 4.3.1 Layoutsuunnittelun peruseriaatteet

Layoutsuunnittelun on onnistuakseen oltava systemaattista ja joustavaa. Layoutilla on suuri merkitys tuottavuuteen. Huono layout aiheuttaa häiriöitä tuotannossa muun muassa pitkien etäisyyksien ja monimutkaisten liikeratojen takia. Lisäksi huono layout estää koneiden ja laitteiden taloudellisen sijoittelun. Pahimmassa tapauksessa tehdashallia voidaan joutua laajentamaan tilanpuutteen vuoksi, jos hallin tiloja ei huonon layoutin takia ole saatu käytettyä taloudellisesti.

Layoutsuunnittelu on syklinen prosessi, jossa eri työvaiheisiin palataan useita kertoja. Kuviossa 2 on kuvattu layoutsuunnittelun työprosessin syklisyys.



Kuvio 2. Layoutsuunnittelun työprosessi (Layoutsuunnittelun apuvälineet 1986, 5)

Ensimmäisellä kierroksella laaditaan suurpiirteinen suunnitelma, jota lähdetään tarkentamaan toisella ja tarvittaessa kolmannella kierroksella. Kolmas kierros voi alkaa myös seurantavaiheessa tehdyn havainnon pohjalta, jolloin layout saadaan kehitettyä parhaaksi mahdolliseksi. (Mattila 2007.)

### 4.3.2 Layoutsuunnittelussa huomioon otettavat asiat

Tehokas layout tarkoittaa, että kohteessa on hyvä materiaalivirta, joka mahdollistaa taloudellisen tuotannon. Tilat pitää käyttää tehokkaasti ja työympäristön pitää olla hyvä ja turvallinen. Tällöin yleensä työtila on myös joustava ja soveltuu eri tilanteisiin ilman muokkaamista. Työympäristön turvallisuusvaatimuksista on kerrottu lisää kappaleessa 4.4.

Layoutin suunnittelussa pitää ottaa huomioon muun muassa materiaalin kulku, pinta-alan tarve ja pinta-alan käytön tehokkuus. Pinta-alan käyttöä tehostaa myös korkeusdimensioiden hyväksikäyttö. Tehokas pinta-alan käyttö lisää tehdashallin tehokasta käyttöä, koska se mahdollistaa useampien koneiden sijoittamisen saman kokoiseen halliin.

Solun layoutin tavoitteina ovat työskennellessä mahdollisimman lyhyet etäisyydet ja suorat liikeradat. Ne vähentävät tuottamattoman työn osuutta kokonaistyöajasta.

Muita huomioon otettavia asioita ovat muun muassa kunnossapidon helppous - koneiden ympärillä pitää olla riittävästi tilaa - ja myös ulkonäkö sekä edustavuus. (Mattila 2007.)

### 4.3.3 Layoutsuunnittelun vaiheet

Layoutprojekti alkaa esisuunnittelulla, jolloin pyritään selvittämään kaikki layoutiin vaikuttavat tekniset ja taloudelliset seikat sekä layoutin päämäärät. Vanhaa solua muokattaessa pitää ottaa huomioon nykytilanne ja arvioida, miksi nykytila ei ole paras mahdollinen.

Toisessa vaiheessa eli ehdotusvaiheessa laaditaan useampia erilaisia yksityiskohtaisia layouteja tehtaasta tai solusta. Ehdotukset käsittävät tilaan tulevien koneiden ja toimintojen sijoittelun.

Tarkennusvaiheessa kehitetään edelleen ehdotusvaiheen jälkeen parhaaksi katsottua vaihtoehtoa. Tarkennusvaiheessa laaditaan lopullinen layout, joka toteutetaan toteutusvaiheessa.

Toteutusvaiheessa toteutetaan tarkennusvaiheessa parannettu layoutsuunnitelma. Koneet ja laitteet asennetaan layoutsuunnitelman mukaisesti niille varatuille paikoille. Asennusten jälkeen laitteet sisään ajetaan ja viimeistellään työtilat.

Toteutusvaiheen jälkeen on vielä yksi tärkeä vaihe – seurantavaihe. Seurantavaihe on päättymätön. Sen aikana tarkkaillaan tilojen toimivuutta ja layoutia parannetaan tarpeen mukaan. (Mattila 2007.)

#### 4.4 Työympäristö

Hyvän työympäristön merkitys työturvallisuudelle ja työssä viihtymiselle on suuri. Hyvä layoutsuunnitelma pyrkii ottamaan huomioon solun toiminnan lisäksi myös työympäristön vaatimukset, joskin yleensä toimiva työympäristö on samalla turvallinen ja viihtyisä. Esimerkiksi riittävät ja asianmukaiset säilytystilat työkaluille ja varusteille auttavat pitämään työpisteen järjestyksessä, jolloin työturvallisuus paranee.

Työympäristön suunnittelussa pitää ottaa huomioon neljä tekijää: fysikaaliset ja kemialliset tekijät, koneturvallisuus ja nostoturvallisuus. Lisäksi vakituisella tulityöpaikalla on omat vaatimuksensa. (Työturvallisuuskeskus – Työympäristö n.d.)

##### 4.4.1 Fysikaaliset tekijät

Fysikaalisilla tekijöillä tarkoitetaan työntekijän kehoon kohdistuvia mekaanisia tekijöitä, kuten melua ja tärinää.

Meluntorjuntaohjelma tarvitaan, jos altistumismittauksessa todetaan, että melu on suurempi kuin yksi päiväannos, eli kahdeksan tunnin altistuminen 85 desibelin melussa tai hetkellinen melu ylittää 140 desibeliä. (Työturvallisuuskeskus – Työympäristö n.d.)

Asetuksessa Vna 48/2005 on annettu työntekijän käsiin ja koko kehoon kohdistuvalle tärinälle toiminta- ja raja-arvot.

##### 4.4.2 Kemialliset tekijät

Kemialliset tekijät ovat työntekijään vaikuttavia kemiallisia rasituksia, kuten pölyä, huuruja ja säteilyä. Rasitukset pyritään minimoimaan tilajärjestelyillä, pölyimureilla, tuuletuksella, sekä suojavaatteilla, -maskeilla, -laseilla, -verhoilla ja -sermeillä.

Pölyn vaarallisuus riippuu materiaalista. Mittayksikkö pölylle on  $\text{mg}/\text{m}^3$  ja haitallinen pitoisuus on määritelty HTP-arvona – haitallinen tunnettu pitoisuus. Esimerkiksi alumiinilla kahdeksan tunnin HTP-arvo on  $2 \text{ mg}/\text{m}^3$ , eli kahdeksan tunnin aikana ilmassa saa olla keskimäärin ylimmillään  $2 \text{ mg}$  alumiinihiukkasia kuutiometriä kohden.

Hitsaushuurujen poistosta pitää huolehtia asianmukaisesti riittäväällä ilmanvaihdoilla. Huuruja syntyy sekä hitsattavasta metallista että hitsauslangasta. Huuruja voi muodostua myös muovitettuja tai maalattuja pintoja hitsattaessa.

Jos syöpävaarallisia kromi- tai nikkeliyhdisteitä muodostavaa ruostumatonta terästä hitsataan yli 20 päivänä vuodessa, tulee työntekijä ilmoittaa ASA-rekisteriin, johon kirjataan ammatissaan syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville tekijöille altistuvat henkilöt.

Huurujen lisäksi hitsattaessa syntyy UV- ja lämpösäteilyä – eli infrapunasäteilyä. Säteily voi aiheuttaa ihoon auringossa palamiseen verrattavia oireita ja silmiin sarveiskalvon tiilapäisen vaurion. Pitkällä aikavälillä oireina ovat ihon nopea ikääntyminen, kasvanut ihosyöpäriski, silmän sarveiskalvon vaurioituminen, verkkokalvon rappeutuminen ja harmaakaihi. Erityisesti valokaaren syttymishetkellä UV-säteily on erittäin voimakasta. Lämpösäteilyä syntyy koko hitsauksen ajan, kun valokaari palaa. (Työturvallisuuskeskus – Työympäristö n.d.)

#### 4.4.3 Kone- ja nostoturvallisuus

Koneiden pitää täyttää voimassa olevat turvamääräykset, ja koneiden turvalaitteiden pitää olla toiminnassa. Jos turvalaitteissa havaitaan puutteita, niistä pitää ilmoittaa esimiehelle välittömästi.

Nostoapuvälineiden pitää olla tarkastettuja ja ne pitää säilyttää niin, että ne eivät pääse vahingoittumaan. Nostoapuvälineissä pitää olla näkyvissä suurimmat sallitut massat ja niiden kunnon pitää olla hyvä. Huonokuntoiset nostoapuvälineet pitää hävittää. (Työturvallisuuskeskus – Työympäristö n.d.)

#### 4.4.4 Tulityöpaikka

Vakituisen tulityöpaikan vaatimukset on selvitetty Suojeluohjeessa LV 002/2002. Ohjeessa sanotaan, että tulityöpaikka pitää olla suunniteltu tulitöiden turvallista tekemistä varten. Tulityöpaikan rakenteiden pitää olla palamattomia tai suojattu palokestävillä verhoilla, alkusammutuskalustoa pitää olla laissa määritetty määrä (2 kpl 12 kg A-BIII-E), työtilassa ei saa olla palavaa tavaraa tai jätettä, eikä siellä saa säilyttää tai käsitellä palavia nesteitä.

#### 4.5 Toiminnanohjaus

Tuotannon toimintaa voidaan ohjata neljällä eri tavalla. Toiminta voi perustua tarvelaskentaa, materiaalin virtaukseen, tuotannon vauhtiin tai kapasiteetin ohjaukseen.

Tuotannon toimintaa ohjattaessa päätetään mitä tuotteita, miten paljon, missä järjestyksessä, kuka tai ketkä valmistavat ja miten tuotteita siirretään eri toimintojen välillä.

Tarvelaskentaan perustuvaa ohjausta käytetään yleensä funktionaalisessa layoutissa. Tarvelaskentamalli perustuu muun muassa lopputuotteiden hankinta ja läpäisyaikoihin, tuotteiden rakenteen tietämiseen, työvaiheiden työaikoihin ja varastotilanteeseen. Tietojen perusteella lasketaan ulkoa ostettavien nimikkeiden määrät ja eri kuormitusryhmien – solujen tai koneiden– kapasiteettitarpeet ja luodaan tuotantosuunnitelma.

Materiaalin virtaukseen perustuva järjestelmä on tarvelaskennan yksinkertaistettu versio, jossa suurin osa päätöksenteosta jätetään soluun. Järjestelmä sopii vain solutuotantoon, jossa on paljon eri tuotevariaatioita.

Tuotannon vauhtiin perustuvaa järjestelmää käytetään vakiintuneessa ympäristössä ja suurella tuotevalikoimalla. Tällöin voidaan noudattaa toistuvaa tuotannon ohjausta, jossa koko tehdas rakennetaan yhdeksi tuotantokoneeksi. Ohjaus perustuu muun muassa materiaalien ja työkalujen vaihdon ohjaukseen.

Kapasiteetin ohjaukseen perustuvassa järjestelmässä ohjataan koneiden ja solujen kapasiteettia. Kapasiteettiohjauksessa käytetään usein kapeikkoajattelua, jossa jokin – yleen-

sä kallein - kone toimii pullonkaulana. Muu tuotanto ennen ja jälkeen pullonkaulan mitoitetaan siten, että ne eivät rajoita pullonkaulan kapasiteetin täydellistä hyödyntämistä. (Peltonen 1997, 118-122.)

Tuotanto voidaan järjestää imuohjauksella, jolloin käytetyn osan tai tuotteen tilalle valmistetaan uusi. Imuohjaus on useimmiten visuaalisesti toteutettu; hyllyssä näkyvä tyhjä tila laukaisee valmistussignaalin. Eräkkö säädetään tuotannon vauhtiin sopivaksi, jolloin esimerkiksi viiden kappaleen vaje voi aiheuttaa valmistussignaalin.

Toiminnanohjaus pyritään toteuttamaan visuaalisella ohjauksella myös sen takia, että se vähentää työnjohdon tarvetta ohjaussilmukan lyhentyessä. (Peltonen 1997, 62, 44.)

Tuotannonohjausprosessin kehittämisessä pyritään yksinkertaistamaan prosessia, vähentämään vaiheita, lyhentämään läpäisyäikää, vähentämään ohjauspisteitä ja havainnollistamaan eli visualisoimaan ohjausta. (Peltonen 1997, 119.)

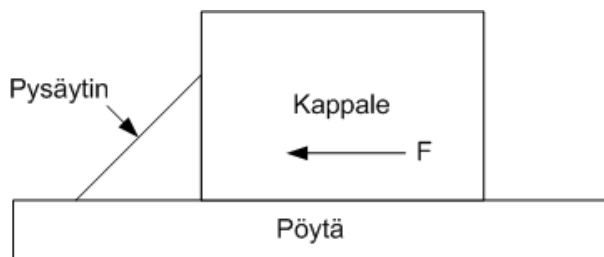
## 5 Säätolaitteet

Säätolaitteiden sokanreikien porauksen siirtäminen Lakalaivaan Saranakulmasta oli yksi solun modernisoinnin tavoitteita.

Säätolaitteet on porattu pikapajassa säteisporakoneella, jossa on suuri puomi, jonka varassa porauspää liikkuu. Säteisporakoneissa porauspäällä on suuret liikevarat ja karalla pitkä isku, mutta koneet ovat niin massiivisia, että ne eivät sovellu osienkorjaussoluun. Lisäksi säteisporakoneilla ei pystytä jyrsimään.

### 5.1 Porausprosessi

Hammaspyörän navassa olevan alkureiän takia laitteen paikoitus ei ole tarkka, vaan poraus saadaan kohdalleen reiän avulla. Jotta pora- tai jyrsinkoneen puomia ei tarvitsisi säätää piensarjaa tehdessä, käytetään pöydän pituussuunnassa pysäytintä, jolla porattava laite paikoitetaan pöydän pitkittäissuunnassa (kuvio 3). Poikittaissuunnassa paikoitus tapahtuu koneruuvipuristimen avulla, joka on lukittu pöytään.



Kuvio 3. Porattavan kappaleen paikoitukseen käytettävän pysäyttimen periaatekuva.

Pyörät porataan 710 1/min pyörimisnopeudella. Porauksessa käytetään aerosolileikkuunestettä, jota ruiskutetaan pullosta. Jos leikkuunesteenä käytettäisiin koneen omaa leikkuunestettä leikkuunestesäiliöstä, saattaisi akselien ja kotelon väliin päästä hienoa porausjätettä nesteen mukana. Porausjäte aiheuttaisi osien lämpenemistä ja kulumista. Pahimmillaan akseli voisi leikata kiinni koteloon.

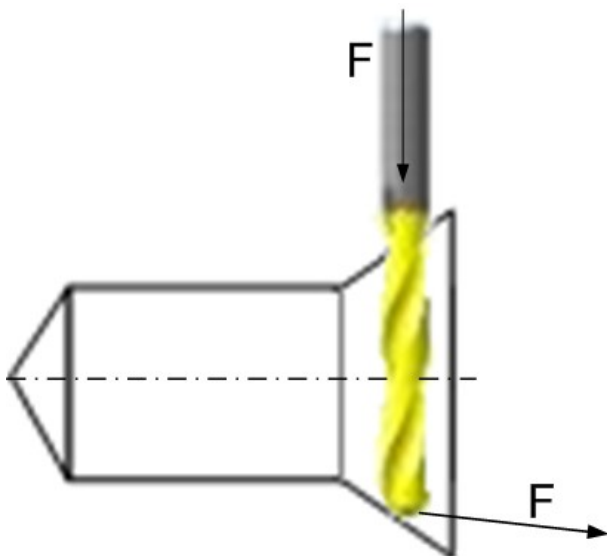
Osa hammaspyöristä on pintakäsitelty nitraamalla. Nitraus antaa pyörälle kovan pinnan. Hammaspyörän navan sisäpuolelta on asennusvaiheessa hiottu nitraus pois, jotta poraus sujuisi helpommin. Nitraus pitää kuitenkin puhkaista, kun hammaspyörän alkureiän vas-

tainen hammaspyörän navan pinta läpäistään porauksen lopuksi.

Sokanreikien poraukset tehdään joko pikateräs- (HSS) tai kovametalliterällä. HSS-terä ei tunkeudu nitrattuun pyörään, vaan nitrauksen puhkaisuun tarvitaan kovametalliterää. Kovametalliterä kuitenkin katkeaa helpommin taipuessaan. Siitä syystä kovametalliterää käytetään vain nitrauksen puhkaisuun porauksen lopussa, kun HSS-terä ei enää tunkeudu.

Poraus suoritetaan pumppaavalla liikkeellä, koska silloin lastu katkeaa ja nousee pois pitkästä reiästä. Tarkka lastunpoisto on erityisen tärkeää kovametalliterällä, jotta lastu ei taivuta ja katkaise sitä. Katkeamisvaaran takia porattaessa käytetään aina mahdollisimman lyhyttä terää.

Sokanreikää porattaessa reikä puhkeaa akselin päässä olevaan keskiöporaukseen. Eri-tyistä tarkkuutta vaatii porauksen jatkaminen keskiöporauksesta. Poraus jatkuu keskiöporauksen viisteen kohdalta, joka pyrkii vääntämään terän kärkeä viisteen suuntaan (kuvio 4).



Kuvio 4: Keskiöporauksen viisteen poraan aiheuttama sivuttainen voima

## 5.2 Säätolaitteiden mallisarjat

Säätolaitteita käytetään dieselmootoreissa polttoaineensyötön säätämiseen. Säätolaitteita on kolme eri mallisarjaa: 1.10, 2500 ja 4300. Laitteiden mitat ja painot on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1: Säätolaitteiden mallisarjat

mallisarja	kiinnityskohdan paksuus	leveys	korkeus	paino
1.10-sarja	120	229	256	25
2500-sarja	50	158	308	41
4300-sarja	50	485	500	72

Seuraavissa kappaleissa on kuvattu säätolaitteen porausprosessit mallisarjoittain. Kuvat on otettu pikapajassa.

### 5.2.1 Mallisarja 1.10

Kuviossa 5 on kuvattu 1.10-mallisarjan poraus ja kiinnitys. Laite on kiinni koneruuvipuristimessa laipasta.



Kuvio 5: 1.10-mallisarjan poraus ja kiinnitys

Laitteen kotelo on suojattu lastuja vastaan pakkausmuovilla, joka on kiinnitetty teipillä. Lisäksi hammaspyörän navan ympärillä on kovempi muovinen rengas, joka estää pakkausmuovin kiertymisen poranterän ympärille.

Poraus suoritetaan 6 x 130 mm HSS-, eli pikaterästerällä. Hammaspyörä ei ole karkaistunut vaan pehmeä, jolloin pikaterästerä on riittävä.

Porauksen jälkeen laite puhalletaan puhtaaksi paineilmalla.

### 5.2.2 Mallisarja 2500

Laitteessa on kaksi porausta, ja se joudutaan kääntämään porausten välillä. Kuvio 6 nähdään, kuinka laite on kiinnitetty ensimmäisen reiän porausta varten säteisporakoneen pöytään mekaanisella kiinnittimellä. Porausvoimat eivät pienillä halkaisijoilla nouse niin suuriksi, että kappaleen kiinnitykseen tarvitsisi kiinnittää erityishuomiota. Kuviossa 7 on kuvattu ensimmäinen poraus.

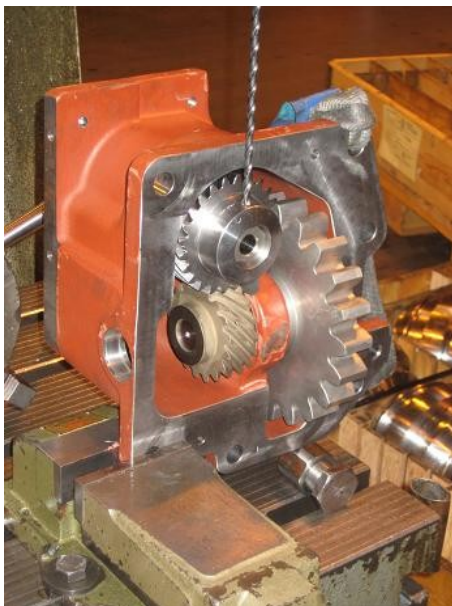


Kuvio 6: 2500-mallisarjan kiinnitys pöytään porauksen ensimmäisessä vaiheessa



Kuvio 7: 2500-mallisarjan ensimmäinen poraus

Toisen reiän porausta varten laite käännetään pystyasentoon ja kiinnitetään koneruuvipuristimeen laipasta. Kappaleen alapinnan vaikean muodon takia koneruuvipuristin pitää kiinni kotelon toisesta laidasta ja toinen laita lepää korokkeen päällä (kuvio 8).



Kuvio 8: 2500-mallisarjan toisen porauksen kiinnitys ja poraus

Kotelon suojaus 2500-mallissa on vaikeaa ison hammaspyörän takia, joten suojausta ei tehdä. Porauksen jälkeinen puhdistus suoritetaan erittäin tarkasti.

Ensimmäinen reikä porataan nitrattuun pyörään. Poraus nitrattuun pyörään tapahtuu 6 x 130 mm kovametalliterällä.

Toinen reikä porataan pehmeään pyörään 6 x 240 mm pikaterästerällä. Pidempää terää tarvitaan, koska kara ei mahdu 130 mm terällä laskeutumaan tarpeeksi alas läpäistäkseen hammaspyörän ja akselin kokonaan, vaan osuu kotelon reunaan.

### 5.2.3 Mallisarja 4300

Kuviossa 9 on kuvattu 4300-mallin ensimmäinen poraus ja kiinnitys. Laitteessa on kaksi porausta, jotka voidaan suorittaa samalla kiinnityksellä laipasta. Toinen poraus on kuvattu kuviossa 10.



Kuvio 9: 4300-mallisarjan ensimmäinen poraus



Kuvio 10: 4300-mallisarjan toinen poraus

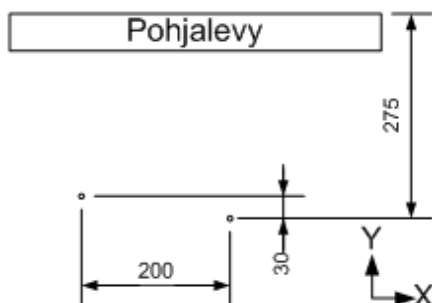
Lastujen kulkeutuminen rungon ja akselien väliin on estetty kiristämällä nippusiteillä pakkausmuovia akselien ja rungon yhtymäkohtiin.

Kuviosta 9 näkyy, että ison nitratun pyörän poraamiseen tarvitaan pitkää 6 x 240 mm kovametalliterää. Lyhyemmällä terällä poraaminen ei onnistu, koska kara ei mahdu laskeutumaan hammaspyörän sivuitse tarpeeksi alas läpäistäkseen pyörän navan ja akselin.

Pienemmän nitratun pyörän sokanreiän voi porata samalla kiinnityksellä siirtämällä terää kuviosta 9 katsoen 200 mm oikealle. Pienemmän pyörän reikä porataan 6 x 130 mm kovametalliterällä.

### 5.3 Säätlaitteen asettamat vaatimukset porakoneelle

Liikeratojen vaatimuksia tarkasteltiin 4300-mallilla, koska se on mitoiltaan suurin ja sen sokanreikien porausten etäisyydet ovat suurimmat. Mitat on kuvattu kuviossa 11.



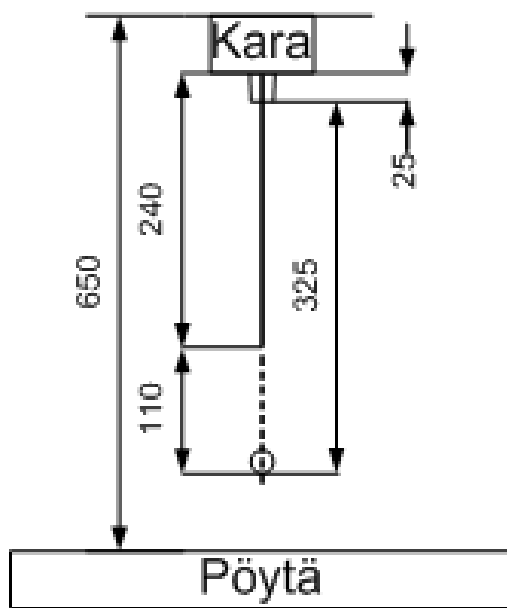
Kuvio 11: 4300-mallisarjan porauskoordinaatit

Reikien etäisyys X-akselin suunnassa on 200 mm ja Y-akselin suunnassa 30 mm. Koneen liikkeiden pitää siis ylittää kyseiset mitat. Lisäksi koneessa pitää olla vähintään 275 mm kitasyvyys, jotta säätölaite saadaan kiinnitettyä koneeseen.

Koneen pitää kestää vähintään 80 kg:n massa, koska 4300-sarjan säätölaite painaa 72 kg:n ja koneruuvipuristimen kanssa kokonaisuuden paino nousee lähelle 80 kg:ta.

4300-sarjan säätölaite on 500 mm korkea ja akseli, johon sokka porataan, sijaitsee hie-man laitteen keskilinjan alapuolella. Porakoneen karan ja pöydän väliin tarvitaan tilaa 650 mm, jotta pora voidaan asettaa paikalleen. Kappale mahtuisi 500 mm tilaan, mutta pitkä terä ottaa kiinni akseliin, eikä terää saa vietyä porattavan akselin päälle.

Jotta poran ulottuvuus olisi riittävä, on karan iskun oltava vähintään 110 mm. Karan pystysuuntaisen liikkeen vähimmäispituuden saa selville vähentämällä poran pisimmästä vaadittavasta ulottumasta 325 mm terän pituuden 240 mm ja lisäämällä terän kiinnitykseen vaadittavan pituuden 25 mm. Mittoja on havainnollistettu kuviossa 13.



Kuvio 13. Karan liikematkan laskennassa tarvittavat mitat

## 6 Koneiden valinta

### 6.1 Työkalujyrsin

Manuaalisista työkalujyrsimistä vain Lagun FTV 1 ja taiwanilainen Eastar 3M täyttivät tärkeimmän vaatimuksen, eli 650 mm karan ja pöydän välin. Harvinaisempaan merkkinä ja pienemmän yrityksen maahan tuomana Eastar 3M:n varaosien saatavuus herätti epäilyksiä. Siitä syystä päädyttiin tutkimaan, vastaako Lagun FTV 1-työkalujyrsin muilta ominaisuuksiltaan vaatimuksia.

#### 6.1.1 Lagun FTV 1

Taulukossa 2 on esitelty Lagun FTV 1 -työkalujyrsimen tekniset tiedot.

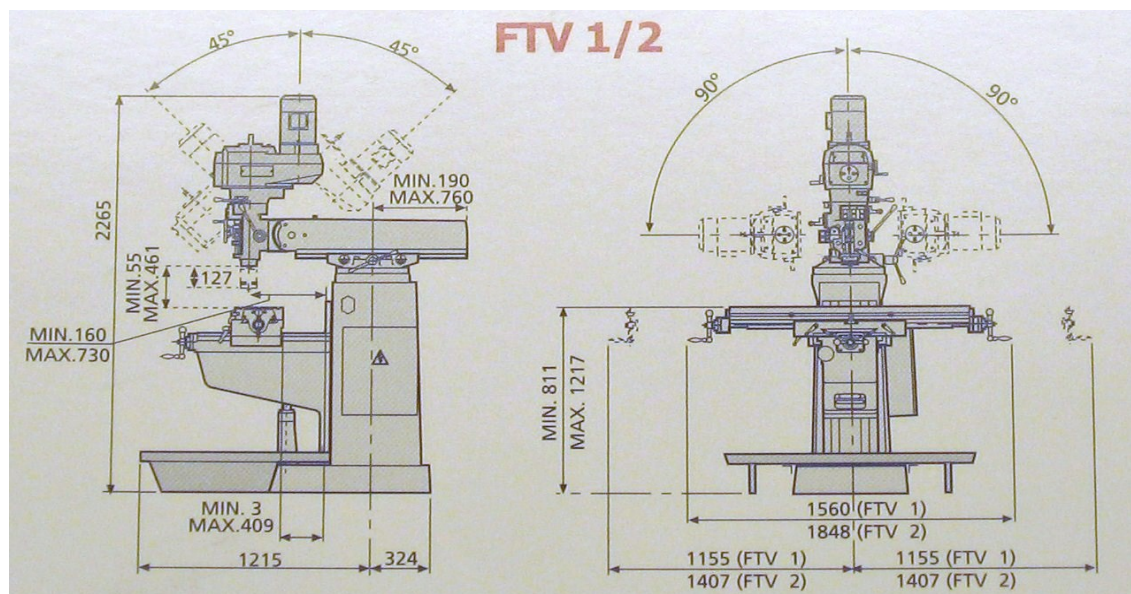
Taulukko 2: Lagun FTV 1 -työkalujyrsimen tekniset tiedot

Pöydän mitat	mm	1118 x 254
Suurin sallittu kappaleen massa	kg	200
Pöydän liikevarat		
Pitkittäinen	mm	750
Poikittainen	mm	406
Pystysuuntainen	mm	406
Varren liikevara	mm	570
Moottorin teho	kW	3
Kierroslukualue	1/min	50 – 4000 (portaaton)
Kara		ISO 40
Karan ja pöydän väli	mm	55-461 (255-661 200 mm korokepalalla)
Karan pystysuuntainen liike	mm	127

#### Mitat ja liikevarat

Pöydän mitat ja painonkesto ovat riittävät, koska isoin pöytään kiinnitettävä kappale – 4300-sarjan säätölaite - on pöytää vasten tulevalta pinnaltaan 485 x 50 mm ja massaltaan 72 kg. Kappale asetetaan pöydälle siten, että 485 mm pitkä sivu tulee pitkittäissuuntaan ja 50 mm pitkä sivu poikittaissuuntaan.

Pöydän liikevarat ovat huomattavasti tarvetta pidemmät ja varren liikevaran ansiosta kitasyvyys on 160 – 730 mm. Varren saa käännettyä pois tieltä, kun kappaleet lasketaan siltanosturilla paikoilleen. Mittoja on havainnollistettu kuviossa 14.



Kuvio 14: Lagun FTV 1 -työkalujyrsimen mitat (Lagun FTV 1 myyntiesite)

### Suorituskyky

3 kW teholla pystytään yleisesti poraamaan teräkseen noin 45 mm terällä ja jyrsimään noin 63 mm terällä. Työkalujyrsimen suunniteltuun käyttöön poran ja jyrsimen halkaisijat riittävät hyvin. Yleisimmät poraukset osien korjauksessa ovat 5 - 10,5 mm, koska vaihteissa yleisimmin käytetyt pultit ovat kooltaan M6 - M12. Porauksen tarve koskee yleensä katkenneen pultin poistoa tai uuden kierteen tekemistä, ja yleisimpien kierteiden poraushalkaisijat asettuvat kyseiseen väliin.

Yleisimmät jyrsintoiminnon käyttökohteet ovat kiilojen madallus ja kiilaurien jyrsiminen. Jyrsinkäytössä koneen teho riittää noin 63 mm asti, joka on täysin riittävä koneen käyttötarkoitukseen.

Kierroslukualue on riittävä, koska koneen kierroksilla voidaan porata pikaterästerillä halkaisijaltaan noin 3 - 45 mm terillä. Kierteitä pystytään tekemään 50 1/min nopeuksilla.

Porauksessa käytetään yleisimmin pikaterästeriä. Pienin sopiva halkaisija saadaan yhtä-

löstä 1 (Lehtimäki 2007).

$$n = V_C * 1000 / \pi * D \quad (1)$$

jossa  $n$  on kierrosnopeus,  $V_C$  on leikkausnopeus m/min ja  $D$  on terän halkaisija.

Yhtälöstä 1 voidaan ratkaista  $D$ , jolloin voidaan selvittää sopiva halkaisija eri kierrosluvuille (2).

$$D = V_C * 1000 / \pi * n \quad (2)$$

Pikateräksen  $V_C$  on 0,3...0,6 m/s. Pienillä terillä  $V_C$  on pienempi ja suurilla suurempi. Tällöin porien optimaalisen leikkausnopeuden ja sitä kautta keston kannalta pienin taloudellinen poran halkaisija on 2,4 mm. Käytännössä pienin käytettävä terä on halkaisijaltaan 3 mm.

Suurinta poran halkaisijaa rajoittaa moottorin teho.

### Lisävarusteet

Jyrsimeen valittiin ISO 40 morsekartiolla varustettu kara, koska isoimmat porat eivät sovi ISO 30 karaan, joten varmempi vaihtoehto on valita iso kara, jonka saa pienennettyä supistusholkilla.

Koneeseen valittiin lisävarusteeksi 200 mm korotuspala, jolloin karan ja pöydän väliksi tulee 661 mm. Vaadittava karan isku on 110 mm, jolloin 127 mm isku on riittävä.

Korokepalalla varustetulla koneella kara jää minimissään 255 mm päähän pöydästä, kun vakiokoneessa karan ja pöydän minimiväli on 55 mm. Jos ottaa huomioon pora- tai jyrsinistukan tuoman lisäulottuvuuden noin 100 mm - riippuen istukasta - ja karan iskunpituuden 127 mm, päästään poralla tai jyrsimellä toimimaan 28 mm päässä pöydästä. Jos lisäksi lasketaan koneruuvipuristimen tuoman noin 30 mm korotus, niin voidaan todeta, että koneella pystytään työstämään myös pieniä kappaleita huolimatta 200 mm korotuspala.

Turvallisuuden ja käytännöllisyyden takia koneeseen valittiin lisävarusteena sähköpneu-

maattinen työkalun lukitus. Koneen kokonaiskorkeus korokepalkan kanssa on 2465 mm. Työkalun vaihtoa varten – esimerkiksi poran vaihto jyrtimeen – koneen päältä pitää avata mutterilukitus, joka pitää työkalun paikallaan. Sähköneumaattinen lukitus mahdollistaa työkalun vaihdon koneen karalaatikon edessä olevaa kytkintä käyttämällä, jolloin vältetään koneen päälle kiipeämiseltä.

Koneeseen valittiin pöydän sähkösyötöt. Sähkösyötöt parantavat työkalujen kestoja, koska syöttöliike saadaan tasaisemmaksi. Pöydän liikeradat ovat melko pitkät - 750 x 406 x 406 – ja manuaalirummuilla pitkät syöttöliikkeet ovat hitaita ja liikenopeus epätasainen, joka heikentää työstön pinnanlaatua. Sähkösyötöt ovat kaikilla kolmella pöydän akselilla.

Digitaalinäyttö on pöydän sähkösyöttöjen kanssa hyödyllinen lisävaruste, koska syöttöjen pituutta on vaikeaa seurata rummuilta. Rummuilta liikematkoja seurattaessa pitää laskea kokonaiset ja osakierrokset, ja pienikin häiriö voi sekoittaa laskennan. Digitaalinäytöstä näkee kaikkien kolmen akselin liikkeet.

### 6.1.2 Työkalujyrtsimen työkalut

Selvitysten jälkeen päädyttiin siihen, että soluun hankitaan työkalujyrtsintä varten seuraavat työkalut ja varusteet:

- työkalut
  - tappijyrtsinsarja Ø 4 - 12 mm
  - otsajyrtsin Ø 24,5 mm
  - poranterät
    - 6 x 130 mm (HSS ja kovametalli)
    - 6 x 240 mm (HSS ja kovametalli)
- varusteet
  - koneruuvipuristin (hydraulinen) 130 mm aukeamalla
  - koneruuvipuristimeen 100 mm korkeat leuat
  - pöytäkiinnityssarja
  - pieni pakka (esim. Röhm Ø100)
  - viilapenkki

Edellä mainituilla työkaluilla ja varusteilla pystytään tekemään kaikki tarvittavat työt solussa. Solussa jo olevat poranterät tarkastetaan, teroitetaan ja uusitaan tarvittaessa.

## 6.2 Sorvi

Sorviin päätettiin asentaa digitaalinäytöt ja lisäksi huoltaa sorvi. Aluksi suunniteltiin myös sorvin uusimista, mutta todettiin, että uutta sorvia ei kannata melko vähäiseen käyttöön ostaa ja käytettyjen sorvien kunto ei olisi välttämättä parempi kuin nykyisen sorvin. Sorvin modernisoiminen digitaalinäytöillä, vikojen korjaaminen ja perushuollon tekeminen katsottiin käyttötarkoituksen kannalta riittäviksi toimenpiteiksi.

Sorvin korjauskohteet ovat:

- vetohihnat
- lämpörele
- leikkuunestepumppu
- leikkuunesteputki
- työvalo.

## 6.3 Nauhahiomakone

Uudeksi nauhahiomakoneeksi valittiin KEF BSH 20 – 75X. Koneessa on riittävän leveä 75 mm nauha, jonka tasohiontapinta-ala on riittävän pitkä, noin 900 mm. Lisäksi koneessa ovat halutut integroitu pölynkeräin ja vaste. Koneen rungossa on imuri ja pölypussi, johon hiomapöly kerääntyy. KEF:iin päädyttiin, koska se oli ainoa merkki, jossa oli integroitu pölynkeräin. Muihin koneisiin olisi pitänyt ostaa erillinen imuri pölyn keräämistä varten.

## 6.4 Vannesaha

Vannesahaksi valittiin FEMI 160NG, koska siihen mahtuu riittävän iso 160 mm x 140 mm kappale. Kone on aikaisempaa 1100 W sahaa tehokkaampi 2000 W tehollaan. Lisävarusteeksi sahaan hankittiin siihen suunniteltu jalusta.

## 7. Toiminnanohjaus

Solun toimintatapana päätettiin pitää itseohjautuvuus, koska se ei vaadi työnjohdolta erillisiä toimenpiteitä - pitää ohjaussilmukan lyhyenä - ja vapauttaa työnjohdon aikaa muita tehtäviä varten.

Itseohjautuva solu toimii samalla tavalla kuin visuaalinen imuohjaus, eli esimerkiksi säätölaitteesta puuttuva poraus laukaisee valmistussignaalin. Tuotanto sujuu virtaviivaisesti ja asentajien itsenäisyys sekä mahdollisuudet vaikuttaa omaan työhön kasvavat, mikä lisää asentajien motivaatiota.

## 8. Layoutsuunnittelu

### 8.1 Solun sijaintiin vaikuttavat tekijät

Hallin toisen puolen layout on kuvattu liitteessä 2. Toisella puolella on kaksi työstökuksesta ja FPS eli Flexible Palette Magazine.

Työstökeskusten käyttämiä kiinnittimiä, leikkuunesteitä ja muita varusteita säilytetään kuviossa näkyvissä lavahyllyissä. Hallin vasemmassa ylänurkassa ovat kompressorit. Molempiin kohteisiin on päästävä trukilla.

Hallissa on siltanosturi, jota työstökeskusten vaatimien ilmastointiputkien takia ei voi ajaa hallin perälle asti. Osienkorjaussolussa tarvitaan nosturia, joten trukgireittien lisäksi nosturin ulottuma on määrävä tekijä solun sijoittamisessa halliin.

Sähkökaapin eteen on jäätävä 700 mm tyhjä tila, johon on oltava vapaa kulku. Kaapin sivuille laki ei erikseen vaadi tilaa, mutta turvallisuuden takia myös sivuilla on hyvä olla vapaata tilaa. Sähkökaappi sijaitsee hallin yläseinällä kompressorien vieressä. Sähkökaapin, kompressorien ja siltanosturin ulottuman takia hallin vasenta ylänurkkaa ei voi käyttää.

Kulku kokoonpano-osastolta halliin, jossa osienkorjaussolu on, tapahtuu hallin keskellä, eli soluun nähden oikealla puolella olevasta ovesta.

Solun paikaksi valittiin käytännössä ainoa mahdollinen riittävän iso alue hallin vasemman puoliskon ylälaidasta. Sijoittamalla osienkorjaussolu ja vakituinen tulityöpaikka siihen saatiin kaikki edellä mainitut vaatimukset täytettyä.

### 8.2 Solun layoutin suunnitteluun vaikuttavat turvallisuustekijät

Manuaalityöstökoneet eivät tuota melua niin paljoa, että meluntorjuntaohjelmaa vaadittaisiin. Koneet eivät myöskään ole käytössä kuin tarvittaessa, joten melun kesto ei ole kahdeksaa tuntia. Koneet eivät aiheuta mainittavasti tärinää, joten tärinätorjuntaohjel-

maa ei tarvitse laatia.

Koska osienkorjaussolussa ei työskennellä pitkiä aikoja kerrallaan, ei vaarallista pitkäaikaista altistumista pölylle, hitsaushuuruille ja -säteilylle tapahdu. Hitsaus on myös melko harvoin käytetty työmenetelmä. Hallissa on uusittu ilmastointijärjestelmä, joka pitää huolen riittävästä ilmanvaihdosta. Osienkorjaussolun UV-säteilyn haittoja ulkopuolisille rajoitetaan suojaverhoilla ja -sermeillä. Osienkorjaussolussa on asianmukaiset suojavälineet hitsausta varten.

Tulityöpaikan vaatimusten täyttämiseksi tulityöpaikka päätettiin eristää metallisilla sermeillä, kulkuaukon kohdalta niin sanotulla hitsausverholla ja sijoittaa mahdollisimman kauas sähkökaapista. Tulityöpaikalla on lain vaatima alkusammutuskalusto.

### 8.3 Solun layoutin suunnitteluun vaikuttavat tekijät

Layoutin suunnittelu hallista varattuun tilaan aloitettiin mittaamalla käytössä oleva tila ja tutkimalla tilan rajoitukset.

Tilan leveydeksi mitattiin 5900 mm ja syvyydeksi 4700 mm. Rajoituksia tilan käytölle asetti siltanosturin ulottuma tilan vasemmassa laidassa, mutta muita rajoituksia ei ollut.

Vakituista tulityöpaikkaa ei haluttu turvallisuussyistä sähkökaapin lähelle, vaan se päätettiin sijoittaa solun oikeaan laitaan.

Alla lueteltujen koneiden perässä suluissa olevat numerot viittaavat liitteinä 3, 4 ja 5 olevien kuvien numeroihin. Numerolla 11 merkityt koneet ja varusteet ovat työpöydällä ja vannesaha pöydän vieressä omalla jalustallaan.

Tulityöpaikassa on seuraavat koneet ja varusteet:

- kaasuhitsi (4)
- pelti-/tankoleikkuri (5)
- puikkohitsauskone (6)
- MIG/MAG (7)
- 2 kpl 12 kg käsiammuttimia (8)
- nauhahiomakone (9)

- penkkihiomakone (10)
- vannesaha (11)
- kulmahiomakone (11)
- smirgeli (11).

Kaikki koneet, lukuun ottamatta pelti-/tankoleikkuria ja käsisammuttimia, ovat kipinöitä, kuumuutta tai tulta aiheuttavia koneita. Lisäksi tulityöpaikassa on työpöytä (11) ja sen yläpuolella materiaalihylly.

Tulityöpaikka sijoitettiin oikealle, jolloin työstökoneille ei jäänyt tilaa kuin vasemmalle.

Työstökoneita ja niiden varusteita ovat:

- sorvi (1)
- laatikosto varusteille (2)
- työkalujyrsin (3).

Työkalujyrsin vaatii laajojen liikeratojensa vuoksi ympärilleen paljon vapaata tilaa, joten sitä ei kannattanut sijoittaa seinän lähelle. Sorvin ulkomitat sen sijaan ovat kiinteät, joten se päätettiin sijoittaa seinää vasten. Koneiden sijoittelussa otettiin huomioon myös sorvin lastukaukalo, joka pitää päästä tyhjentämään pumppukärkyjen avulla.

Laatikosto haluttiin mahdollisimman lähelle molempia työstökoneita, jotta varusteiden ottaminen laatikostosta ja palauttaminen laatikostoon olisi mahdollisimman sujuvaa. Ilman lähellä olevaa laatikostoa tavarat jäävät helposti koneiden päälle säilytykseen, mikä muodostaa turvallisuusriskin.

Alemmat laatikot ovat isompia ja sorvin varusteet ovat isompia työkalujyrsimen varusteisiin verrattuna. Siksi laatikostossa ylimmät laatikot ovat varattuja työkalujyrsimen varusteille ja alemmat laatikot sorvin varusteille. Esimerkiksi poranterät ovat kuitenkin molemmilla koneilla samoja.

Työkalujyrsimen paikkaa rajoitti myös siltanosturi, jolla ei pääse aivan seinän viereen eikä aivan solun vasempaan laitaan. Siitä syystä työkalujyrsin piti sijoittaa siten, että sen pöytä on siltanosturin kantaman ulottuvissa. Sorvin yläpuolelle siltanosturilla ei tarvitse päästä.

## 8.4 Layout ehdotukset

### 8.4.1 Layout ehdotus 1

Layoutista laadittiin aluksi kaksi eri versiota. Liitteessä 3 on kuvattu layouteista toinen.

Sorvi (1) on sijoitettu seinän viereen ja työkalujyrsin (3) liikeratojensa takia käytävän puolelle, laatikosto (2) on koneiden välissä, jolloin molemmilta koneilta pääsee siihen sujuvasti.

Kulku tulityöpaikalle tapahtuu tulityöpaikan vasemmalta reunalta työstökoneiden puolelta. Työpöytä ja materiaalihylly ovat heti kulkuaukon takana, jolloin materiaalin tuominen pöydälle ja hyllyyn on helppoa.

Nauha- (9) ja penkkihiomakoneet (10) sijoitettiin myös kulkuaukon kohdalle, koska ne ovat yleisimmin käytettyjä koneita tulityöpaikalla ja niille pääsyn pitää olla mutkatonta.

Loput koneet - joita käytetään harvemmin - on sijoitettu tulityöpaikan takaosaan. Kaikki paitsi hiomakoneet (9, 10), työpöytä (11) ja sillä olevat varusteet sekä materiaalihylly (11) ovat pyörillä liikutettavia, jolloin isommillekin tulitöitä vaativille kappaleille saadaan tarvittaessa tilaa.

### 8.4.2 Layout ehdotus 2

Layout 2 on kuvattu liitteessä 4.

Koneistuspuolella erona layout 1:een on työkalujyrsimen (3) asento ja laatikoston (2) paikka. Tulityöpaikan kulkuaukko on tulityöpaikan oikealle puolelle, mikä mahdollistaa suoran kulun kokoonpano-osastolta tulityöpaikalle. Kulkuaukon siirtämisen ansiosta työkalujyrsintä on voitu sijoittaa lähemmäs solun keskikohtaa, jolloin trukkiäyry työkalujyrsimen alapuolella ja vasemmalla on väljempi verrattuna layout 1:een.

Layoutien 1 ja 2 välillä tulityöpaikan eroja ovat pöydän, materiaalihyllyn (11) ja hiomakoneiden (9, 10) kääntäminen eri asentoon ja kaikkien koneiden sijoittelu.

## 8.5 Layoutin tarkennus ja valinta

Jatkokehityksen kohteeksi valittiin layout 1, koska kulku työstökoneille erityisesti trukkilla on suoraviivaisempaa ja selkeämpää. Layout 1:stä jatkokehitetty Layout 3 on kuvattu liitteessä 5.

Tulityöpaikka on avarampi ja käytännöllisemmän muotoinen kuin layoutissa 2. Kulureitti tulityöpaikalle on parempi, koska mahdollinen häikäisy ja kipinät työstökeskusten suuntaan ja lavahyllyihin eivät ole mahdollisia kulkuaukon hitsausverhon jäädessä auki. Vaikka kulku tulityöpaikalle oli layoutissa 2 suurempaa, ei sermin kiertäminen toista kautta pidennä kulkumatkaa kuin neljällä metrillä. Kulkuaukko on sijoitettu paremmin myös materiaalihyllyn kannalta, koska aukon ollessa hyllyn päässä on pitkien salkojen ottaminen hyllystä helpompaa.

Kokeiluissa havaittiin, että työkalujyrsimen ohitse kulkeva trukkiväylä oli alkuperäisessä suunnitelmassa hieman liian kapea turvallista kulkemista varten. Laatikosto (2) on siirretty tulityöpaikan sermin viereen, jotta työkalujyrsin (3) on saatu siirrettyä lähemmäs sorvia.

Laatikosto on edelleen riittävän lähellä molempia koneita, sorvin hallintalaitteisiin pääsee käsiksi ja työkalujyrsimen pöydän liikkeille on riittävästi tilaa. Sorvin lastukaukalo on hieman vaikeampi saada tyhjennettäväksi kuin ennen, koska se pitää kuljettaa sorvin ja työkalujyrsimen välistä, mutta laatikko tyhjennetään todella harvoin.

Tulityöpaikasta ei löytynyt kehitettävää.

Layout 3 valittiin toteuttavaksi layoutiksi.

## 9. Yhteenveto

Projekti eteni sujuvasti ja aikataulun mukaisesti, lukuun ottamatta layoutin suunnittelua, joka vaati odotettua enemmän aikaa.

Projektin suunnitteluosuus toteutui projektisuunnitelman mukaisesti. Käytännön osuus - vaiheet 10, 11, 12, 13 ja osittain vaihe 7 - ei toteutunut. Syynä oli se, että sorvin huolto, solun siirto ja käyttöönotto sekä uusien koneiden tilaus siirtyivät suunniteltua myöhemmäksi muiden projektien takia.

Projektin seuranta on kuvattu liitteenä 6 olevassa Gantin-kaaviossa, jossa tehtäväpalkin vasemmalla puolella on tehtävän aloituspäivämäärä, palkin alla on toteutumisprosentti, palkin oikealla puolella on lopetuspäivämäärä ja palkista lähtevä nuoli osoittaa seuraavaan ketjussa olevaan tehtävään. Sininen palkki tarkoittaa toteumaa, harmaa suunnitelmaa ja punainen toteutumaton tehtävää.

Projektille asetetut teoreettiset tavoitteet - layout ja koneiden valinta – saavutettiin, mutta käytännön toteutuksen toimivuudesta ei saada varmuutta ennen kuin solun siirto on toteutettu.

Kun solun siirto toteutetaan, on jäljellä layoutsuunnittelun viimeinen vaihe eli seuranta. Sisäänajon jälkeen mahdolliset solun toiminnassa ilmenevät häiriöt korjataan sopivilla solun muutoksilla.

Solua voidaan kehittää asentamalla soluun puominosturi, joka on helppokäyttöisempi kuin vanha nopealiikkeinen siltanosturi. Solussa nosturia käytetään pääasiassa kappaleiden nostamiseen työkalujyrsimelle. Puominosturi tulisi sijoittaa tulityöpaikan puolelle, jotta sen liikuttelu kuorman kanssa työkalujyrsimen läheisyydessä olisi pidemmän vipuvarren ansiosta helpompaa.

Tulevaisuudessa vastaavissa projekteissa toimitisiin samalla tavalla kuin tässä projektissa; laatimalla selkeän suunnitelman ja etenemällä sen mukaisesti.

## Lähteet

Asetus Vna 48/2005

Huttunen, Kare 2007. OJ Tuotannonsuunnittelun opintomateriaali.

Karlöf, Bengt & Östblom, Svante 1993. Benchmarking - Tuottavuudella ja laadulla mestariksi. EKONOMIA. Benchmarking - Vägvisare till mästerskap i produktivitet och kvalitet. Tillman, Maarit. Suomen Ekonomiliitto, SEFEK, Weilin+Göös.

KATSA 2000. [www-sivu]. [viitattu 22.12.2008] Saatavissa: <http://www.katsa.fi>

Lagun FTV 1 myyntiesite 2008. Machinery Oy.

Lehtimäki, Aarre 2007. OJ Työväline- ja menetelmäsuunnittelun opintomateriaali.

Mansikka, Raija 2000. Historian havinaa.... Katsan henkilöstölehti Sisäkehä 8/2000, 8-10.

Mattila, Mika 2007. OJ Tuotantojärjestelmät ja konepajatekniikka -seminaarin opetusmateriaali.

Metalliteollisuuden keskusliitto 1986. Layoutsuunnittelun apuvälineet. Tekninen tiedotus 7/86. Layouthjälpmedel vid industriplanläggning. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

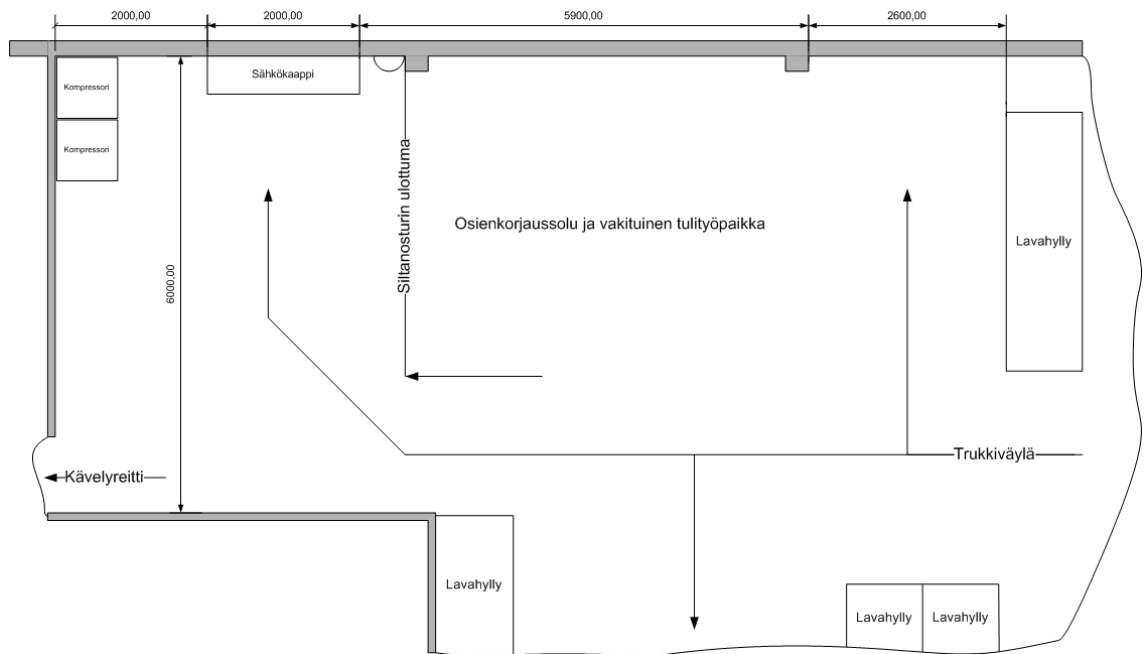
Peltonen, Aarne 1997. Tuottava tehdas. Helsinki: Opetushallitus.

Suojeluohje LV 002/2002

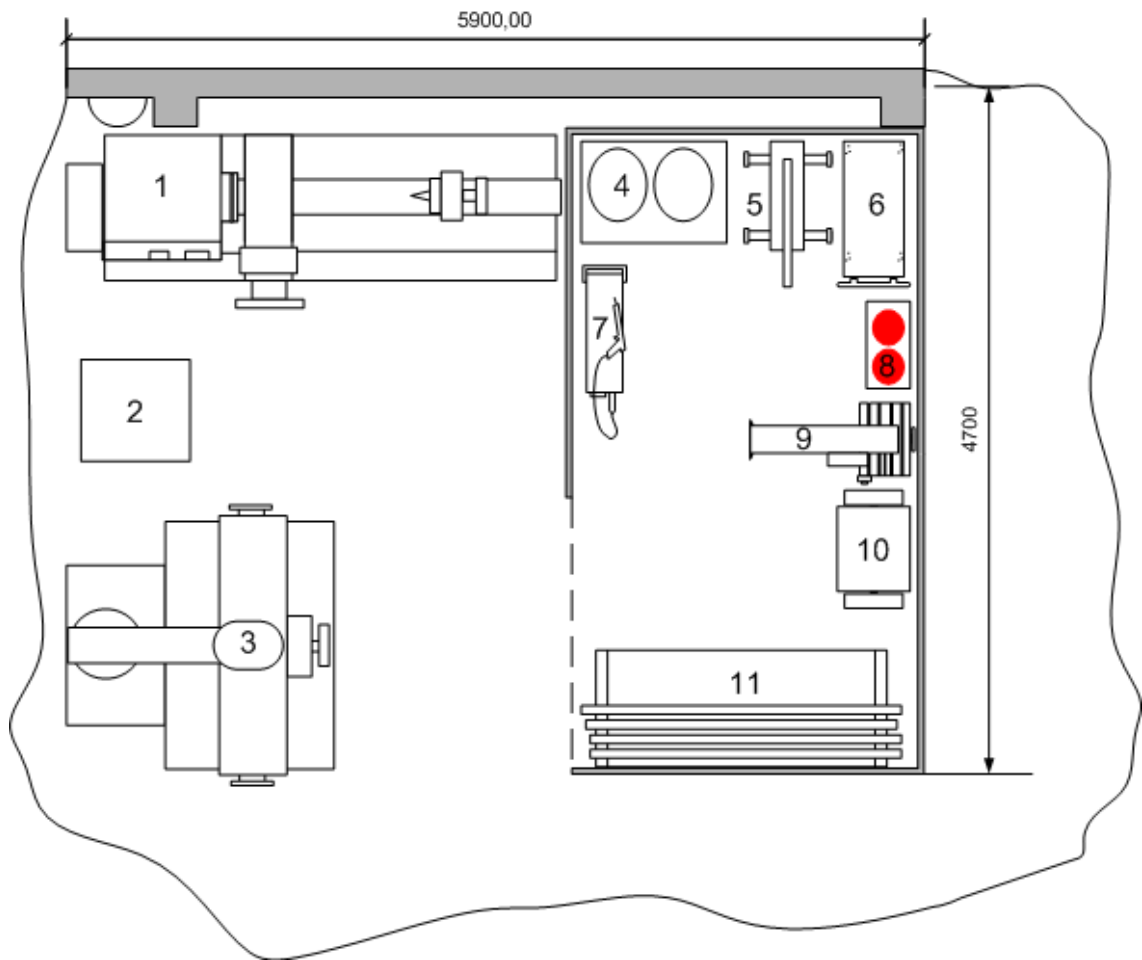
Työturvallisuuskeskus – Työympäristö n.d. [www-sivu][viitattu 12.12.2008] Saatavissa: <http://www.tyoturva.fi/toimialat/metalliteollisuus/tyoymparisto.html>



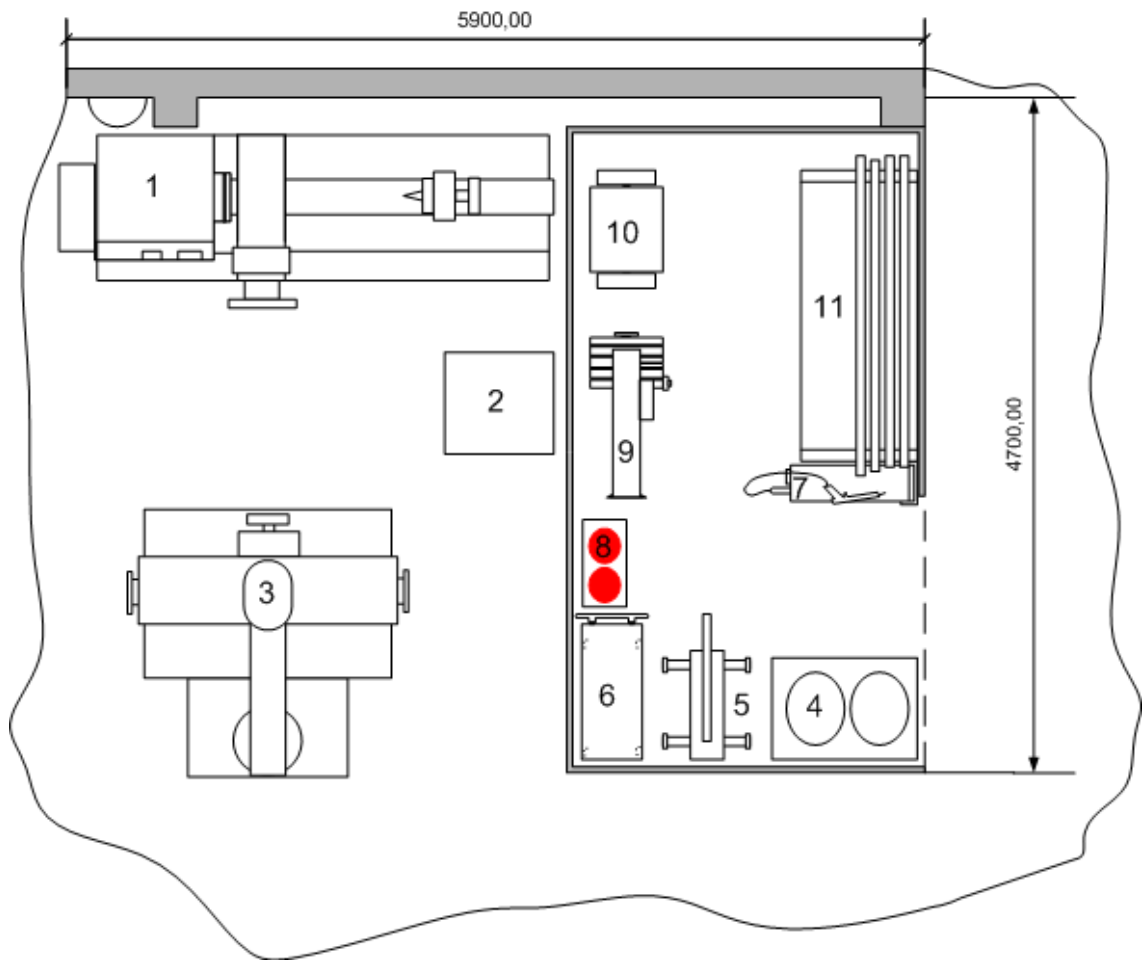
## Liite 2: Hallin layout



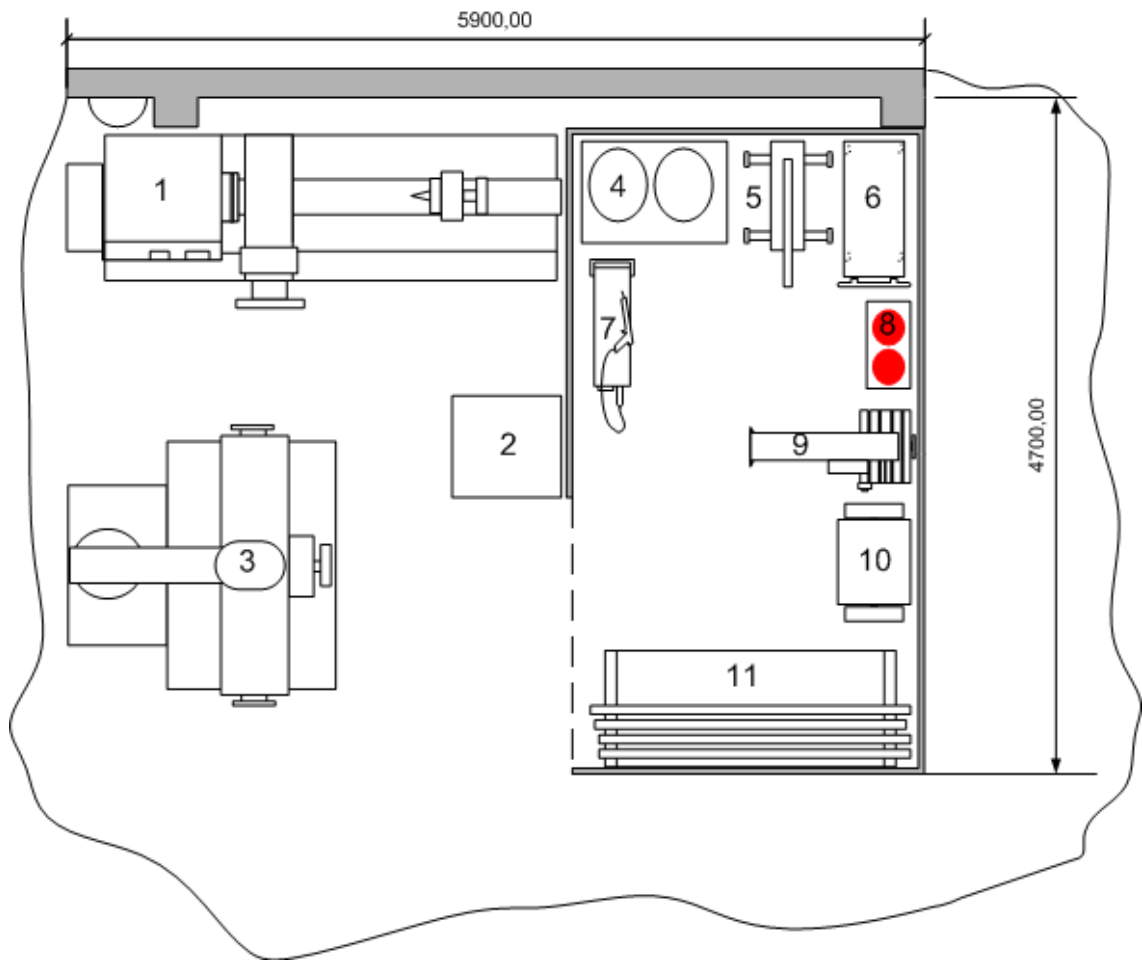
Liite 3: Solun layout 1



Liite 4: Solun layout 2



Liite 5: Solun layout 3



## Liite 6: Projektisuunnitelman seuranta

