



Utveckling av produktionslinje

Björn Nygård

Examensarbete för ingenjörsexamen
Utbildningsprogrammet för elektroteknik
Vasa 2013



EXAMENSARBETE

Författare: Björn Nygård

Utbildningsprogram och ort: Elektroteknik Vasa

Inriktningalternativ: Automation

Handledare: Ray Pörn

Titel: *Utveckling av produktionslinje*

Datum 7.3.2013

Sidantal 41

Bilagor 4

Abstrakt

Lärdomsprovets syfte var att planera en produktionslinje/arbetsstation för styrcentraler. Uppdragsgivare är Krikoma Ab i Tjock som tillverkar bland annat styrcentraler till maskintillverkare och industri. Tillverkningen av dessa har ingen specifik arbetsstation, vilket lett till dålig ergonomi och belysning samt dåligt produktionsflöde.

Arbetet gick ut på att i nuvarande utrymme, vilket är en del av lagret, planera en arbetsstation som kan hantera alla centraler i produktionen. Det gäller såväl större serier som enstaka specialmodeller.

Arbetet har baserats på egna erfarenheter av produktionen som den ser ut i dagsläget. Detta har kompletterats med litteratur som behandlar de olika delområdena i arbetet, dessutom har en del mätningar gjorts på arbetsplatsen.

Resultatet blev en väggmonterad arbetsstation med justerbar arbetshöjd. Verktyg som var nödvändiga för produktionen valdes ut. Verktygens placering planerades med bl.a. balansblock ur ergonomisk synpunkt. Belysningen beräknades för att ge tillräcklig ljusstyrka med låg energianvändning. Slutligen planerades en testvagn för att underlätta provkörning av färdiga styrcentraler.

Språk: svenska

Nyckelord: styrcentral, arbetsstation, ergonomi

BACHELOR'S THESIS

Author: Björn Nygård

Degree programme: Electrical engineering

Specialization: Automation

Supervisor: Ray Pörn

Title: *Designing a production line*

7.3.2013

41 pages

4 appendices

Abstract

The purpose of this Bachelor's thesis has been to design a production line/workstation for control units. The commissioner is Krikoma Oy, a company based in Tiukka that manufactures control units, among other things, for machine manufacturers and the industry. The present production of the control units has no specific workstation, which has led to bad ergonomics, lighting and production flow.

The design work was to plan a workstation which will be able to handle all control units in the production. This should be placed in the area where the production currently takes place. This area is a part of a warehouse.

The work is mainly based on my own knowledge of the production. Moreover, literature on the different areas of the design has been studied and measurements have also been made at the workplace.

The result was a wall mounted workstation which has adjustable height. Tools and their placements have been planned to get better ergonomics. The lighting has been calculated to give enough light, but with a low energy consumption. Finally a test cart has been planned to ease the test running of the control units.

Language: Swedish

Key words: control unit, workstation, ergonomics

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Björn Nygård

Koulutusohjelma ja paikkakunta: Sähkötekniikka, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto: Automaatio

Ohjaaja: Ray Pörn

Nimike: *Tuotantolinjan suunnittelu*

Päivämäärä 7.3.2012

Sivumäärä 41

Liitteet 4

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella tuotantolinja/työasema ohjauskeskukselle. Työnantaja on Krikoma Oy Tiukassa, joka muun muassa tuottaa ohjauskeskuksia konevalmistajille ja teollisuudelle. Tällä hetkellä ei löydy erityistä työasemaa valmistusta varten. Siksi ergonomia, valaistus ja tuotannon virtaus ovat huonoa.

Tehtävä oli suunnitella työasema, joka on tarkoitettu ohjauskeskuksen tuotantoon, ja sen pitäisi mahtua samaan tilaan, jossa valmistus nyt tehdään, joka on osa varastoa.

Työ perustuu omiin kokemuksiin tuotannosta ja sitä on täydennetty kirjallisuudella, joka käsittelee eri osa-alueita. Sen lisäksi on tehty eri mittauksia työpaikalla.

Tulos on uusi suunniteltu työasema, jossa on säädettävä korkeus. Työkalut ja niiden sijoitus on suunniteltu niin että ergonomia on hyvä. Uusi valaistus laskettiin, jotta valoa olisi riittävästi mutta energiakulut pysyisivät alhaisina. Lopuksi suunniteltiin testausvaunu helpottamaan ohjauskeskusten koestusta.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: ohjauskeskus, työasema, ergonomia

Innehållsförteckning

1.	Inledning.....	1
2.	Problemformulering	2
2.1.	Dagsläge	2
2.2.	Förbättringsmöjligheter	4
3.	Teoretiska utgångspunkter.....	6
3.1.	Arbetsobjekt	6
3.2.	Belysning.....	7
3.3.	Programmering och testning.....	9
3.4.	Ergonomi	10
3.4.1.	Arbetshöjd	11
3.4.2.	Underlag	12
3.5.	Verktyg	13
3.6.	Kvalitetssystemet 5S	15
3.6.1.	Sortera.....	16
3.6.2.	Systematisera	17
3.6.3.	Städa	18
3.6.4.	Standardisera	19
3.6.5.	Se till.....	20
4.	Metoder och tillvägagångssätt	21
4.1.	Utrymme.....	21
4.2.	Underlag	22
4.3.	Belysning.....	23
4.4.	Testanläggning	25
4.5.	Arbetsbänk.....	27
4.6.	Verktyg och material	28
4.6.1.	Elektriska skruvdragare	29
4.6.2.	Verktygsplacering.....	31
4.7.	Miljö	33

5. Resultat och tolkning	35
5.1. Montering	35
5.2. Utvärdering	35
6. Diskussion	37
Källförteckning	38

1. Inledning

Examensarbetet går ut på att planera en produktionslinje eller arbetsstation åt företaget Krikoma Ab. Krikoma är ett företag i Tjock som grundades år 1973. Produktionen består av styrcentraler, manöverboxar samt förädling av olika typer av givare. Dessutom säljer företaget hydraulik- och pneumatikkomponenter, samt tillverkar kompletta system. Kundsegmentet består främst av maskintillverkare och industrin.

Tanken med arbetet var att planera en produktionslinje för styrcentraler. Nuvarande produktion har flyttats ut till lagret då verksamheten utvidgats. Utrymme för produktionen finns, men en specifik produktionslinje har saknats.

Arbetet har utförts självständigt och har till stor del baserats på egna erfarenheter. Som komplement har teori över delområdena studerats, för att ge en bättre inblick i vilka möjligheter som finns tillgängliga. Teorin har sammanställts och med hjälp av mätningar anpassats till en fungerande helhet. Slutresultatet blev en färdigt planerad arbetsstation som får plats i nuvarande utrymme. Arbetsstationen blev större än tidigare arbetsbänkar, fick anpassad belysning, bättre ergonomi samt förbättrad testutrustning.

Planeringsarbetet har pågått under hösten 2012 och vintern 2013. Ray Pörn har fungerat som handledare från skolan, medan Krikomas VD Torbjörn Nygård har handlett arbetet från företagets sida.

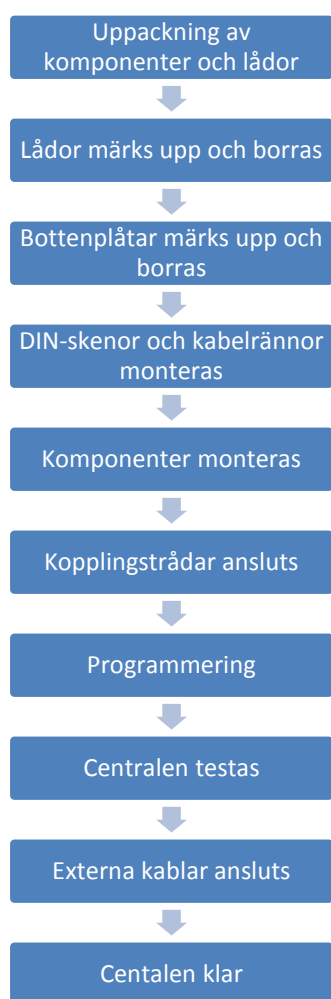
2. Problemformulering

Det här kapitlet beskriver nuvarande produktionsutrymme samt hur produktionen går till i dagsläget. Här framgår de problem som finns och vilka förbättringar som borde göras.

2.1. Dagsläge

Företagets produktionen består i dagsläget till största del av styrcentraler i varierande storlek. Centralerna används för styrning av diverse maskiner inom industri och lantbruk. Centralerna tillverkas antingen i större serier eller som enstaka specialmodeller.

Produktionen går normalt till på följande sätt:



Figur 1. Produktionsskeden

Plåtlådan som ska användas packas upp och locket plockas bort. Lådan märks upp för eventuella brytare, tryckknappar och displayer. Därefter borrar eller pressas alla hål med en hydraulisk stans. Bottenplåtarna märks upp efter en färdig mall (seriemodeller) och hålen borrar och gängas för att kunna skruva fast DIN-skenor och kabelrännor. Enskilda specialmodeller planeras genom att placera ut komponenter och kabelrännor, varefter infästningshål markeras.

Efter att bottenplåtarna preparerats skruvas komponenterna fast. Komponenter som normalt används i centralerna är frekvensstyrningar, motorskydd, kontaktorer, logiker, reläer och radklämmor. När komponenterna är monterade dras kopplingstrådar enligt kopplingsschema.

När kopplingsarbetet är klart plockas bottenplåtarna ner i lådorna och skruvas fast. Efter det kopplas centralen till nätspänning för att mata in parametrar i frekvensstyrningarna och köra in rätt program i eventuella logiker. Därefter kopplas tillfälliga elmotorer, gränsbrytare

och givare till centralen. Nu testas centralen genom att köra igenom dess arbetssekvens för att kontrollera så att allting fungerar. Till sist ansluts alla motorkablar och centralerna packas ner i lådor för att sändas till kunden.

I produktionsanläggningen tillverkas i dagsläget styrcentraler, både serier och specialmodeller, på samma ställe. Vanligtvis sker produktionen av en person, men vid större serier kan även två personer arbeta samtidigt. Arbetet utförs på två arbetsbänkar på hjul som har måtten 1900 x 820 x 910 mm (L x B x H). På bänkarna sker alla tillverkningsmoment utom borrar, som sker i ett skilt rum med pelarborrmaskin. Normalstora serier ryms på bänkarna, men olika arbetsmoment kräver att man flyttar på centralerna. Att lyfta centralerna är tungt och tidskrävande.



Figur 2. Nuvarande arbetsbänkar.

För att montera komponenter och trådar används i dagsläget vanliga skruvmejslar. Tidigare har man använt små batteridrivna skruvdragare, men de har blivit föråldrade och ineffektiva, varför de inte längre används.

Utrymmet där produktionen sker är en del av ett lager. Det innebär hög takhöjd och belysningen består av ljusarmaturer med dubbla lysrör i taket. På grund av den höga takhöjden blir ljuset inte tillräckligt för precisionsarbete.

Golvet i lokalen är målat betonggolv och hela produktionen sköts stående.

Arbetsställningen är beroende av vilken typ av central som tillverkas, eftersom storleken på dem varierar kraftigt. Medan man drar kopplingstrådar direkt på bottenplåten är

arbetshöjden behaglig. När bottenplåtarna plockas ner i lådorna är arbetsställningen helt beroende av djupet på lådorna. Detta gäller mindre centraler där monteringen sker liggande. Specialmodeller kan vara för stora för liggande montering och kräver att de står upprätt på golvet.



Figur 3. Stående montering av specialmodell.

Inkörning av program i logiker sker mer och mer med hjälp av dator som man ansluter till varje enhet. Det görs med en bärbar dator som flyttas mellan centralerna. Frekvensomvandlarnas parametrar körs in manuellt via deras paneler. För att testa centraler används i dagsläget lösa elmotorer, brytare, lampor och givare som plockas ihop efter centralens behov.

Komponenterna som används levereras ofta i enskilda lådor som dessutom ofta är inplastade. Det ger en hel del avfall som måste sorteras innan de kastas. Någon effektiv metod för sorteringen finns inte och det går åt en hel del tid att sortera avfallet innan man kan kasta det.

2.2. Förbättringsmöjligheter

Tanken med detta arbete är att åtgärda ovanstående problem och skapa en effektiv produktionslinje som kan hantera både större serier och enstaka specialcentraler. Till förfogande finns lokalen där produktionen nu sker. Storleken på utrymmet är 8000 x 4600 mm med en takhöjd på 4100 mm. Utrymmets layout illustreras i figur 4. I utrymmet ska hela produktionslinjen rymmas för att produktionen ska ske så smidigt som möjligt och för att undvika onödiga lyft och flyttningar av centralerna.

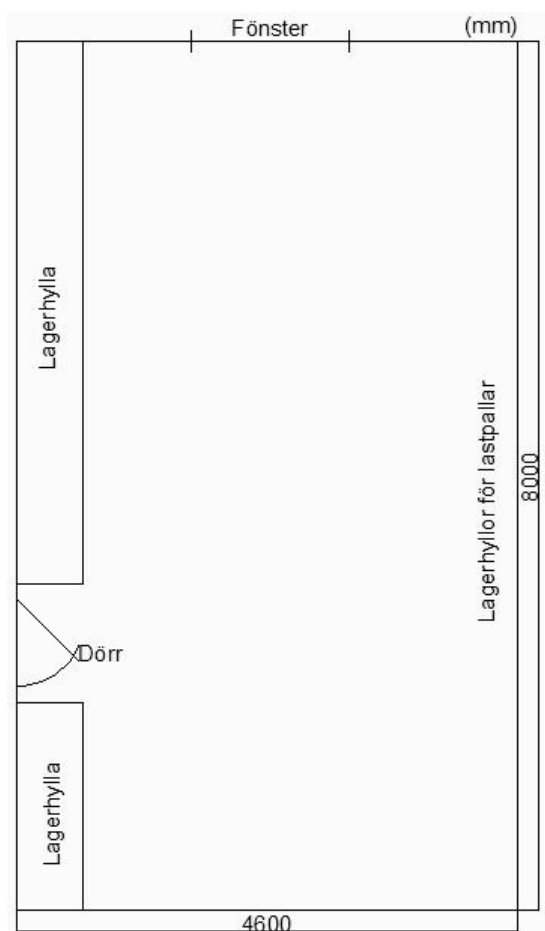
Det ska det även utvecklas en smidigare testanläggning som gör programmering av frekvensomvandlare snabbare. För att minska tidsåtgången för testet ska inkopplingen av centralerna effektiviseras.

För att ge korrekt ljusstyrka över hela produktionslinjen bör en ny belysning planeras. Utskrivna kopplingsscheman ska kunna hängas upp på lämplig höjd så att de syns tydligt och att man slipper hålla i dem.

Användning av golvmattor ska undersökas för att belasta ryggen så lite som möjligt. Möjligheten till höj- och sänkbara bord ska studeras för att få en så bra arbetsställning som möjligt oberoende av vilket arbetsmoment man håller på med. Samtidigt ska arbetsytorna rymma de varierande storlekarna på centralerna som finns.

Olika verktyg för montering av komponenter ska undersökas för att få en så effektiv produktion som möjligt. För att förenkla arbetet ska alla överloppsverktyg avlägsnas från arbetsområdet

För att skapa en hållbar lösning behöver även miljöaspekter beaktas. Det gäller främst återvinning av materialen för bland annat förpackningar. Den nya utrustningen ska vara energisnål och hållbar, vilket innefattar belysning, verktyg och testutrustning.



Figur 4. Tillgängligt utrymme.

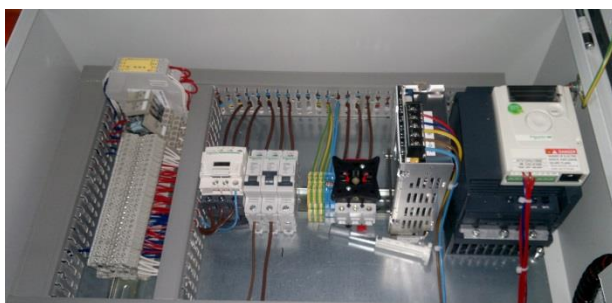
3. Teoretiska utgångspunkter

I följande kapitel kommer teoretiska utgångspunkter att presenteras utgående från problemen i föregående kapitel. De slutliga praktiska lösningarna kommer att baseras på teorin i det här kapitlet.

3.1. Arbetsobjekt

De arbetsobjekt som kommer att hanteras är av varierande storlek. Eftersom tillverkningen kommer att bestå av styrcentraler, är det i första hand storleken på lådorna till dessa som bestämmer storleken på arbetsbänken.

Enligt diskussion med VD Torbjörn Nygård är de vanligast förekommande centralerna av storlekar mellan 300 x 300 x 150 mm – 800 x 600 x 250 mm (L x B x H). Mer sällan förekommande specialmodeller uppgår till 1000 x 800 x 300 mm.



Figur 5. Färdig styrcentral.

3.2. Belysning

Olika ljuskällor har olika egenskaper, som gör att var och en av dem lämpar sig speciellt för vissa tillämpningar. Egenskaper som varierar beroende på vilken ljuskälla som används är färgtemperatur, flimmer, ljusutbyte, färgåtergivning och livslängd. (Månsson & Svensson, 2010, s. 41 – 45)

Färgtemperatur beskriver vilken färgton ljuset har. För ljuskällor med temperaturstrålare är färgtemperaturen den samma som temperaturen på glödtråden mätt i Kelvin. För lampor som saknar glödtråd har det definierats en korrelerad färgtemperatur (T_{cp}) som motsvarar den för temperaturstrålare. Färgtemperaturen väljs utgående från tillämpningsområde. För att framhäva färger bör man använda vitt ljus, dvs. ljus med en så hög färgtemperatur som möjligt. (Månsson & Svensson, 2010, s. 42)

Färgåtergivning beskriver hur bra ljuskällan klarar av att återge färger. För att bestämma en ljuskällas färgåtergivning har CIE (International Commission on Illumination) utvecklat ett Ra-index som är *”ett medelvärde på avvikelserna som utvärderats vid en bestämd färgtemperatur hos åtta definierade testfärger”*. Det högsta Ra-index som finns är 100 och för utrymmen där människor arbetar eller vistas en längre tid bör Ra-värdet inte understiga 80. Ra-index ger ingen garanti på färgåtergivningen, men kan användas som referens. För att undvika risken för färgförvrängning bör man ha ett index över 80. För minimal färgförvrängning gäller ett index på 90. Det krävs dock endast på arbetsplatser med högre krav, som exempelvis inom vården. (Månsson & Svensson, 2010, s. 43)

Ljusutbyte mäts i lm/W och anger effektiviteten på ljuskällan, vilket beräknas utgående från det nominella ljusflödet och ljuskällans effekt. Ljusflödets nedgång bestäms utgående från LLMF (Lamp Lumen Maintenance Factor), vilket anger hur mycket ljusflödet avtar under ljuskällans livstid. Detta bör beaktas så att man har korrekt ljusstyrka även när ljuskällan åldras. Ljusflödets minskning visas som kurvor eller tabeller som tillverkaren av ljuskällan har beräknat. (Månsson & Svensson, 2010, s. 44)

Livslängden på ljuskällan anges i huvudsak på två olika sätt. Det ena är medellivslängd, vilket är den tid det tar tills hälften av ljuskällorna i serien fortfarande lyser. Här beaktas inte minskning i ljusflöde. Den andra är *”service life”* som även beaktar ljusflödesminskningen och hänvisar till den tid när 80 % av ljuset återstår i en serie. (Månsson & Svensson, 2010, s. 45)

Belysningskrav för montering av elektronik är: (Månsson & Svensson, 2010, s. 141)

- 500 lx
- 80 Ra.

Inom 500 mm från arbetsområdet ska ljusstyrkan vara en tredjedel av den styrka som finns på arbetsområdet för att inte skapa för stora kontraster som tvingar ögat att ställa om sig, vilket kan leda till huvudvärk. Av samma anledning ska ljusstyrkan i resterande del av utrymmet vara en femtedel av ljusstyrkan i arbetsområdet. (Månsson & Svensson, 2010, s. 101)

Tanken med en bra planerad belysning är att skapa så stor kontrast som möjligt på det man arbetar med. Belysningens infallsvinkel ska komma snett bakifrån för att undvika reflektioner från arbetsytan. Man måste placera armaturen så högt upp att arbetaren inte skuggar arbetsobjektet. Arbetsobjektets struktur har stor påverkan på hur stark belysning man kan använda. Om föremålets yta är blank kan det löna sig att minska på belysningen för att undvika störande reflektioner. (Månsson & Svensson, 2010, s. 99)

De viktigaste aspekterna för att minska risken för reflexbländning på arbetsområdet är att placera armaturerna på rätt ställe och att använda armaturer med låg luminans som är väl avskärmade. Genom att använda större armaturer sprids ljuset jämnare. Matta ytor minskar reflektioner och ljusa ytor minskar behovet av stark belysning. (Månsson & Svensson, 2010, s. 108)

Miljöpåverkan av en belysningsanläggning består till 80-90 % av själva driften (Månsson & Svensson, 2010, s. 61 – 63). Därför är det viktigt att specificera arbetsområdet så att man inte belyser onödigt stora ytor. Man kan ytterligare spara energi genom olika form av ljusreglering, för att minska energiåtgången när arbetsområdet inte används. (Månsson & Svensson, 2010, s. 53 – 55)

3.3. Programmering och testning

Programmering och testning av frekvensomvandlare kan utföras på två sätt. Antingen matar man in parametrar manuellt via knapparna på panelen, eller så kör man över parametrarna från en dator. Att mata in parametrar manuellt tar tid och lämpar sig bäst för enstaka frekvensomvandlare. För att senare testa funktionen på frekvensomvandlarna kan man manuellt mäta spänning på eventuella reläutgångar för att lokalisera fel. Alternativt kan man använda sig av frekvensomvandlarens tillverkares diagnosverktyg. De normalt förekommande tillverkarna i produktionen är Vacon och Omron. Dessa tillverkare har egna programmerings- och diagnosverktyg för sina frekvensomvandlare.

Omron använder sig av programmet CX-Drive för programmering. Programmet tillåter konfiguration av alla deras frekvensomvandlare. Dessutom finns möjlighet till övervakning, dataspårning och realtidsspårning. Det innebär att förutom programmering kan programmet användas till testning och felsökning. (Omron, 2013)

Vacon har ett program som heter NCDrive, vilket i grunden har samma funktioner som CX-Drive. Parametrar kan köras in och jämföras med tidigare värden och parametrarna kan även skrivas ut eller sparas. Från datorn kan man även styra frekvensomvandlaren och samtidigt visa upp till åtta variabler grafiskt för analys. (Vacon, u.å.)

Logiker som används kommer även från Omron. De programmeras i ett programpaketet CX-One, i vilket CX-Drive även ingår. Med programpaketet kan man programmera logiken och även simulera och utföra realtidsövervakning. (Omron, 2013)

3.4. Ergonomi

En av de viktigaste aspekterna med att förbättra produktionslinjen är att få en bättre ergonomi. De olika skedena i produktionen ställer olika krav på arbetsställning. En dålig arbetsplatsergonomi leder förutom hälsoproblem även till försämrade produktion.

Det viktigaste med ergonomin vid en arbetsplats är att arbetaren ser arbetsområdet tydligt, arbetaren har en bekväm arbetsställning samt att eventuella reglage och verktyg är inom räckhåll. Om man inte beaktar dessa aspekter ökar risken för att muskler och leder överansträngs vilket kan leda till nedsatt produktivitet och arbetsrelaterade skador. En ergonomisk arbetsstation innebär att man har en naturlig arbetsställning där kroppsvikten är jämnt fördelad och kroppen ges tillräckligt med stöd. Arbetsstationens alla moment ska kunna utföras utan överansträngning. (Pulat & Alexander, 1991, s. 115)

För planering av en bra arbetsstation ur ergonomisk synvinkel bör man beakta följande saker. Allt material och alla verktyg ska ha en bestämd plats för att skapa en vana där man vet var allt finns. Det ger inte bara bättre ergonomi utan även en effektivare produktion. Lådor och behållare som innehåller det material som används ska placeras så nära arbetsområdet som möjligt. Det samma gäller för verktygen. Materialet ska ordnas så att det följer den effektivaste arbetssekvensen. För bästa ergonomi bör man, om möjligt, använda en stol som kan anpassas till korrekt höjd vilket innebär att man kan variera mellan sittande och stående arbetsställning. (Pulat & Alexander, 1991, s. 117)

Viktigt att beakta är arbetarnas varierande längd. För att alla ska kunna utnyttja arbetsstationen fullt ut ska man beräkna den så att den längsta arbetaren får plats och den kortaste ska nå allting. (Pulat & Alexander, 1991, s. 118)

3.4.1. Arbetshöjd

Höjden på arbetsstationen är mycket viktig. Om den är för hög måste arbetaren lyfta på axlarna, vilket på sikt ger stel nacke och axlar. Om arbetshöjden är för låg ökar påfrestningen på nedre ryggen. Höjden på arbetsytan borde vara ca. 50 mm under armbågshöjd (Pulat & Alexander, 1991, s. 120). För att undvika dessa problem kan man antingen skapa en arbetsstation med ställbar höjd, eller en fast arbetsstation med ställbart underlag. Man kan även justera arbetsobjektet för att få en bättre höjd (Pulat & Alexander, 1991, s. 119).

Att använda en höj- och sänkbar arbetsbänk innebär att alla arbetare kan ställa in rätt arbetshöjd. Det fungerar bäst om endast ett fåtal arbetare använder arbetsstationen och höjden inte behöver ändras så ofta. Om fler arbetare använder arbetsstationen samtidigt kan det vara svårt att få rätt arbetshöjd för alla, eftersom hela arbetsbänken har samma höjd. Det kan lösas genom att variera höjden på underlaget där arbetaren står. En enkel variant är mattor som kan staplas ovanpå varandra för att få rätt höjd. Mattor är även mjukare än betonggolv, vilket minskar förslitning på fötter och rygg.

För större höjdskillnader kan mattor bli otympliga, om de inte finns i tillräckligt stor tjocklek. Om flertalet mattor måste staplas på varandra för att uppnå rätt arbetshöjd blir det lätt instabilt att stå på. Som alternativ kan man konstruera lådor med olika höjd.

En metod är att tillverka lådor som har en sluttande kant. En sluttande kant minskar risken för att snubbla när man använder sig av lådan. Konstruktionen är inte ställbar och enligt TTL (Työterveyslaitos) ska den sluttande kanten ha en lutning på högst 20°. Detta gör att högre lådor blir mycket utrymmeskrävande och svåra att flytta. De lämpar sig således för låga fasta installationer där höjden inte behöver ändras regelbundet. (Arbetshälsoinstitutet, u.å.)

Genom att använda lådor med raka sidor ökar risken för att snubbla och trampa bredvid lådan. De tar däremot mindre plats och kan konstrueras så att de kan förvaras ovanpå varandra för att spara utrymme. Lådorna kan med fördel märkas med höjdinformation så att man lätt hittar en lämplig höjd. Ytmaterialet på lådorna ska liksom golvets ytmaterial, vara hållbart och halkfritt. Användningen av lådor som har liten yta och hög höjd lämpar sig bäst för arbetsområden där man inte flyttar på sig så mycket. Lådornas konstruktion ska vara stadig, men lätt så att man enkelt kan hantera dem. (Arbetshälsoinstitutet, u.å.)

Arbetshöjden bör anpassas efter de personer som använder en arbetsstation. I Pulat & Alexander (1991, s. 132) framgår rekommenderad höjd för arbetsbänkar enligt principen att den längsta arbetaren ska få plats och den kortaste ska nå allting. Måtten har anpassats efter de personer som finns anställda i företaget och avser en avslappnad stående ställning. De anpassade värdena finns i tabell 1 nedan.

Tabell 1. Arbetshöjd

Kroppsegenskap	Längd max (mm)	Längd min (mm)
Totallängd	1900	1700
Ögonhöjd	1580	1460
Räckvidd arm	700	640
Armbågshöjd	1230	1130
Höjd arbetsyta	1180	1080

3.4.2. Underlag

Betonggolv är mycket hårt, vilket ökar påfrestningen på ben och rygg när man står och arbetar på det. För att minska påfrestningen kan man placera en matta av gummi på golvet. Den mjukare gummimattan minskar statisk spänning i benen och minskar svullnad som lätt uppstår om man står på ett hårt golv. En mönstrad matta minskar risken för att halka jämfört med ett målat betonggolv.

Att placera ut en golvmatta innebär ökad snubbelrisk vid mattans kant. En tunn matta minskar på detta problem, men man kan förse mattan med sneda kanter och markera kanten så att den är synlig. En annan nackdel med mattor är att användningen av hjulförsedda vagnar och pumpkärror försvåras. Genom att använda en matta som inte rullar ihop sig kan man ändå åstadkomma en godtycklig framkomlighet. (Arbetshälsoinstitutet, u.å.)

3.5. Verktyg

Det finns en del riktlinjer att följa vid val av verktyg. Nedan följer några punkter som underlättar valet:

- Verktygen ska vara så lätta som möjligt, förutsatt att en högre vikt inte underlättar arbetet eller ökar verktygets effektivitet.
- Verktygens handtag ska ha en stor beröringsyta, de ska sitta bra i handen och de ska inte ha vassa kanter.
- Verktygens form kan med fördel vara justerbar
- Formen ska helst inte vara för anatomisk, förutsatt att det inte bidrar med stöd under största delen av arbetsmomenten.
- Handtaget ska vara utformade så att handleden hålls rak vid användning, samt att man inte behöver använda mycket kraft för att hålla i verktyget
- Utformningen och ytmaterialet på verktyget ska vara anpassat till användningsändamålet i fråga om temperaturförhållanden och användningen av skyddshandskar.
- Eventuella kablar eller slangar tillhörande verktyget får inte utgöra rörelsehinder, skadliga vridmoment eller hinder i synfältet. (Duodecim, 2013)

Hur verktygen och materialet är placerat kring arbetsstationen påverkar i stor grad vilken ergonomi stationen har. Viktigt är att arbetaren når och kan hantera alla verktyg utan onormala rörelser. De ska placeras så att de viktigaste verktygen och de verktyg som används ofta kommer närmast arbetaren. Förutom det ska även verktygens funktion och produktionens sekvens beaktas för att verktygen ska kunna hanteras så smidigt som möjligt utan att man tvingas plocka dem fram och tillbaka. (Pulat & Alexander, 1991, s. 120)

Det finns flera förvaringsmöjligheter för verktyg tillgängliga på marknaden. Nedan presenteras tre alternativ.

En verktygstavla är vanligtvis väggmonterad och försedd med hål. I hålen kan man fästa olika krokar, på vilka man kan hänga verktyg. Fördelen med en verktygstavla är att verktygen hänger synligt och lättillgängligt. Verktygen är lätta att ta bort och returnera. Om verktygen byts ut kan man enkelt omorganisera tavlan så att den passar.

Nackdelen är att tavlan är fast monterad, vilket gör att verktygen inte alltid finns nära till hands, om inte arbetaren står direkt invid tavlan.

En vagn kan användas för verktygsförvaring. Detta kan vara med hjälp av lådor eller en verktygstavla som monterats på vagnen. En vagn utrustad med tavla har samma fördelar som en fast monterad tavla, men den är dessutom mobil. Man kan således dra med vagnen för att utföra arbete på olika ställen. För att få rum för samma mängd verktyg som på en verktygstavla krävs en relativt stor vagn. Det blir då otympligt att dra vagnen efter sig.

Verktygsbälten finns i olika utföranden och fästs antingen kring midjan eller som en väst, vilket gör att verktygen alltid är med och nära kroppen. Detta ger en bra ergonomi, men i jämförelse med de övriga alternativen är förvaringsmöjligheterna ganska små. Antalet verktyg och storleken på verktygen är således mycket begränsad. Ett verktygsbälte tillåter endast en person att ha tillgång till verktygsuppsättningen åt gången, medan de övriga alternativen tillåter fler arbetare samtidigt.

3.6. Kvalitetssystemet 5S

5S är ett kvalitetssystem som härstammar från Japan, men som har spridits runt världen på grund av dess effektiva verkan på produktionen. 5S finns inte implementerat i företaget, men eftersom dess principer kan ge effektivare produktion, samt för en senare eventuell övergång till 5S, kommer det även beaktas här. Alla fem pelare kommer inte att beaktas lika ingående eftersom tanken med arbetet inte var att införa ett kvalitetssystem. De pelare som anses ha mest inverkan på den kommande arbetsstationen är systematisera och standardisera, vilka kommer att behandlas noggrannare.

5S valdes av den anledningen att systemet vid första anblick gav konkreta lösningar på de problem som lärdomsprovet innefattade. Som alternativ finns ISO 9000, vilket också är ett populärt kvalitetssystem. Jämfört med 5S hade systemet inga direkta lösningar, vilket gjorde det svårare att ta till sig för denna tillämpning. I boken *5S for Operators: 5 pillars of the visual workplace* behandlades flera av de punkter som även behandlas i detta arbete, varför 5S slutligen valdes.

5S byggs upp av fem pelare vars principer måste uppfyllas för att få ett fungerande system. De börjar uppfyllas från den första och fortsätter stegvis till den femte. 5S har fått namnet av namnen på de fem pelarna som är:

- sortera (seiri)
- systematisera (seiton)
- städa (seiso)
- standardisera (seiketsu)
- se till (shitsuke).

Inom parentes syns de ursprungliga namnen på japanska.

De viktigaste pelarna som allting inom 5S grundar sig på är sortera och systematisera. De beskriver hur man avlägsnar onödigt material och onödiga verktyg från arbetsplatsen, samt placerar det nödvändiga materialet där det används.

Fördelar som kan uppnås genom att etablera 5S på arbetsplatsen är bland annat följande:

- ökad kvalité
- lägre kostnad
- pålitliga leveranser
- ökad säkerhet
- bättre tillgänglighet
- ökad produktmångfald.

(Rubin, 1996, s. 13)

3.6.1. Sortera

Den första stapeln som ska uppfyllas är sortera. Den baserar sig på JIT eller Just-In-Time, som går ut på att använda endast det som behövs, endast i den mängd det behövs och endast när det behövs. Det innebär att man ska avlägsna allt som inte används från arbetsplatsen.

När man tar i bruk sorteringen undviker man problem som uppstår på en oorganiserad arbetsplats. Maskiner som eventuellt inte behövs i produktionen står och tar upp onödig plats och kostar i underhåll. Onödigt mycket material i lagret gör det svårt att hitta det man behöver. Dessutom kan överloppsmaterial störa produktionsflödet. (Rubin, 1996, s. 31)

För att få bort eller sortera överloppsmaterial från arbetsplatsen kan man ställa sig följande frågor.

- Behövs produkten?
- Behövs den i denna mängd?
- Behöver den finnas här?

(Rubin, 1996, s. 32)

3.6.2. Systematisera

Systematisera innebär att man ordnar material och verktyg så att vem som helst hittar dem och kan returnera dem (Rubin, 1996, s. 46). Om varje komponent har en given plats i hyllan är de lätta att hitta och risken för att man tar fel komponent minskar. Lådor och lastpallar som har en bestämd plats är inte i vägen och orsakar inte risker. (Rubin, 1996, s. 47)

Om man förstår var allting ska vara har man vad som kallas ”visuell kontroll”. Den visuella kontrollen gör att man, genom att se på arbetsområdet, förstår hur arbetet ska utföras. Man vet dessutom var ett visst material ska vara, hur mycket av materialet som ska finnas och i vilket läge produktionen är. (Rubin, 1996, s. 48)

Till att börja med gäller det att hitta den bästa förvaringen för verktyg och eventuella mallar. Skillnaden på verktyg och material är att verktygen ska returneras efter utfört arbetsmoment. Man bör placera verktyg som används ofta så nära arbetsområdet som möjligt, medan de som används mer sällan kan placeras längre bort.

Verktyg som används tillsammans ska placeras bredvid varandra och i den ordning som de används. Själva förvaringsutrymmet behöver vara stort i förhållande till verktygens storlek så att det är fysiskt enkelt att ta i och returnera dem. En del verktyg och mallar kan användas till flera ändamål och antalet kan därför ofta minskas. (Rubin, 1996, s. 50 – 51)

Principen för verktyg kan även tillämpas på det material som används, men här är det viktigare att minska rörelsemängden. Det innebär att för att nå materialet ska arbetaren behöva röra sig så lite som möjligt. Det finns två tillvägagångssätt för att åstadkomma detta. Den ena är att minska antalet rörelser för ett arbetsmoment, medan den andra går ut på att helt eliminera arbetsmomentet. (Rubin, 1996, s. 52)

Riktlinjer för att antingen minska eller eliminera stora och ansträngande rörelser:

- Varje rörelse ska inkludera båda händerna.
- Båda armarna ska röras symmetriskt åt varsitt håll.
- Kroppsrörelser ska minskas.
- Utnyttja gravitationen.
- Undvik snabba svängar i rörelsen.
- Arbeta med en bestämd rytm.
- Håll material framför dig på ett kort avstånd.

- Ordna material i den ordning de används.
- Använd ett enkelt sätt att mata in och ut material.
- Ha rätt arbetshöjd.
- Gör material och komponenter lätta att plocka upp.
- Gör handtag i lätthanterliga former och lägen.

(Rubin, 1996, s. 53)

När platserna för verktyg och material är valda, måste de markeras för att hålla koll på vad som hör vart, samt vilken mängd. Ett enkelt sätt är att markera utrymmet med skyltar som indikerar var en viss produkt ska placeras, samt hur många enheter av produkten som får eller måste finnas där.

En metod för att visa var exempelvis vissa verktyg ska användas är att färgkoda dem. Genom att måla verktyg som hör till samma process i samma färg och placera dem på en verktygstavla i samma färg vet man var de ska användas och vart de ska returneras. Det gör att man inte behöver leta efter rätt storlek på verktyget, utan endast rätt färg. (Rubin, 1996, s. 62)

Genom att dra upp linjer på golvet kan man dela upp arbetsplatsen i olika delar. Det gör att man vet var själva arbetsområdet är och var golvytan ska vara tom för att fordon ska kunna köra. På så sätt hamnar inte lastpallar och lådor i vägen vilket sparar tid och minskar risken för olyckor. Linjerna kan målas med färg eller dras med tejp. Tejp har fördelen att man kan enklare dra om linjerna om arbetsområdet förändras. För en tydlig avskiljning av de olika områdena används en linjebredd på 50–100 mm. (Rubin, 1996, s. 60)

3.6.3. Städa

Städningen innefattas visserligen i de två tidigare pelarna, men denna pelare hänvisar till att allting ska städas och underhållas regelbundet. Det resulterar i att allting är redo att användas när det behövs, utan att behöva lägga ner tid på att städa först. I stället för att hålla sig till årliga städdagar, ska städningen ingå i de dagliga rutinerna. (Rubin, 1996, s. 69)

Om städningen utelämnas kan det resultera i försämrad effektivitet och säkerhet. Dessutom kan en ostädad arbetsplats sänka arbetsmoralen och produkternas kvalitet. I samband med städningen går det snabbt att kontrollera konditionen på maskiner och annan utrustning. På så sätt upptäcker man lätt när mindre fel börjar uppstå och kan då undvika större problem senare. (Rubin, 1996, s. 74)

3.6.4. Standardisera

Ett tydligt sätt att hålla koll på produktionen är att märka upp de olika delområdena för en process. Färdiga produkter kan exempelvis placeras på uppmärkta områden som endast rymmer ett bestämt antal. När området är fullt, är det dags att skicka iväg dem till kunden. På så sätt lagras inte färdiga produkter på hög, utan skickas iväg när de är klara. (Rubin, 1996, s. 86)

När onödigt material har sorterats bort från arbetsplatsen kommer nytt material börja lagras. Detta är oundvikligt, men genom att ta till preventiva åtgärder kan man minska dess inverkan på den sorterade arbetsplatsen. Då en beställning på en viss produkt kommer in, måste man beställa in komponenter. Om alla komponenter levereras på en gång måste de sorteras för att inte skapa oreda. Om endast de komponenter som behövs först, levereras först och resten under produktionens gång, så behöver inget onödigt lagras på arbetsplatsen. (Rubin, 1996, s. 91)

Att returnera verktygen är en viktig del av att systematisera arbetsplatsen. Att göra verktygen svåra att felplacera går ganska behändigt med olika färgkoder och konturer på verktygstavlorna. Ett alternativ till det är att göra det omöjligt att felplacera verktygen. (Rubin, 1996, s. 92)

En metod för att göra det omöjligt att felplacera verktyg är att använda en återfjädrande anläggning som drar tillbaka verktyget i ursprungsläget när det släpps. På så vis hamnar verktyget alltid på samma plats när det inte används. (Rubin, 1996, s. 93)

En annan metod är att integrera verktyg eller mallar i arbetsområdet, så att de inte behöver flyttas när de använts klart. För att ta steget längre bör man fråga sig om det finns en möjlighet att ta bort mallen eller verktyget från processen. Det går eventuellt att använda samma verktyg till flera skeden i processen. Alternativt kan man byta ut arbetsstycket till ett som inte kräver verktyg för hantering. (Rubin, 1996, s. 94 – 95)

För att behålla arbetsplatsen ren och organiserad kan man vidta preventiva åtgärder. I princip gäller att det krävs mindre tid till städning ju närmare felkällan man kommer. (Rubin, 1996, s. 97)

3.6.5. Se till

För att kunna bibehålla de fyra första pelarna är det viktigt att alla på arbetsplatsen förstår vad 5S innebär och vilka dess fördelar är. Dessutom måste systemet ges tillräckligt med tid för att kunna implementeras i arbetsdagen. En välstrukturerad tidsplan för systemets olika skeden underlättar arbetet. Slutligen krävs starkt stöd från ledningen i fråga om ledarskap och resurser, samt att framsteg belönas. (Rubin, 1996, s. 107)

Ledningen har således i uppgift att utbilda arbetstagarna i 5S, avsätta tid för implementeringen och uppmuntra arbetstagarna till utveckling. Dessutom ska man lyssna på arbetarnas idéer och ta med dem i utvecklingen. Som uppmuntran bör man hänvisa till förbättringar som uppstår i samband med utvecklingen, samt visa sitt eget och företagets engagemang i 5S.

Som arbetstagare är det viktigt att visa intresse i systemet och även lära dina medarbetare och ta eget initiativ i utvecklingsskedet. Dessutom bör man be om hjälp av ledningen och komma med förslag på egna lösningar. (Rubin, 1996, s. 109)

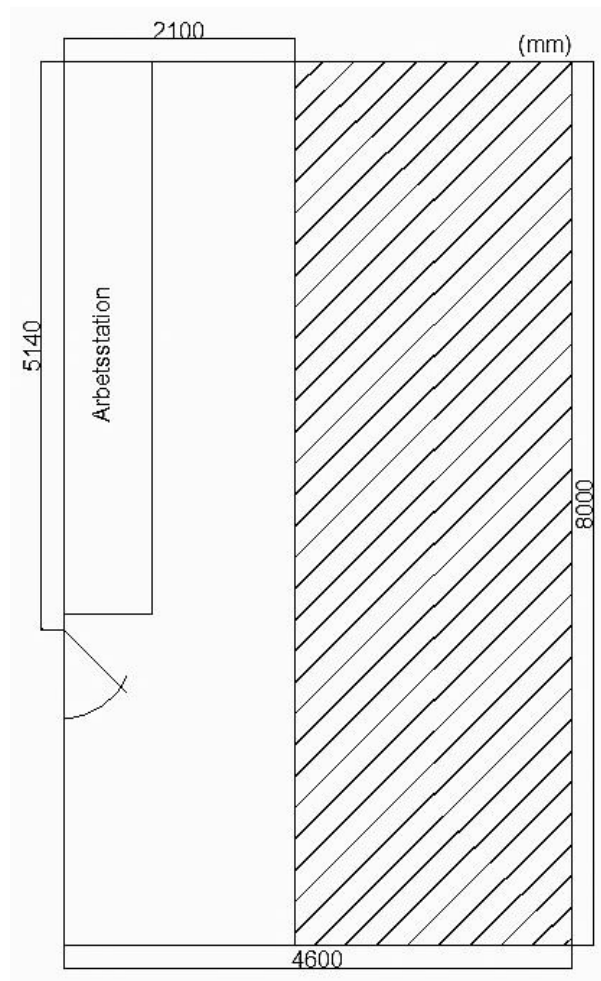
4. Metoder och tillvägagångssätt

De tidigare presenterade teoretiska utgångspunkterna kommer i detta kapitel att sammanställas för utvecklingen av produktionslinjen. Målet är att ge en översikt över de olika punkterna och ge en klar bild över hur produktionslinjen ska konstrueras för att följa dessa.

Tanken med arbetet var att skapa en arbetsstation som hanterar styrcentraler, givare och styrdon. Det nämns i arbetsspecifikationen att det ska utvecklas en för produkten specifik arbetsstation/produktionslinje. Det innefattar således även manöverboxar och givare. Det här skulle leda till många kompromisser, varför det efter diskussion med VD Torbjörn Nygård bestämdes att fokus ska läggas på produktionen av styrcentraler.

4.1. Utrymme

Utrymmet som finns till förfogande har storleken 4600 x 8000 mm. Lokalen har längs med ena sidan en lagringshylla för lastpallar, till vilken det bör finnas ledig golvyta för att ha tillgång till hyllan med gaffeltruck. På grund av det minskas utrymmets golvyta med 2500 mm på bredden, vilket är det utrymme gaffeltrucken kräver. Längs med motstående vägg finns en dörr som begränsar längden på den väggytan. Den väggen har nu en hylla, men för att frigöra utrymme för arbetsstationen kommer hyllan att flyttas. Det gör att arbetsstationen får mer utrymme och kan fästas mot väggen. Möjligheten finns då även att fästa saker på väggen



Figur 6: Utrymmes användning

samt underlättar vid montering av ny belysning. När arbetsstationen placeras vid väggen frigörs även en del golvyta, vilket underlättar hanteringen av inkommande och utgående material. Underlaget i utrymmet är plant betonggolvet och inga hinder finns i vägen för montering av arbetsstationen. Utrymmes användningen illustreras i figur 6.

4.2. Underlag

Golvet i lokalen är av betong och därav påfrestande för ryggen att stå på. Genom att placera en mjukare matta att stå på minskar man risken för slitage på fötter och rygg. Vid användning av golvmatta kan man även använda flera mindre mattor för att justera arbetshöjden.

Som grund kan man använda en tunnare matta som ger bra dämpning, men inte hindrar användningen av pumpkärra när lastpallar ska flyttas. Viktigt vid val av golvmatta är att den inte ska bli hal eller förstöras av olja, som det regelbundet hanteras i lokalen. Den understa mattan bör inte vara för tjock, för att minska snubbelrisken. Eftersom elektronikmonteringen innefattar hantering av små komponenter, är det viktigt att mattan inte innehåller hål. Då undviker man att tappa bort delar som fastnar i mattan.

Golvytan ska dessutom markeras upp med tejp så att området där truck behöver användas, avgränsas från det direkta arbetsområdet, vilket nämns i teorikapitel 3.6.2. Systematisera. På så sätt ser man tydligt var man kan placera material utan att det är ivägen. Tejpen fungerar även som skydd för mattkanten, vilket minskar risken för att snubbla på den. Bredden på tejpens ska enligt teorikapitlet vara 50–100 mm.

4.3. Belysning

Enligt teorikapitel 3.2. Belysning är det ur energisynpunkt viktigt att begränsa arbetsområdet, varför arbetsområdet i detta fall kommer att vara själva arbetsbänken där allt arbete utförs.

Styrcentralerna består av blanka metallplåtar där komponenterna skruvas fast. Dessa reflekterar mycket ljus, vilket gör det svårt att markera upp fästpunkter för komponenterna. När komponenterna är monterade sker minimalt med reflektioner eftersom de har en matt yta och täcker största delen av plåten. Det gör att man kan använda starkare belysning i själva kopplingskedet än när man planerar bottenplåten. Borrningen av bottenplåtarna sker som tidigare nämnts i ett skilt rum. Märkningen av plåtarna kan även göras i detta rum, vilket gör att belysningen vid arbetsbänken kan optimeras för själva monteringen. Eftersom produktionen oftast utförs under hela arbetsdagen finns inget behov av att reglera ljusstyrkan för att spara energi.

För att mäta upp nuvarande ljusstyrka i lokalen användes en luxmätare av typ Clas Ohlson st-1300. Mätningen utfördes genom att göra mätningar i mitten av lokalen, rakt under ljusarmaturerna som finns i taket, samt 1 m från väggen där arbetsbänken kommer att placeras. Dessa värden ska då enligt teorikapitlet om belysning motsvara en femtedel respektive en tredjedel av ljusstyrkan i det direkta arbetsområdet. För varje område gjordes sex mätningar med 1 m mellanrum med den första mätningen 1 m från väggen längst in i lokalen. Mätningarna gjordes på en höjd av 1m från golvet. Mätningarna gjordes då ljusarmaturerna varit tända 8 h och sedan även med lamporna släckta, för att kunna räkna bort dagsljusets inverkan. Dagsljuset visade sig ha mycket liten inverkan på totalbelysningen, varför det är onödigt att använda sig av någon ljusstyrning för detta ändamål.

Resultatet presenteras nedan i tabellform, med värden där dagsljuset räknats bort.

Tabell 2. Ljusstyrka

Område	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m
Mitten	263 lx	285 lx	280 lx	281 lx	278 lx	291 lx
Vägg	130 lx	138 lx	164 lx	168 lx	168 lx	174 lx

Genom att beräkna medelvärdet av mätningarna får man ett riktgivande värde för lokalens belysning, samt hur stark belysning som kan monteras utan att skapa för stora kontraster. Medelvärdet för ljusstyrkan i mitten av lokalen blir 280 lux och för mätningarna vid väggen 157 lux.

I teorikapitlet om belysning nämns att ljusstyrkan i det indirekta arbetsområdet ska vara en tredjedel av den i det direkta arbetsområdet. Det indirekta arbetsområdets ljusstyrka är det som uppmätts 1 m från väggen dvs. 157 lux. För att uppfylla kravet borde ljusstyrkan vara 167 lux.

I teorikapitlet nämns även att ljusa ytor reflekterar ljus bättre än mörka, vilket minskar behovet av stark belysning. Vid mätningen fanns en mörk hylla vid väggen där arbetsbänken kommer att placeras. Hyllan kommer att flyttas, vilket ger en ljusare vägg. Den kan även målas i en ljus matt färg, vilket ökar ljusstyrkan i det indirekta arbetsområdet. Eftersom en ljusstyrka på 167 lux är tillräcklig för det indirekta arbetsområdet bör det vara en tillräcklig åtgärd.

I resterande del av rummet ska ljusstyrkan vara en femtedel av den ljusstyrka i det direkta arbetsområdet. I teorin innebär det en ljusstyrka på 100 lux, vilket gör den uppmätta ljusstyrkan på 280 lux fullt tillräcklig.

För det direkta arbetsområdet behövs ljusarmaturer som ger en ljusstyrka på 500 lux. Enligt teorikapitlet ska armaturerna beräknas så att ljusstyrkan är tillräcklig under ”service life”. Det ger en initial ljusstyrka på 625 lux, från vilket den nuvarande ljusstyrkan vid väggen subtraheras. Ljusarmaturerna ska således tillföra arbetsytan en ljusstyrka på minst 470 lux. Detaljerade beräkningar finns bifogade i bilaga 2.

Eftersom kringliggande ljusstyrka är korrekt kommer ljuset från de nya armaturerna fokuseras på arbetsbänken, och monteras på en höjd av 2 m. Detta för att inte blända arbetaren och fortfarande koncentrera ljuset på arbetsbänken, för att åstadkomma bättre energieffektivitet i enlighet med teorikapitlet.

Belysningen kommer att bestå av lysrör som löper längs med hela arbetsbänken. Ljusarmaturen kommer att placeras 500 mm från väggen för att ljuset ska falla snett bakifrån på centrum av arbetsstycket, för att minska risken för reflexbländning. Därtill kommer armaturen belysa de verktyglådor som fästs i arbetsbänken. Ljusarmaturens ljusstyrka beräknas i bilaga 2 och resultatet blev 411 lm, med en strålningsvinkel på ca 52°. Dessutom bör beaktas att ljusarmaturen ska ha ett Ra-tal på 80 för att säkerställa korrekt färgåtergivning enligt teorikapitlet.

4.4. Testanläggning

Testanläggningen består i dagsläget av 5 st obelastade elmotorer på 1,5 kW som manuellt kopplas in till frekvensomvandlarna och kontaktorer. Innan själva testet utförs programmeras logiken. Det sker från en bärbar dator som flyttas runt mellan centralerna.

Testet går ut på att man simulerar maskinens funktion genom att köra igenom en arbetscykel samt testa nödstoppfunktioner. Frekvensomvandlarnas min- och maxfrekvenser, accelerations- och retardationstider kontrolleras även i detta skede. Frekvensomvandlarna fungerar endast med motorer inkopplade, varför dessa är nödvändiga i testet.

Enligt teorikapitel 3.3. Programmering och testning nämns programvaror som gör inkörning av parametrar enklare vid användning av dator. Samma programvara fungerar för logik och frekvensomvandlare av samma tillverkare, varför inga nya program måste införskaffas. Användningen av dator vid test och felsökning gör processen enklare eftersom man i programmet snabbt ser vilka in- och utgångar som är aktiverade i systemet i realtid.

Det mest tidskrävande med testningen av centralerna är in- och fränkopplingen av elmotorerna samt att flytta dem vidare till följande central. För att spara tid på detta skede kunde en testvagn vara effektiv. Då kan elmotorerna vara fastmonterade på ett nedre plan varifrån motorkablarna är lättillgängliga. På det övre planet kan datorn för programmering finnas, tillsammans med nödvändiga kablar för dataöverföring. Vagnen har alltså alla nödvändiga komponenter för programmering och testning av centralerna. Den kan då dras med och testa en central åt gången längs med arbetsbänken.

För inkoppling av elmotorerna krävs att man skruvar fast lösa kopplingstrådar med skruvar i frekvensomvandlarna eller kontaktorn. Genom att använda en anslutningsmetod som inte kräver att man skruvar fast trådarna kan man spara mycket tid. Man kan även byta ut motorkablarna som nu används till standardiserade mätkablar som tillåter anslutning av olika mätspetsar. Dessa mätkablar är även säkrare att hantera än kablar med lösa trådändar. Lämpliga anslutningspoler fästs då i motorerna så att man enkelt kan koppla i testkablarna, vilka i sin tur kopplas till mätspetsar som ska fästas i frekvensomvandlarna eller kontaktorer.

Det finns olika mätspetsar som är avsedda för mätning av elektronik, men som med tillräckligt hög strömtålighet även kan användas för testkörning. Viktig för anslutningarna är att de sitter fast ordentligt i anslutningsplintarna, så att de inte lossnar under testet. Anslutningsplintarna är oftast mycket trånga, vilket kräver smala anslutningar.

Krokodilklämmor används för att snabbt ansluta till kopplingsplintar och trådar. För att nå in till de kopplingsplintar som används till motoranslutningarna är de dock för stora för att kunna anslutas säkert.

Klämkrokar finns i olika storlekar och strömtålighet. De kan användas för att haka fast runt anslutningsskruven och på så sätt skapa en säker anslutning. Det går även lätt att avlägsna dem efter avslutat test. De är så smala att de enkelt kan monteras på anslutningsplintarna. Användning av klämkrokar sparar en hel del tid vilket borde effektiviserar testkörningen av centralerna. Klämkrokarna ska kunna fästas i en skruv med diametern 5 mm.

Strömtåligheten för testkablarna och –anslutningarna beräknas i bilaga 3 baserat på elmotorernas maxeffekter.

Enligt beräkningen går en ström på ca. 2,8 A i kabeln då motorn ger en maximal effekt på 1,5 kW. För att tillåta den höga startström som uppstår vid direktstart (utan frekvensomvandlare) används komponenter med en strömtålighet på 10 A.

Till testanläggningen behålls de gamla elmotorerna som är i användning för tillfället. De monteras på nedre planet av en vagn som kan dras längs med arbetsbänken. Vagnen kan även användas trots eventuella mattor för justering av arbetshöjd. Eftersom man inte behöver hantera elmotorerna vid testet så kan vagnen dras bakom mattorna.

Elmotorerna ansluts med testkablar av lämplig längd, som utrustats med klämkrokar för anslutning till frekvensomvandlare och kontaktorer.

4.5. Arbetsbänk

Arbetsytans bredd behöver rymma den största centralen i normal produktion. Eftersom den största modellen inte tillverkas i större serier kan den tvärställas för att rymmas på arbetsytan. En arbetsyta som är större än 800mm gör det svårt att nå, varför just 800 mm lämpar sig som maxbredd, vilket enligt kapitel 3.1. Arbetsobjekt ger tillräckligt med plats för centralerna. Längden på arbetsbänken blir 5000 mm baserat på tillgängliga ytor som behandlades i kapitlet om utrymme.

De mest väsentliga datan för att få en korrekt arbetshöjd fås ur tabell 1 i teorikapitel 3.4.1. Ergonomi Detta innebär att arbetsytan borde vara ställbar från 1080 mm till 1180 mm. Till detta bör även beaktas centralernas höjd, som vanligtvis är 200 mm. Höjden på arbetsytan borde därför vara 880–980 mm.

För justering av arbetshöjden kan man enligt teorikapitlet om arbetshöjd antingen konstruera en höj- och sänkbar arbetsbänk, eller justera underlaget. På grund av varierande mått på centralerna måste hela arbetsbänken ha samma höjd för att kunna utnyttja hela längden. Detta innebär att eventuell höjjustering måste vara densamma för hela längden. Om två personer arbetar vid arbetsbänken samtidigt måste de använda samma höjd, vilket inte alltid är optimalt. Om man istället varierar höjden på underlaget, kan man variera höjden i olika sektioner av arbetsbänken.

Som nämns ovan ska höjden kunna regleras med 100 mm. I teorikapitlet nämns att flertalet mattor staplade på varandra lätt blir ostabilt. Två mattor med höjden 50 mm, borde ge en tillräckligt stabil grund att stå på, samtidigt som man kan reglera arbetshöjden i tre lägen. Mattorna ska rymmas mellan arbetsbänkens ben för att enkelt kunna gömmas undan när de inte behövs. Mattorna kan förses med en bredare kant i bakre ändan, som hindrar den från att dras längre ut än bänkens ben. På så sätt kommer mattorna automatiskt att placeras i rätt läge när de tas fram.

Eftersom underlaget kommer att regleras, är arbetsbänken fast monterad på den högsta höjden enligt beräkningar, dvs. 980 mm.

4.6. Verktyg och material

Verktygen som i huvudsak används vid monteringen är följande:

- Bottenmall för märkning av monteringshål i bottenplåt.
- Borr och gängtapp för monteringshål i bottenplåt (skilt utrymme).
- Avbitare, skaltång och holktång för kopplingstrådar.
- Skruvmejsel eller skruvdragare för montering av komponenter och kopplingstråd.
- Fasta nycklar för montering samt åtdragning av kabelavlastare.

Verktygen som används för att preparera bottenplåten för montering används endast i början av tillverkningen. Bottenmallen skulle kunna placeras i början av produktionslinjen för att enkelt kunna hängas bort när den använts klart. Enligt kapitel 3.2. Belysning kan ljuset vara för starkt för hantering av blanka plåtar på produktionslinjen, varför detta skede flyttas till det rum där de även borras.

Användningen av skilda avbitare, skaltång och holktång är tidskrävande, eftersom man ofta tvingas byta mellan dessa. För att spara tid kan man använda en kombinerad avbitare och skaltång. Dessa verktyg är mest nödvändiga vid tillverkning av enskilda modeller, eftersom största delen är färdiga kopplingstrådar som används till de större serierna.

De fasta nycklarna behövs normalt i tre storlekar för åtdragningen. De storlekar som används på avlastarna är PG11, PG13,5 och PG16. Nyckelstorlekarna för avlastarna är 22/24 mm, 24/27 mm och 27/30 mm. Mutterstorleken för avlastarna är således samma som storleken på följande större avlastare, varför endast fyra storlekar behövs: 22, 24, 27, 30 mm.

Skruvmejslarna kan med fördel bytas ut helt mot skruvdragare, eftersom detta sparar mycket tid. Genom att använda alla nödvändiga bits till samma skruvdragare, minskar man även på antalet verktyg som behöver användas. Alternativen som är aktuella för denna applikation är elektriska och pneumatiska skruvdragare. Antalet skruvdragare som behövs beror på antalet personer som samtidigt arbetar vid arbetsstationen. I huvudsak gäller att alla arbetare har varsin skruvdragare, vilket innebär två stycken. Till skruvdragarna krävs två olika bits för att klara av de vanligaste skruvarna i styrcentralerna. Bitsen bör förvaras i anslutning till skruvdragaren för att enkelt kunna bytas.

När endast en person åt gången arbetar vid arbetsstationen kan man använda båda skruvdragarna och på så sätt undvika bitsbyte, vilket sparar tid. Normalt är det just en person som arbetar, varför det är rimligast att optimera antalet för det, för att undvika extra utgifter.

Pneumatiska skruvdragare lämpar sig bäst för fast montering där luftslangen inte stör hanteringen. För användning i balansblock med inbyggd luftslang är skruvdragaren mycket smidig. I denna tillämpning krävs mer flexibilitet när det kommer till större specialmodeller som inte kan monteras på någon arbetsbänk, utan måste stå på golvet. Detta gör ett pneumatiskt verktyg otympligt, varför en elektrisk skruvdragare lämpar sig bättre, vilket framkommer i teorikapitel 3.5. Verktyg.

4.6.1. Elektriska skruvdragare

Elektriska skruvdragare finns i två utföranden. Batteridrivna eller drivna på nätspänning. Batteridrivna lämpar sig bättre för monteringen eftersom det inte krävs så högt moment samt att det ger bättre flexibilitet vid användning. De verktyg som drivs på nätspänning kommer av samma anledning som de pneumatiska verktygen väljas bort i denna tillämpning.

För att montera kopplingstrådarna till komponenterna krävs som exempel följande moment:

Kontaktor Telemecanique LC1K0601M7: 1,3Nm (Schneider Electric, u.å.)

Frekvensomvandlare Vacon 10: 0,5 - 0,6Nm (Vacon, 2011)

Olika batteridrivna skruvdragare har letats upp och jämförts med tillverkarnas datablad. Faktorer som beaktats vid val av maskin är förutom de som nämns i teorikapitel 3.5.

Verkyg en mer utförlig lista av aspekter som är viktigt för denna tillämpning.

- Batterispänning: En låg batterispänning medför ofta ett mindre batteri, vilket gör maskinen mindre och lättare. Däremot får man ge avkall på effekten, vilket ofta leder till ett lägre vridmoment.

- Laddtid: Litium-jon-ackumulatorer är mycket effektiva och håller längre än vanliga blyackumulatorer, den största skillnaden mellan dem är hur länge det tar att ladda dem.
- Varvtal: En del modeller har endast en hastighet, medan några har två olika hastigheter som kan vara bra beroende på vad man skruvar.
- Vridmoment: Olika komponenter kräver olika moment. Viktigast är att maskinen har så högt vridmoment att den klarar av att spänna alla skruvar på komponenterna
- Chuck: För snabbt byte av bits när man byter komponent är en snabbchuck ett måste. Med en sådan kan man enkelt byta bits med enhandsgrepp.
- Vikt: En för tung maskin blir jobbig att hantera i längden, därför är det viktigt med en låg vikt för att orka hantera maskinen hela dagen utan större påfrestning på handleden.
- LED: Belysningen på arbetsstationen är planerad på så sätt att ingen extra belysning krävs. Vid tillverkning av specialmodeller kan en LED-lampa underlätta.
- Momentinställning: För att kunna förlita sig på maskinens momentinställning behöver man kunna ställa in detta så att kopplingstrådarna sitter fast ordentligt utan risk för att man skruvar sönder gängorna i komponenten. Fler momentinställningar ger bättre möjlighet till korrekt moment, vilket ger en mer mångsidig maskin.
- Form: Skruvdragare kommer i olika utföranden, vilket ger möjlighet till olika grepp. En rak skruvdragare är ofta att föredra eftersom när man skruvar på en horisontell arbetsyta ger det en normalare vinkel på handleden och mer avslappnade axlar jämfört med en pistolformad.

Viktigast för en bra skruvdragare är att den har rätt vridmoment, kort laddningstid, bekväm form samt att den är lätthanterlig. Dessa punkter kommer således att väga tyngst i valet av maskin. Jämförelsetabell över de utvalda skruvdragarna, med ovanstående kriterier finns i bilaga 1.

Den skruvdragare som beslutades användas är Hitachi DB3DL2. Detta eftersom den hade möjlighet till ett rakt grepp, kort laddningstid och många momentlägen. Dessutom ger den lägre spänningen relativt Makita DF010DSE, ger ett mindre batteri och en lättare maskin. Det lägre momentet minskar inte på användbarheten för de komponenter som används.

4.6.2. Verktygsplacering

För att underlätta anslutningen av kopplingstrådar bör man ha skruvdragarna så lättillgängliga som möjligt. En metod är att montera dem i balansblock som fästs ovanför arbetsbänken i en skena som tillåter att man flyttar dem från sida till sida. På så sätt är de alltid tillgängliga och balansblocken ser till att returnera dem till ursprungsläge efter användning. Antalet verktyg som kan monteras på skenan är ganska begränsat, för att inte skapa mer oreda än tidigare. Därför måste övriga verktyg placeras på annat ställe.

Övriga verktyg borde placeras så nära arbetaren som möjligt för att underlätta användningen och minska stora kroppsrörelser, vilket framkommer i kapitel 3.6.2. Systematisera. Användning av verktygsbälte innebär att man alltid bär verktygen nära kroppen och de är lättillgängliga. Dessa har dock inte plats för allt material som används, vilket skulle kräva användning av extra förvaringslådor.

Användningen av en verktygstavla som placeras bakom arbetsbänken ger visserligen lättillgängliga verktyg, och ger en god uppsikt över dem. Däremot blir avståndet till tavlan för långt, och man tvingas sträcka sig. Verktygen får enligt kapitel 3.4. Ergonomi placeras max 640 mm från arbetaren och arbetsbänken måste vara 800 mm djup.

Ett annat alternativ är användningen av en verktygsvagn som man drar efter sig, och som innehåller nödvändiga verktyg och material. Att dra vagnen blir arbetsamt i längden och försvåras dessutom av de mattor som ska användas för att justera arbetshöjden.

Genom att få en vagn som är fri från golvet och löper längs med arbetsbänken löser man detta problem. Vagnen ska innehålla endast de verktyg och det material som används vid ett visst arbetsmoment för att göra den lätt att flytta. Enligt teorikapitlet nämns även att händerna helst ska röras symmetriskt för att få en god ergonomi. Detta innebär att materialet ska placeras på båda sidor om arbetaren. Genom att fördela materialet i likadana förvaringslådor som lätt kan fästas och avlägsnas från vagnen kan man enkelt byta mellan olika arbetsmoment. Att tillverka en rullskena som löper längs med arbetsbänken ger en verktygsvagn som ser till att verktygen alltid finns tillgängliga och följer med arbetarens rörelser.

Längs med arbetsbänkens yttre kant monteras därför en metallskena som förses med en rullskena som kan röras fritt längs med hela bänkens längd. Rullskenan består av en bockad plåt som tillåter snabb infästning av förvaringslådor av plast. Arbetaren kommer att

stå i mitten av rullskenan och ha möjlighet att fästa två lådor på var sida om sig. Lådorna innehåller det material och de verktyg som är nödvändiga för pågående arbetsmoment.

Verktyg och material kan förvaras i sina respektive lådor under arbetsbänken så att det går snabbt att byta när man byter arbetsmoment. Användningen av vanliga förvaringslådor underlättar även vid tillverkningen av specialmodeller, eftersom dessa lådor används även för förvaring av alla övriga elektronikkomponenter. Enligt teorikapitel 3.6.2. Systematisera är det viktigt att förvaringsutrymmet ska vara stort i förhållande till de verktyg som förvaras där, så att det är fysiskt lätt att ta tag i och returnera dem. Förvaringslådorna ska därför endast innehålla ett fåtal verktyg.

Fortsättningsvis nämns att verktyg kan färgkodas för att lätt se vilka verktyg som används tillsammans eller i samma skede. Eftersom verktygen kommer att förvaras i lådor i den ordning de används kan man i stället färgkoda lådorna samt deras platser så att man snabbt ser var verktyg och material ska förvaras.

Verktygen som kommer att användas på arbetsstationen är följande:

- Två stycken skruvdragare med tillhörande bits. Dessa monteras i balansblock som fästs i en glidskena mellan ljusarmaturen och väggen. Avståndet från arbetsbänkens kant till glidskenan ska vara max 640 mm.
- Kombinerad avbitare och skaltång samt en holktång placeras i en skild förvaringslåda.
- Fasta nycklar för ihopmontering av centralernas lådor placeras i en skild förvaringslåda.

Material som kommer att förvaras vid arbetsområdet är följande:

- Rullar med kopplingstråd förvaras på skilda hängare.
- Kopplingstråd i färdiga längder förvaras i skilda förvaringslådor sorterade enligt färg och längd.
- Holkar i nödvändiga storlekar placeras i en skild förvaringslåda.
- Skruvar och muttrar förvaras i skilda förvaringslådor.
- Mindre komponenter förvaras i skilda förvaringslådor.
- Större komponenter placeras direkt i förvaringshyllan under arbetsbänken.

Ritningar som används i kopplingskedet är utskrivna på A4-sidor. Dessa bär man vanligtvis med sig från central till central, men någon speciell plats för dem finns inte. Det kan man lösa enkelt med en list som löper längs med väggen bakom arbetsbänken. Lister för att fästa papper finns i en mängd olika utföranden och längder och gör det enkelt att hänga upp och byta sida på ritningen. Enligt tabell 1 i teorikapitel 3.4. Ergonomi anges den maximala ögonhöjen till 1580 mm, vilket kommer att användas som höjd på ritningslisten. Vid behov kan ritningarna skrivas ut i storlek A3 för att göra dem tydligare.

4.7. Miljö

Miljöaspekter som främst behandlas i detta projekt är energi och avfall. Eftersom belysningens energiaspekter redan beaktats med ett noggrant avgränsat arbetsområde, kommer följande avsnitt hantera den interna avfallshanteringen. Detta med mål att avfallet ska bli en naturlig del av produktionen, utan att störa flödet.

Avfallet som uppstår under produktionsförloppet är av varierande art. Till en början består det av förpackningsmaterial som följer med alla komponenter. Detta sorteras som brännbart avfall och paff och förekommer ofta i stora mängder, vilket gör det svårt att få plats med i produktionen. Genom att packa upp alla komponenter innan arbetet påbörjas, och förvara de upppackade komponenterna i givna hyllor, kan man avlägsna allt förpackningsmaterial innan själva produktionen kommer igång.

Under arbetets gång är det främst överblivna kopplingstrådar och deras isolering som orsakar avfall. Kopplingstrådarna ska sorteras skilt från övrigt avfall. Vanligtvis är det frågan om korta bitar som faller på golvet och senare måste sopas upp.

Enligt teorikapitel 3.6.4. Standardisera kan man undvika oreda genom att göra det svårt att felplacera material. Detta kan även tillämpas på avfallet. Det nämns även att man ska försöka ta sig så nära problemet som möjligt för att minska på mängden städning. Spill från kopplingstrådarna sker när de kapas till rätt längd och när man skalar dem. Detta arbetsmoment kan inte avlägsnas, utan spillet måste hanteras på annat vis. Ett vanligt avfallskärl kan användas, men det kräver att man samlar upp spillet och för det till kärlet.

Genom att placera kärlet närmare felkällan, kan man få uppsamlingen att skötas nästintill automatiskt. Som nämns i kapitel 4.6. Verktyg och material kommer en rullskena att hålla verktyg och material nära arbetaren. Eftersom skenan planeras för två förvaringslådor per sida, så kan en av dem bytas ut till ett litet avfallskärl. Spillet faller då direkt ner i avfallskärlet och behöver inte samlas upp manuellt.

5. Resultat och tolkning

I detta kapitel presenteras resultatet av planeringsarbetet som gjorts i tidigare kapitel, samt hur arbetsstationen kommer att konstrueras i praktiken.

5.1. Montering

Monteringen av arbetsstationen kommer att ske under sommaren 2013. För att följa de riktlinjer som presenterats i detta arbete kommer arbetsstationen att byggas upp från grunden. Detta innebär att stommen konstrueras av träplankor som sågas upp på plats. Metallprofiler för infästning av ljusarmaturer, glidskenor för balansblock samt rullskenor kommer att specialtillverkas för ändamålet. De delar som kommer att köpas färdiga är ljusarmaturer, förvaringslådor samt de verktyg som ska komplettera nuvarande utrustning.

Resultatet av planeringen har sammanställts i en ritning över hur arbetsstationen kommer att se ut. Ritningen är inte slutgiltig, eftersom korrekta mått på ljusarmaturer samt övrig utrustning saknas. Själva arbetsbänkens mått är däremot korrekta. Ritningen finns i bilaga 4.

5.2. Utvärdering

Målet med arbetet var att planera en arbetsstation som skulle vara speciellt framtagen för de produkter som tillverkas i företaget. Den skulle ha en god ergonomi, korrekt belysning och göra produktionen smidigare. Arbetet har genomförts med vikt på styrcentraler, eftersom det redan i ett tidigt skede konstaterats att en arbetsstation som dessutom är utformad för givare och manöverdon blir en kompromiss som leder till ett sämre slutresultat.

På grund av den varierande produktionen har inga konkreta tester utförts på nuvarande produktion, utan för- och nackdelar med den gamla arbetsstationen är baserade på egna erfarenheter. En snabbare produktion var inte huvudmålet med arbetet, varför noggrannare tidtagning inte utförts. Eftersom den nya arbetsstationen är större och har bättre verktygs- och materialförvaring samt återfjädrande skruvdragare, något som tidigare saknades, kan man anta att produktionen sker effektivare.

Aspekter som konkret har uppmätts är ljusstyrka, arbeshöjd samt arbetsstationens storlek. Alla dessa aspekter har beaktats vid planeringen och enligt den teori som studerats kommer de att ha förbättrats. De övriga delarna i planeringen kommer att utvärderas baserat på kritik från arbetarna och mig själv, samt förbättras utgående från detta.

På grund av att nuvarande arbetsbänk står på hjul, finns även möjlighet att flytta den så att båda arbetsstationerna kan köras parallellt. Detta innebär att man när den nya arbetsstationen är klar, kan testa och jämföra samt eventuellt mäta skillnader mellan dem. Då kan man fastställa om arbetet har resulterat i en förbättring.

6. Diskussion

Projektet har på många sätt varit lärorikt, eftersom jag har fått fördjupa mig i de olika delmomenten och ta reda på de bästa lösningarna baserat på de källor jag studerat. Dessutom har jag sammanställt dessa till en fungerande helhetslösning. Detta har inneburit en del kompromisser, vilket gjort att jag har fått fundera på vilka aspekter som väger tyngst inom de olika områdena.

En av anledningarna till att jag valde just detta projekt var att jag tidigare arbetat ganska mycket med produktionen av styrcentralerna. Detta har gjort att jag genom eget arbete hittat brister i det nuvarande systemet. Jag har därför även tidigare haft en bild av hur arbetsstationen skulle kunna förbättras. När detta arbete påbörjades trodde jag mig ha en ganska bra bild av vad jag ville åstadkomma. När jag sedan började fördjupa mig i ämnet genom att studera litteratur och färdiga lösningar, började jag snabbt tänka i andra banor.

Problemen med den nuvarande arbetsstationen förblev visserligen de samma, men lösningarna blev troligtvis mycket mer genomtänkta och bättre än vad jag ursprungligen hade tänkt.

En annan anledning till att jag valde detta ämne var att jag kommer att montera ihop arbetsstationen under sommaren 2013 och sedan även arbeta vid den. Detta innebär att jag själv kommer att kunna ta del av resultatet och se en eventuell förbättring på de problem som jag tidigare upptäckt.

Resultatet av arbetet blev specifikt utformad för styrcentraler. Efter att arbetsstationen tagits i bruk och utvärderats kommer jag troligtvis att kunna tillämpa stora delar av planeringsarbetet även för andra uppgifter. Detta främst för framtida förbättringar av företagets övriga produktion.

Källförteckning

Arbetshälsoinstitutet (u.å.). *Arbetsplatsmatta*. [Online]

<http://www.ttl.fi/sv/ergonomi/databas/industri/Documents/arbetsplatsmatta2.pdf>

(Hämtat: 6.3.2013).

Arbetshälsoinstitutet (u.å.). *Luiskalla varustettu seisomakoroke*. [Online]

<http://www.ttl.fi/fi/ratkaisupankki/Sivut/details.aspx?luokka=Ergonomia&aihealue=Teollisuuden%20alan%20ergonomiaratkaisut&item=186>

(Hämtat: 21.2.2013).

Arbetshälsoinstitutet (u.å.). *Seisomakoroke korkeusmerkinnällä*. [Online]

<http://www.ttl.fi/fi/ratkaisupankki/Sivut/details.aspx?luokka=Ergonomia&aihealue=Teollisuuden%20alan%20ergonomiaratkaisut&item=187>

(Hämtat: 21.2.2013).

Duodecim (2013). *Neuvonta: työkalujen valinta*. [Online]

http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=nix00697

(Hämtat: 22.2.2013).

Månsson, L. & Svensson, R. (2010). *Ljus & Rum: Planeringsguide för belysning inomhus*. andra utgåvan red.:Ljuskultur.

Omron (2013). *CX-One*. [Online]

http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/automation_systems/software/configuration/cx-one/default.html

(Hämtat: 4.3.2013).

Pulat, B. M. & Alexander, D. C. (1991). *Industrial ergonomics: case studies*. s.l.:Industrial Engineering and Management Press..

Rubin, M. (1996). *5S for Operators: 5 pillars of the visual workplace*. s.l.:The Productivity Press Development Team.

Schneider Electric (u.å.). *Industriell Automation*. [Online]

<http://ecatalogue.schneider-electric.se/ProductSheet.aspx?productId=25537&groupid=116890&navid=26132&navoption=2>

(Hämtat: 26.2.2013).

Vacon (2011). *Vacon 10 User Manual*. [Online]

http://www.vacon.com/ImageVaultFiles/id_2862/cf_2/Vacon-10-User-Manual-DPD00717C2-EN.PDF?634852851180070000

(Hämtat: 7.3.2013).

Vacon (u.å.). *PC tools for Vacon AC drives*. [Online]

<http://old.vacon.com/Default.aspx?id=463669>

(Hämtat: 4.3.2013).

Tillverkare	Black & Decker			BOSCH			HITACHI	Makita
Namn	KC460LN	KC36LN	BDCS36G	PSR 7,2 LI	Mx2Drive	IXO	DB3DL2	DF010DSE
batterispänning (V)	3,6	3,6	3,6	7,2	3,6	3,6	3,6	7,2
laddtid (h)	12	12	-	5	-	5	0,5	0,5
varvtal (1/min)	180	180	180	240	150 - 580	215	200 - 600	200 - 650
vridmoment 1 (Nm)	3,2	3,4	3	6	5	3	5	3,6
vridmoment 2 (Nm)	7,7	-	-	10	10	4,5	5,6	5,6
chuck	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"
vikt (kg)	-	-	-	0,5	0,5	0,3	0,4	0,55
LED	1	-	1	1	1	1	1	1
momentinställning	-	-	-	-	-	-	21	21 + borr
form	pistol	3-lägen	pistol	pistol	pistol	pistol	rak/pistol	rak/pistol
tillbehör				laddare, 10 bits, väska		laddare, 10 bits	laddare, bits, väska	
Källförteckning	Hämtade 20.3.2013							
KC460LN	http://www.blackanddecker.se/powertools/productdetails/catno/KC460LN/info/specifications/							
KC36LN	http://www.blackanddecker.se/powertools/productdetails/catno/KC36LN/info/specifications/							
BDCS36G	http://www.blackanddecker.se/powertools/productdetails/catno/BDCS36G/info/specifications/							
PSR 7,2 LI	http://www.bosch-do-it.se/boptocs2-se/G%C3%B6-det-sj%C3%A4vare/Verktyg/SE/sv/hw/sladdlös+skruvdragare/95232/PSR+7,2-LI/21165/3165140488211/							
Mx2Drive	http://www.bosch-professional.com/se/sv/gsr-mx2drive-24639-ocs-p/							
IXO	http://www.bosch-do-it.se/boptocs2-se/G%C3%B6-det-sj%C3%A4vare/Verktyg/SE/sv/hw/Sladdl%C3%B6s+skruvdragare/95283/IXO/29216/3165140684408/							
DB3DL2	http://www.hitachi-powertools.co.uk/assets/datasheets/DB3DL2.pdf							
DF010DSE	http://www.makita.se/tool/14931/DF010DSE.html							

Beräkning av lux-tal för att bibehålla rekommenderad ljusstyrka efter service life (80%)

$$x := \frac{500lx}{80\%} = 625lx$$

Subtraherar ljusstyrkan från nuvarande ljusarmaturer

$$E := x - 157lx = 468lx$$

h : avståndet från arbetsbänken till ljusarmaturen

$$h := 1.02m$$

r : avståndet från ljusarmaturen till väggen,

a : arean för det cirkulära området med radien r

$$r := 0.5m$$

$$a := \pi \cdot r^2 = 0.785m^2$$

α : vinkeln mellan normalen och ljusstrålarna som täcker radien r mätt i radianer

$$\alpha := \operatorname{atan}\left(\frac{r}{h}\right) = 0.456\text{rad}$$

I : ljusstyrkan för ljuskällan

$$I := \frac{E \cdot h^2}{\cos(\alpha)} = 542.261\text{cd}$$

ω : rymdvinkeln mätt i steradianer

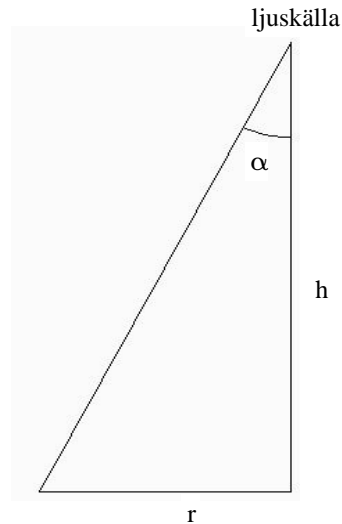
$$\omega := \frac{a}{h^2} = 0.755 \text{ sr}$$

φ : ljusflöde för ljuskällan mätt i lumen

$$\varphi := I \cdot \omega = 409.353\text{lm}$$

Strålningsvinkel för arbetsytan mätt i grader

$$\frac{\alpha \cdot 360^\circ}{\pi} = 52.228^\circ$$

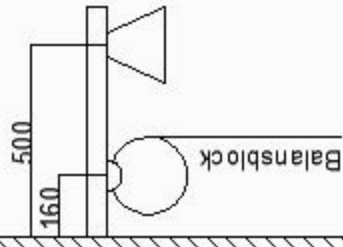


$U_h := 400V$ (huvudspänning)

$P_{motor} := 1500W$ (motorns märkeffekt)

$\cos\varphi := 0.78$ (motorns fasvinkel)

$$I_{fas} := \frac{P_{motor}}{\sqrt{3} \cdot U_h \cdot \cos\varphi} = 2.776A \quad (\text{motorns fasström})$$



800

Förvaringslåda
på skena

240

140



Ritningslist

5000

Förvaringslåda

Utrymme för mattor

2000

1580

980