

Utveckling av kvalitetsgranskningsutrustning

Oskar Vuoristo

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)

Utbildningsprogrammet för maskin- och produktionsteknik

Vasa, 2019



EXAMENSARBETE

Författare: Oskar Vuoristo
Utbildning och ort: Maskin- och produktionsteknik, Vasa
Handledare: Markus Clemes, Optinova
Kenneth Ehrström, Novia

Titel: Utveckling av kvalitetsgranskningsutrustning

Datum 20.02.2019

Sidantal 41

Bilagor 2

Abstrakt

Examensarbetet gick ut på att undersöka och utveckla en maskin som används i kvalitetskontrollen av den färdiga produkten dvs olika dimensioner av plastslang. Maskinen används för att syna slangen för eventuella defekter samt att mått toleranserna uppfylls. Denna maskin används praktiskt av de anställda så en säker och enkel konstruktion är ett krav.

Arbetet inleds med en kort presentation av lösningen i dagsläget och dess för- och nackdelar, de teoretiska grunderna för olika lösningsalternativ och möjliga tillvägagångssätt med för- och nackdelar. Den teoretiska delen av detta arbete fungerar som en referens och grund för de resultat som har tagits fram.

Sist i detta arbete presenteras resultatet med olika former av hjälpmedel och förklarande text för att uppnå det mest gynnsamma lösningarna, i enlighet med resultaten presenteras även konstruktionen i ett enskilt kapitel där de tekniska och praktiska lösningarna för olika delfunktioner presenteras.

Slutligen resulterade examensarbetet i 3D-modeller och den praktiska tillverkningen av konstruktionen. Konstruktions grunden tillverkades i stor utsträckning av modellära aluminiumprofiler mtp. flexibiliteten för operatören och för att snabbt kunna utföra ändringar och justeringar på konstruktionen utan maskinellbearbetning eller svetsning.

Den slutgiltiga konstruktionen består av en justerbar arbetshöjd för bekvämare arbetsställning och för att förhindra eventuellt slack på slangen så används en vertikalpotentiometer som justerar varvtalet på den avspolande sidan.

Språk: Svenska

Nyckelord: Utveckling, kvalitetsgranskning, mätning

BACHELOR'S THESIS

Author: Oskar Vuoristo
Degree Programme: Machine and production engineering, Vasa
Supervisor(s): Markus Clemes, Optinova
Kenneth Ehrström, Novia

Title: Development of quality auditing equipment

Date 20.02.2019

Number of pages 41 Appendices 2

Abstract

This thesis was based on the examination and development of a machine that is used in the quality control of the finished product, i.e. different dimensions of plastic tubing. The machine is used to examine the plastic tubing for defects and that the dimensions of the tolerances are met. This machine is practically used by the employees, so a safe and simple construction is a requirement.

The work begins with a brief presentation of the solution at present and its pros and cons, the theoretical bases for different solution options and possible approaches with their pros and cons. The theoretical part of this thesis serves as a reference and basis for the results that has been obtained.

Last in this thesis, the results are presented with various forms of assistive tools and explanatory text to achieve the most favorable solutions, in accordance with the results, the design is also presented in a chapter where the technical and practical solutions for different subfunctions are presented.

The final thesis resulted in 3D-models and the practical manufacturing of the construction. The base construction was mostly made of aluminum profiles. This yielded the operators flexibility and personalization and to be able to quickly make changes and adjustments to the construction without any machining or welding.

The final construction consists of an adjustable working height for a more comfortable working position and to prevent possible slipping of the hose, a vertical potentiometer is used which adjusts the rotation speed of the unwinding side.

Language: Swedish Key words: Development, quality review, measurement

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Förklaringar.....	1
1.2	Bakgrund	1
1.3	Syfte	2
1.4	Avgränsningar	2
1.5	Företagsbeskrivning	2
1.6	Disposition	3
2	Teori	3
2.1	Tidigare lösningar	3
2.2	Olika tillverkningsmetoder.....	4
2.3	Produktutveckling.....	5
2.3.1	Arbetsättet.....	5
2.4	Axelkopplingar	7
2.4.1	Elektromagnetisk koppling.....	7
2.5	Potentiometer.....	9
2.6	Mätning	10
2.6.1	Längdmätning.....	10
2.6.2	Diametermätning.....	11
2.7	Ergonomi	14
2.7.1	Arbetshöjd.....	14
2.7.2	Arbetsavstånd.....	15
2.8	Säkerhet	16
2.8.1	Intern CE-märkning.....	17
2.8.2	Felmods- och effektanalys.....	18
3	Metod.....	19
3.1	Intervjuer.....	19
3.2	Enskilda åsikter.....	19
3.3	Observation	19
3.4	Använda maskinen själv.....	19
3.5	Möten	20
4	Resultat	20
4.1	Kravlista	20
4.2	Konceptgenerering.....	22
4.3	Elimineringsmatris.....	23
4.4	Koncept slutsatser	23
4.4.1	Variant 1.....	23

4.4.2	Variant 2.....	24
4.4.3	Variant 3.....	24
4.5	FMEA-analys.....	25
5	Konstruktion.....	27
5.1	Axelkoppling.....	28
5.2	Potentiometer.....	29
5.3	Längdmätning.....	30
5.4	Diametermätning.....	32
5.5	Kontrollpanel.....	33
5.6	Ergonomi.....	35
5.7	Säkerhet.....	36
6	Diskussion.....	37
6.1	Problemområden.....	37
6.2	Vidare utveckling.....	39
6.3	Slutsats.....	40
7	Källförteckning.....	41

Bilageförteckning

Bilaga 1 FMEA-analys

Bilaga 2 Ritningar

Figurförteckning

Figur 1, PTFE-processen	4
Figur 2, Konstruktionsparadox (Produktutveckling 2017)	6
Figur 3, Elektromagnetisk partikelkoppling (Kamm, 1996).....	8
Figur 4, Hystereskoppling	8
Figur 5, Svejstrålemikrometers arbetsprincip (Mätgivare 1996)	12
Figur 6, Skillnaden mellan 2- och 3-axlig lasermätare (Zumbach)	13
Figur 7, Lämplig arbetshöjd, (Ergonomi för ett gott arbete)	15
Figur 8, Arbetsavstånd, (Ergonomi för ett gott arbete)	16
Figur 9, Kravlista	21
Figur 10, Morfologisk konceptgenereringsmatris	22
Figur 11, Lösningalternativ.....	22
Figur 12, Elimineringssmatris	23
Figur 13, Konstruktion, komponentbeskrivning, framifrån	27
Figur 14, Konstruktion, komponentbeskrivning, bakifrån.....	27
Figur 15, Elmotorn- och växellådans specifikationer (Lenze)	28
Figur 16, Elmotor, växellåda och axel.....	28
Figur 17, Potentiometer	29
Figur 18, Potentiometer, detaljbeskrivning	29
Figur 19, Längdmätningssystem.....	30
Figur 20, Elektronisktråkneverk, detaljbeskrivning.....	31
Figur 21, Zumbach ODAC 33TRIO	32
Figur 22, Kontrollpanel	33
Figur 23, Kontrollpanel, detaljbeskrivning.....	35

1 Inledning

Detta examensarbete är gjort till det åländska företaget ScanTube AB. Arbetets praktiska aspekter utfördes på arbetsplatsen och den teoretiska delen utfördes på distans. Denna arbetsplats är bekant för mig då jag arbetat där förut.

Anledningen till detta utvecklingsarbetet grundar sig på att kvalitetsgranskningsprocessen som de använder sig av i dagsläget inte är fullt så strömlinjeformat som det kunde vara. I processen finns inte mycket rum för personliga preferenser ur en ergonomisk synpunkt samt mätningar av längd och diameter inte utförs på ett väldigt effektivt tillvägagångssätt.

1.1 Förklaringar

Här redogörs vissa ord som inte förklaras i texten för att göra läsningen enklare och mera flytande. Orden som används i examensarbetet är:

PTFE	En förkortning av materialet polytetrafloureten
YD/ID	Ytter- och innerdiameter
Spolbock	Arbetsstationen som används vid kvalitetskontrollen av slangen
Spole	En spole på vilken slangen rullas upp
Nafta	Råbensin
EMK	Elektromagnetisk koppling

1.2 Bakgrund

Detta projekt har varit aktuellt under en längre tid. De maskiner som används idag har konstruerats samt tillverkats för ca. 20 år sedan och har använts aktivt uppskattningsvis åtta timmar per dag så slitaget är ett faktum.

Dessa maskiner som de i nuläget använder går inte att justera såpass mycket att de anställda kan arbeta optimalt ur en ergonomisk synpunkt. Exempel på detta är att höjden är fastställd på borden och man kan enbart använda maskinerna åt ett håll, spola av från höger och spola upp slangen på en spole till vänster, vilket gör att de oftast sitter med ryggen och överkroppen svängda till vänster. Detta resulterar i påfrestningar i ländryggen.

1.3 Syfte

Huvudsyftet med detta arbete är att utveckla och tillverka en ny variant av spolbocken. Företaget vill gärna testköra den nya varianten, upptäcka möjliga brister och sedan ifall de anställda är nöjda med slutprodukten så är målet att tillverka flera nya maskiner och byta ut de gamla inom en snar framtid.

Mitt första delsyfte är att undersöka drivningen av spolarna t.ex. elektromagnetiska kopplingar, vanliga lamellkopplingar eller någon form av vertikal potentiometer som skulle styra elmotorernas varvtal.

Mitt andra delsyfte är att undersöka mätningen av längd- och ytterdiameter på slangen. Idag utförs längdmätningen mekaniskt av ett räkneverk som det finns vissa osäkerheter i och ytterdiametern mäts med mikrometer samt tolkar.

1.4 Avgränsningar

Avgränsningarna i detta arbete är att fokusera på att konstruera en spolbock som de anställda har fått vara delaktiga i att ha synpunkter och idéer på hur de skulle vilja utforma den. Eftersom detta är en maskin som används fysiskt av de anställda är enkel användning, säkerheten, ergonomin och effektiviteten mycket viktiga faktorer. I och med att det finns spolor som varierar från Ø200-800 mm och även slangen varierar från Ø1-25 mm så skall denna spolbockens nominella område vara för slang med en diameter mellan 2–10 mm. Att tillverka en spolbock som fungerar bra att använda till alla olika slangdimensioner ses som ett problem som inte går att lösa utan det kommer att finnas två varianter, en för mindre dimensioner och en för de grövre dimensionerna.

1.5 Företagsbeskrivning

Scantube började extrudera plastslang 1985 i Jomala på Åland. Året 1990 startades ytterligare en fabrik i Thailand. Det är ett av de ledande företagen internationellt inom extrudering av flourpolymerslangar för industriella användningsområden med kunder över hela världen. 1992 erhöll fabriken kvalitetsstandarden ISO9002 och 2005 erhöll de även ISO14001. Huvudkontoret flyttades 2012 från Schweiz till Sverige. Scantube ingår sedan 2015 i Optinova koncernen som nu har över 400 personer anställda globalt. (Optinova, 2018)

Deras PTFE-produkter kan tillverkas med en ytterdiameter i intervallet 0,2–25 mm och en vägg tjocklek från 0,03 mm upptill 2 mm. Termoplast-produkterna kan tillverkas med en

ytterdiameter i intervallet 0,6–110 mm och en vägg tjocklek från 0,1 mm upp till 5 mm. (ScanTube, 2018)

1.6 Disposition

Kapitel 1. Arbetet presenteras med inledning, bakgrund, syfte, avgränsningar och en företagsbeskrivning.

Kapitel 2. Det teoretiska underlaget för detta arbete presenteras.

Kapitel 3. De olika tillvägagångssätt som har använts för att utveckla ett resultat beskrivs.

Kapitel 4. Resultatet av arbetet presenteras.

Kapitel 5. Med grund för resultatet presenteras konstruktionen.

Kapitel 6. Arbetet avslutas med en diskussion kring utvecklingsarbetet.

2 Teori

I detta kapitel tas det upp vilka teoretiska områden som har varit viktiga att förstå innan slutsatser kan dras och de effektivaste metoderna kan väljas för de olika specifika problemen. De för- och nackdelar som presenteras i teoridelen är endast för detta specifika projekt, inget av för- och nackdelarna beskriver de olika konceptens helhet.

2.1 Tidigare lösningar

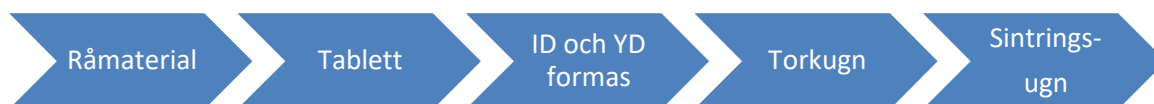
I dagsläget består företagets spolbockar av fyra stycken huvudkomponenter, stomme, elektriskt styrd lamellkoppling, pedal för hastighetsjustering och mekanisk längdmätning. På maskinen finns två stycken sidor den avspolande- och den uppspolande sidan. Båda sidorna är utrustade med elektriskt styrda lamellkopplingar.

Först placeras en spole med uppspolad slang från extrudern på den avspolande axeln och en tom spole på den uppspolande axeln. Maskinoperatören för in plastslangen i den mekaniska längdmätningen och fäster slangändan med en tejp bit på den uppspolande sidan. Då pedalen trycks ned aktiveras den uppspolande sidans elektriskt styrda lamellkoppling som sammankopplar axeln och elmotorn vilket då får axeln att börja rotera och föra över slang från ena sidan till den andra. Den avspolande sidans lamellkoppling är då fränkopplad och spolen snurrar fritt. Detta resulterar i att slangen börjar slacka. Vid korrekt angiven längd

släpper operatören pedalen och den avspolande sidans axel fortsätter att rotera vilket vid avspolningen av tunga och stora spolar resulterar i att slack bildas på slangen varpå operatörerna ofta måste stanna spolen förhand. Diametermätningen sker i allmänhet i början- och i slutet av processen med tolkar och mikrometrar. De uppmätta dimensionerna för inner- och ytterdiameter antecknas.

2.2 Olika tillverkningsmetoder

PTFE-slangen börjar som ett vitt pulver av PTFE-råmaterial vilket hör till huvudgruppen termoplaster. Råmaterialet blandas med en produktspecificerad mängd nafta och tillsatsämnen som påverkar slangens egenskaper. Då blandningen är korrekt så går råmaterialet vidare till följande steg där det hålls ned i ett rör i en press som sedan komprimerar materialet och får då ett cylinderformat utseende, dessa kallas för tabletter. Tabletternas storlekar varierar mellan diametrarna 25–160 mm och längderna 500–1000 mm därmed varierar vikten på tabletterna mellan 6,6–26 kg beroende på vilken extruder som skall tillverka slangen. Detta medför även att det finns en gräns för hur lång oavbruten slang som kan tillverkas utan skarvar. Sedan förs det pressade råmaterialet in i en extruder som pressar ut slangen där ett munstycke formar slangens ytterdiameter och en kanyl formar dess innerdiameter. I detta ögonblick är slangen väldigt spröd radiellt sett och hålls enbart ihop utav de axiella fibrillerna. Därför måste slangen först passera igenom en torkugn som torkar bort naftan från slangen pga. att om slangen har för hög procenthalt nafta när den passerar sintringsugnen så kan det uppstå torksprickor i slangen eller i värsta fall så börjar slangen brinna. Torkugnens temperatur är under smältpunkten för materialet och först vid sintringsugnen så närmas materialets smältpunkt och slangen förblir homogen.



Figur 1, PTFE-processen

Den konventionella metoden för extruderingen av termoplastslang består av plastpellets som hålls ned i en tratt på skruv extrudern som hettar upp dessa pellets tills de övergår till att vara flytande och sedan pressar skruven ut materialet över en kanyl som formar innerdiametern och en kalibrering som formar ytterdiametern på slangen. I och med att materialet fylls på i

tratten så kan teoretiskt slangen fås till önskad längd, utan skarvar. Efter detta stadiet passerar slangen en tät behållare fylld med vatten där ett undertryck har skapats, detta får slangen att hålla mått toleranser medan plasten kyls ned. Efter denna behållare passerar slangen oftast genom ett öppet kylkar med ett atmosfäriskt tryck. Sedan spolas slangen upp på spolar.

2.3 Produktutveckling

Begreppet produktutveckling används som gemensam beteckning för utvecklingen av olika typer av produkter och idéer med varierande egenskaper beroende på applikationsområdet som produkten skall användas inom. Det finns många hjälpmedel för designers och ingenjörer i detta område för vilka metoder och tekniker man kan följa för att produkterna skall utvecklas på ett korrekt sätt med de satta kraven och funktionaliteter som eftersträvas.

Samtliga produkter som skall utvecklas har en form av kravbild som är ihop komponerad av den potentiella kunden eller användaren, där sedan tillverkaren bestämmer hur komplicerad och kostsam produkten blir att tillverka samt hur prisbild och funktionaliteten mäter sig med konkurrenterna. (Johannesson, 2013)

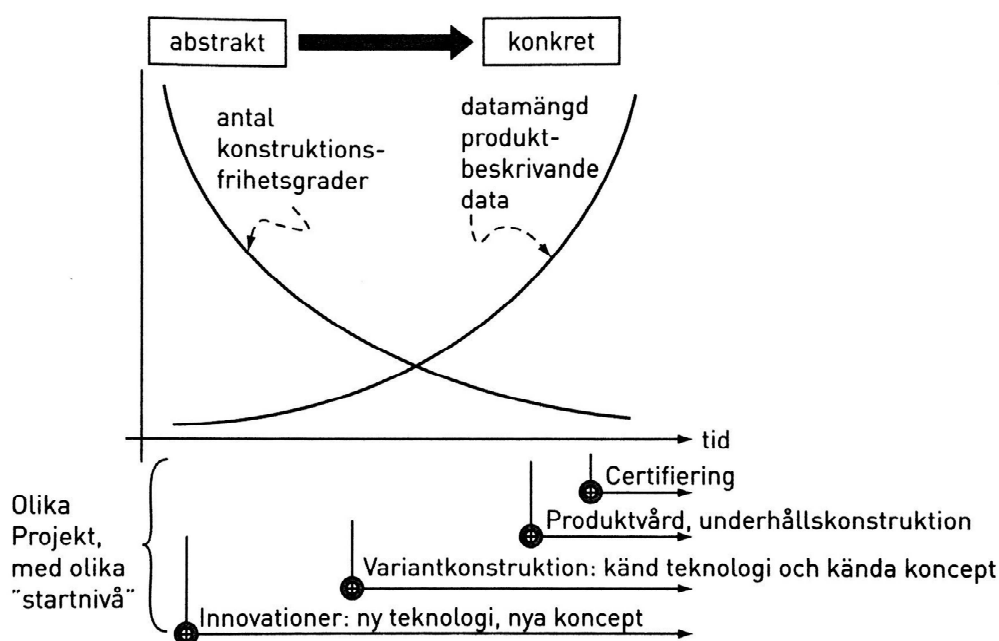
2.3.1 Arbetssättet

Utvecklingsprocessen är en typ av problemlösningsprocess, det finns tre stycken viktiga ord som bör besvaras vad – hur – varför, därefter diskuteras produktlivscykeln ur både tekniskt- och marknadsperspektiv. Modern produktutveckling görs idag huvudsakligen med ett antal grupper med personer som besitter olika kompetenser som tätt byter information och samarbetar gemensamt för att genomföra projektet från start till mål.

Det finns många olika tillvägagångssätt att besvara frågorna vad-hur-varför. Här nämns och beskrivs de metoderna som används i detta arbete. En kravlista bör utformas enligt kundernas eller användarnas tycke där teorisökning och undersökningar är av stor vikt, med hjälp av en kravlista har vad besvarats. Efter att en kravlista har tagits fram måste man besvara frågan hur vilket görs mha. en konceptgenerering där utgångspunkten är kravlistan och hur problemen skulle kunna lösas med ett antal olika helhetskoncept. För att sedan fastslå vilket koncept som är det mest lämpliga och som kan förverkligas görs en elimineringsmatris där samtliga koncept tas i beaktande och det starkaste konceptet väljs. (Ulrich, 2014)

I delprocessen konstruktion och design skapas produktlösningen med olika dellösningar som bör uppfylla de definierade behoven som har fastslagits i början av projektet.

Det finns ett uttryck inom produktutveckling som kallas för konstruktionsparadoxen. Om ett helt nytt koncept skapas så finns en stor frihet, däremot finns ingen produktdata såsom geometrier, material och lösningar. Detta kan göra det svårt att i ett tidigt skede av projektet överlägga angående produktionsmetoder innan man fastslagit produktens struktur, material, komponentval och geometri. Däremot för ett konstruktionsprojekt som grundar sig på ett känt koncept och tidigare lösningar finner man att begränsningarna är betydligt större med tanke på egen produktionsutrustning, olika leverantörer, interna standarder mm. Detta fenomen beskrivs med ett diagram i *Figur 2* nedan.



Figur 2, Konstruktionsparadox (Produktutveckling 2017)

Detta utvecklingsprojekt kunde placeras i kurvornas skärningspunkt då projektet har vissa ramar som baserar sig mycket på dagens konstruktion dvs. att konceptet är oförändrat men det utvecklas med ny teknologi. (Johannesson, 2013)

2.4 Axelkopplingar

Då man vill sammankoppla två olika axlar används axelkopplingar där rotationsrörelse och vridmoment kan överföras. Exempel på detta är:

- De två axlarna sitter på två olika maskiner.
- Axlar som är så pass långa att de bör vara delbara apropå tillverknings- eller monteringskäl.
- Enklare service av olika komponenter.

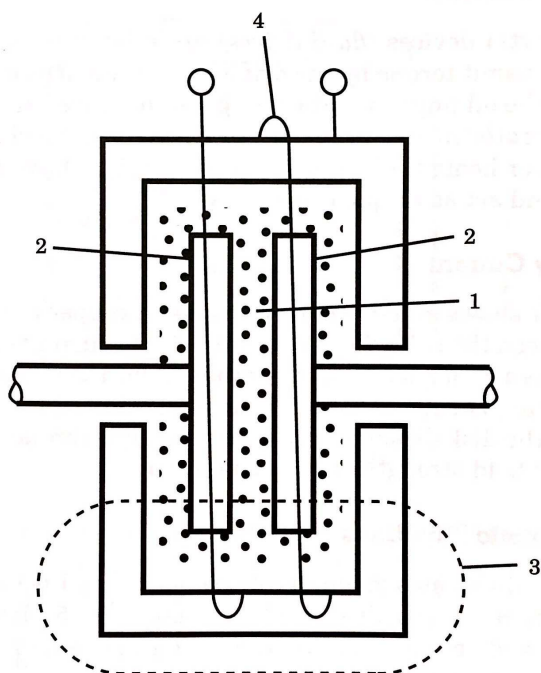
Huvudfunktionen för en koppling är att överföra moment och rotationsrörelse mellan två axeländar. Bifunktionen är en önskad egenskap för den särskilda kopplingen. Med kopplingar medföljer även att den skall uppfylla prestandakraven för olika situationer. (Mägi, 2017)

Det som används idag på de befintliga spolbockarna är s.k. elektroniskt styrda lamellkopplingar. Dessa typer av kopplingar är i- och urkopplingsbara under drift så det finns inte möjlighet till ett slirande stopp med tanke på spolarnas vikt som är varierande från 5–50 kg.

2.4.1 Elektromagnetisk koppling

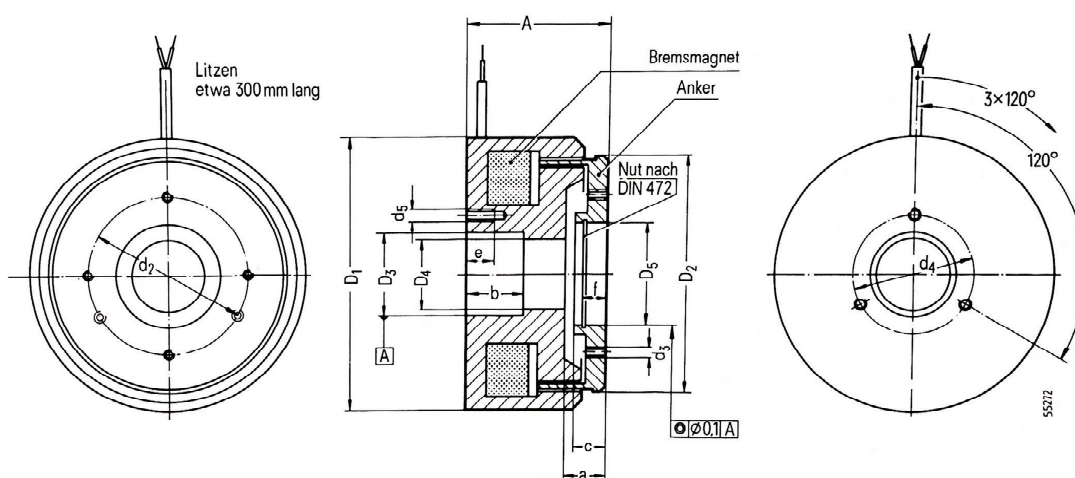
En elektromagnetisk koppling använder fältkrafter för momentöverföring, den är i grunden byggd som en kortsluten växelströmsmotor.

En elektromagnetisk partikelkoppling har flytande metallpartiklar omringade av olja mellan ett par av metallskivor, med ett justerbart magnetiskt fält. Då magnetspolen blir aktiverad dras metallpartiklarna till varandra och emot metallskivorna vilket skapar en justerbar och smord friktion i kopplingen. Mängden av friktion är enbart beroende av magnetfältets intensitet.



Figur 3, Elektromagnetisk partikelkoppling (Kamm, 1996)

En annan variant av elektromagnetiskkoppling är en s.k. hystereskoppling. Den använder sig av en rotor som är tillverkad av ett material med hög hysterese, rotorn roterar mellan polerna på en elektromagnet som har en justerbar spänning, därav kan momentet i kopplingen justeras. Då både in- och utgående axeln har samma rotationshastighet och någon av axlarna skulle prompt stanna så skulle momentet övervinna elektromagnetens kraft vilket resulterar i att axlarna får en viss glidning och bromsas. Det uppstår inget slitage i dessa kopplingar. (Kamm, 1996)



Figur 4, Hystereskoppling

Tabell 1, För- och nackdelar med tanke på användning i spolbocken.

Fördelar:	Nackdelar:
Ett justerbart vridmoment (teoretiskt) Fungerar som broms (teoretiskt)	Hög kostnad Service ovänlig Få leverantörer

Det finns elektromagnetiska kopplingar som har ett justerbart vridmoment i teorin. Detta skulle möjliggöra att den avspolande sidan konstant skulle kunna slira då momentet blev för stort och om momentet var det önskade skulle rotationshastigheterna vara likvärdiga. Vid ett snabbt stopp av maskinen skulle då denna koppling låta spolen slira ett visst antal grader för att motverka hackiga stopp.

Dessa kopplingar skulle i slutändan kosta ca 300% mera jämfört med t.ex. en linjärpotentiometer då det behövs två stycken kopplingar inklusive två stycken hållare eller lagerhus. Det finns få tillverkare av kopplingar av denna storlek att vända sig till vilket betyder att eventuellt underhåll och reservdelar kan medföra komplikationer.

2.5 Potentiometer

I detta projekt skulle en vertikalpotentiometer kunna användas för att justera varvtalet på den avspolande axeln i förhållande till den uppspolande axeln så att inget slack skulle bildas på slangen vilket är ett av de största problemområdena med de äldre maskinerna.

Definitionen av en potentiometer är att det är ett manuellt justerbart och variabelt motstånd som har tre olika anslutningar, två av dem är kopplade till det resistiva elementet och den tredje är ansluten till en rörlig detalj som justerar motståndet och därmed justerar den utgående spänningen.

En linjärpotentiometer fungerar enligt samma princip förutom att den rörliga detaljen som används i texten ovan enbart kan förflytta sig på en och samma axel vilket då varierar den utgående spänningen till elmotorn. (IEEE press, 2018)

Tabell 2, För- och nackdelar med tanke på användning i spolbocken.

Fördelar:	Nackdelar:
Direkt styrning av elmotorerna Låg inköpskostnad Underhållsfri	Oreda på spolen kan orsaka problem

Då potentiometerns vertikala position direkt påverkar den avspolande elmotorn så betyder detta att inget slack på slangen längre uppstår. Den lägre inköpskostnaden är en absolut jämförelse med en elektromagnetisk koppling. Potentiometern har en kompakt konstruktion och få defekter kan uppstå, vilket betyder att potentiometern är underhållsfri.

Om det uppstår trassel på den avspolande spolen och slangen vill följa med spolen ett till varv så kan detta resultera i att slangen sträcks och blir oduglig eller i värsta fall byter spolen rotationsriktning pga. den felaktiga signalen av potentiometern och en riskfylld situation kan uppstå.

2.6 Mätning

Mätning är ett väldigt brett område där man med en viss sorts metod bestämmer en storhet hos ett system t.ex. hastighet, temperatur, tryck, längd etc. Ett mätresultats riktighet bestäms av mätningens kvalitet dvs. mätosäkerheten.

2.6.1 Längdmätning

En längdmätning kan utföras på en mängd olika sätt beroende på objektet som skall mätas och mätosäkerheten.

Ett mekaniskt räkneverk består av tre huvudkomponenter, en roterbar axel, ett mät hjul och en räknare. Ett rotationsvarv på mät hjulet motsvarar på räknaren omkretsen på hjulet vilket ger en bestämd längd. När den önskade längden är uppnådd nollställs räknaren manuellt och processen kan börja om.

Tabell 3, För- och nackdelar med tanke på användning i spolbock.

Fördelar:	Nackdelar:
Låg kostnad	Ingen återkoppling
Underhållsfritt	Ingen justeringsmöjlighet

Det mekaniska räkneverket har en låg inköpskostnad och är underhållsfritt. Datainsamlingen är möjlig till pappers men det anses inte vara det mest effektivaste sättet. Ett mekaniskt räkneverk har ingen justeringsmöjlighet vid eventuell ändring av mät hjulets diameter eller omkalibrering om mätosäkerheten ökar med tiden.

Ett elektroniskt räkneverk består av en roterbar axel och en givare. Dessa räkneverk kan använda olika dimensioner på mätjulet då de är omprogrammerbara. Man kan även styra olika element med dessa räkneverk t.ex. i detta fall ange längden digitalt till en typ av datainsamling för dokumentation av mätvärdena. (Lindahl, 1996)

Tabell 4, För och nackdelar med tanke på användning i spolbock.

Fördelar:	Nackdelar:
Återkoppling kan fås Avläsningen sker digitalt Kan programmeras	Högre inköpskostnad

Möjligheten att samla in data av längden på en specifik order gör det möjligt att blicka bakåt i tiden för att bevisa kvalitetskontrollen vid eventuella dispyter. Ett digitalt räkneverk gör det möjligt att programmera spolbocken så att efter en önskad längd så stannar maskinen och operatören behöver inte kontrollera längden ständigt. Den höga inköpskostnaden är enbart en absolut jämförelse med det mekaniska räkneverket.

2.6.2 Diametermätning

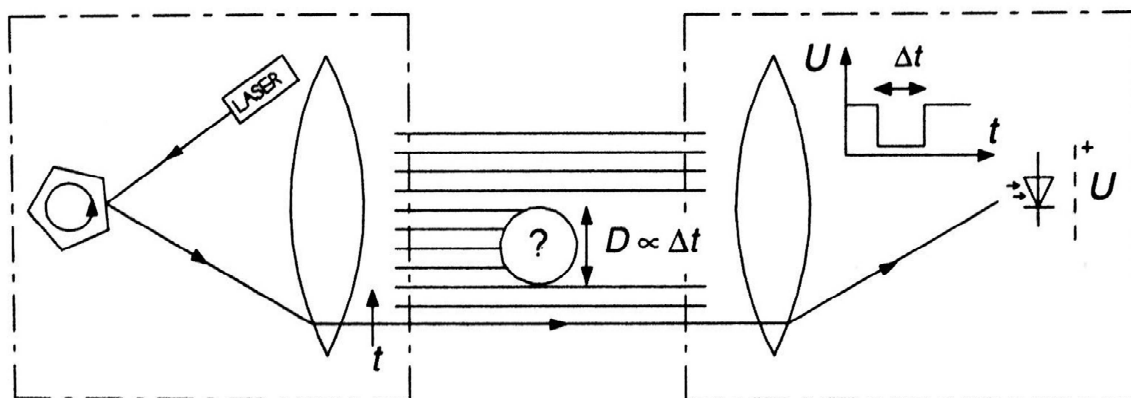
Mätningen av diametern kan utföras på olika sätt men eftersom dessa produkter vanligtvis har snäva mått toleranser så är det av stor vikt att eftersträva en liten mätosäkerhet. Den kan mätas manuellt med en mikrometer som stickprov vilket ger en uppskattning om avvikelserna.

Tabell 5, För- och nackdelar med tanke på användning i spolbock.

Fördelar:	Nackdelar:
Låg kostnad	Ett till moment för de anställda Hög mätosäkerhet Ingen återkoppling

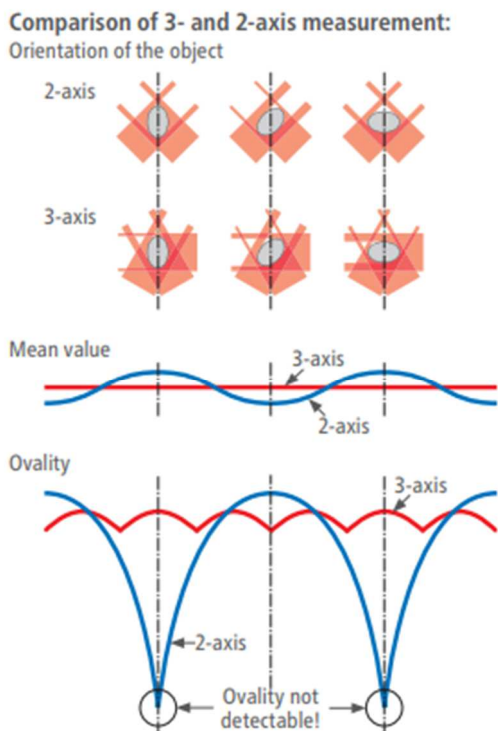
Den enstaka fördelen med detta tillvägagångssätt är kostnaden. Några nackdelar med detta tillvägagångssätt är att operatören manuellt måste stanna spolbocken och mäta. Vid mätning mha. en mikrometer är mätosäkerheten hög och påverkas direkt av operatörens noggrannhet. Möjligheten att samla in data för varje körning är förstås möjlig till pappers vilket endast ger en riktlinje för slangens dimensioner.

En lasermätare består fundamentalt av två viktiga delar, en sändardel och en mottagardel. Mätobjektet som införs i området mellan dessa delar avskärmar en del av mottagaren från sändaren. Inuti sändaren finns det en laserdiod, en spegel i form av en femsidig prisma och en lens. Då spegeln roteras kommer laserstrålen att förflytta sig vilket ger en svepande effekt över hela mätområdet.



Figur 5, Svepstrålemikrometers arbetsprincip (Mätgivare 1996)

Mottagardelen fokuserar hela tiden laserstrålen mot en fotodiod som inte får någon spänning då den avskärmas från lasern av mätobjektet vilket visar sig på den puls som kan avläsas från fotodioden. Dessa mätinstrument har en hög avläsningshastighet av mätområdet och mät noggrannheten är hög. Mätningen sker beröringsfritt och kontinuerligt vilket kan ge återkoppling på en skärm direkt i reell tid med valet att samla in data. De två mest förekommande lasermätarna inom plastindustrin idag är 2- eller 3-axliga. De två största skillnaderna mellan dessa är att den 3-axliga upptäcker ovalitet och datainsamling är möjligt. (Lindahl, 1996)



Figur 6, Skillnaden mellan 2- och 3-axlig lasermätare (Zumbach)

Tabell 6, För- och nackdelar med tanke på användning i spolbock.

Fördelar:	Nackdelar:
Återkoppling är möjlig Låg mätosäkerhet Kan programmeras (3-axlig) Mätning av ovalitet (3-axlig)	Hög inköpskostnad

Datainsamling av ytterdiameter och ovalitet på en specifik order gör det möjligt att blicka bakåt i tiden för att bevisa mått toleranser vid eventuella dispyter. Möjligheten finns att programmera spolbocken så att ifall ovaliteten överskrider ett tillåtet värde så stoppar maskinen eller varnar operatören. Vid sökningen av mätosäkerheten hos ett av de ledande företagen påstår de att deras produkt erhåller en mätosäkerhet om $\pm 1 \mu\text{m}$. Den höga inköpskostnaden är en absolut jämförelse med den manuella mätmetoden.

2.7 Ergonomi

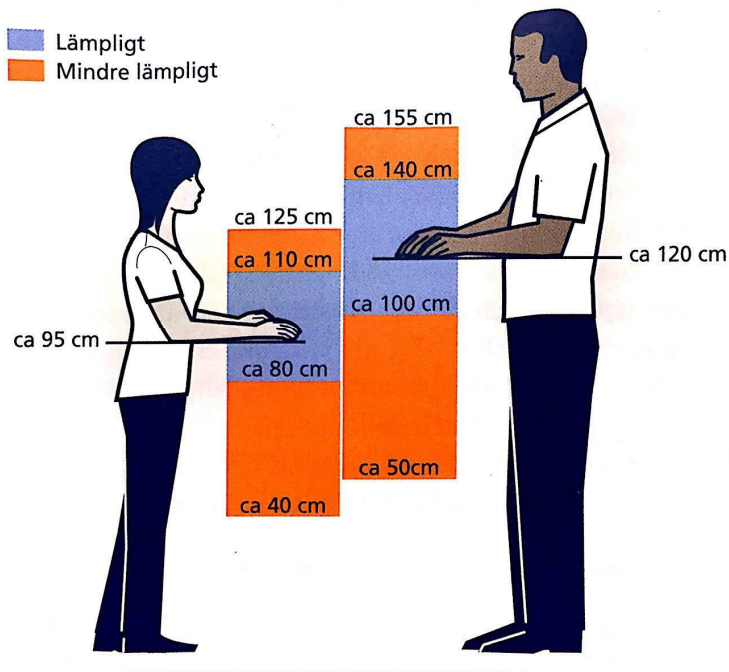
Begreppet ergonomi på en arbetsplats omfattar fysiska, organisatoriska och mentala aspekter på arbetsmiljön. Då ergonomiska förbättringar utförs på en arbetsplats så bör det röra arbetstagarnas, tekniska och organisatoriska förutsättningar. Redan vid planeringen av en verksamhet bör god ergonomi vara eftersträvat. För att arbetstagarna skall må bra och kunna prestera sitt yttersta i arbetet är det viktigt med variation i rörelser och belastning, även möjlighet till återhämtning.

Risken för belastningsskador ökar markant om det förekommer tunga lyft, repetitivt arbete, obekväma, ansträngande och påfrestande arbetsställningar och arbetsrörelser. Ett allt för högt arbetstempo med konstant stress kan också bidra starkt till utvecklingen av belastningsbesvär. (Arbetsmiljöverket, 2018)

2.7.1 Arbetshöjd

Arbetshöjden är en väldigt stor faktor som berör alla på arbetsplatsen. En fastslagen arbetshöjd lämpar sig inte för alla men en konsekvent för låg arbetshöjd kan orsaka ländryggsbesvär samt en för hög arbetshöjd kan ge upphov till besvär i nacke och skuldra. Arbetsplatser borde erbjuda arbetstagarna att ha en möjlighet till en justerbar arbetshöjd oavsett personens kroppsmått. Den skadliga effekten ökar om arbetshöjden är olämplig då det rör sig om andra belastnings faktorer såsom repetitivt arbete och hantering av tunga maskiner. Den optimala arbetshöjden vid stående arbete ligger mellan 80 och 140 cm, vilket beror på arbetsuppgift och kroppslängden. (Mathiassen, 2007)

Den lämpliga arbetshöjden för en särskild arbetsuppgift är beroende av kroppslängden, arbetsuppgiften och arbetsobjektets höjdomfång.

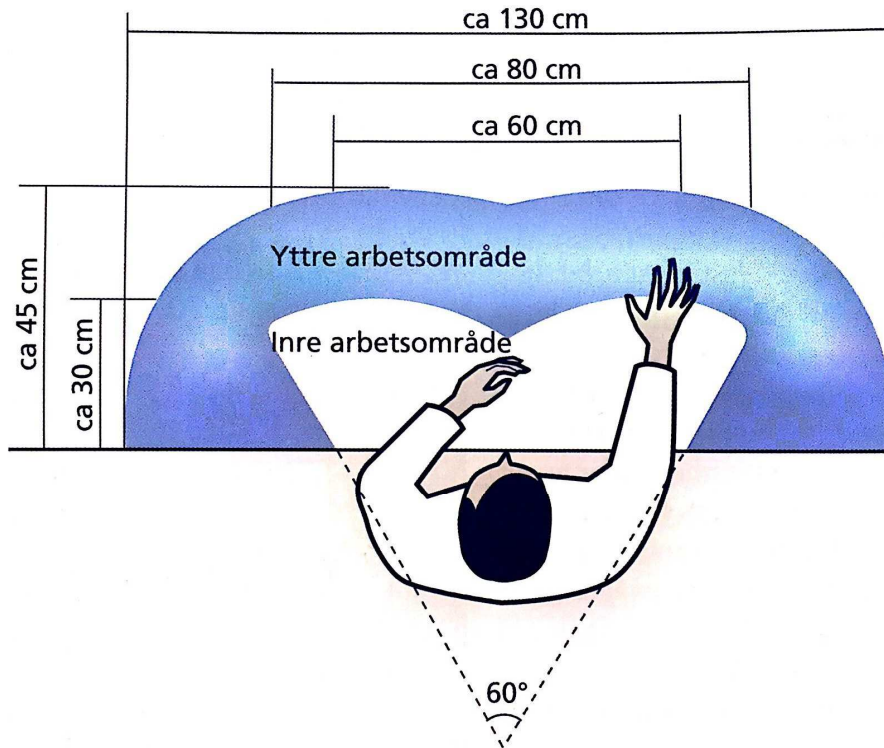


Figur 7, Lämplig arbetshöjd, (Ergonomi för ett gott arbete)

2.7.2 Arbetsavstånd

Arbetsavståndet är även en mycket viktig faktor som kan belasta kroppen. Det främsta grip- och arbetsområdet befinner sig i armbågshöjd ca 20–30 cm från kroppen, det längsta gripavståndet 40–50 cm från kroppen.

Desto fler upprepande, långvariga, kraft- eller precisionskrävande arbetsuppgifterna som innefattar arbetet, ju viktigare blir det att arbetet kan utföras med armar och axlar fria från spänningar och framför kroppen inom underarms avstånd. Vid ett arbete som utförs stående så blir räckvidden i liten grad större än vid sittande. En fri tiltning av arbetsobjektet kan medföra bra resultat i minskade påfrestningar i kroppen, minska arbetsavståndet och öka åtkomligheten. (Mathiassen, 2007)



Figur 8, Arbetsavstånd, (Ergonomi för ett gott arbete)

2.8 Säkerhet

Sedan en lång tid tillbaka har man tillämpat nationella normer och standarder för att garantera säkerheten och undvika riskabla haverier för olika produkter och anläggningar. Några exempel på detta är tryckkärlsnormen, lyftdonsnormen, krannormen och byggnormer. Ett specifikt problem med dessa normer är då ett företag är verksamt globalt så tvingas de i vissa fall ta fram olika produktvarianter för att tillfredsställa de olika nationella kraven, vilket är dyrt och tidskrävande. Inom EU tillämpas *Maskindirektivet* (EU-direktiv 2006/42/EG) enligt detta direktiv krävs att det tillsammans med samtliga maskiner som levereras till EU-länder bör följa med en manual som beskriver hur maskinen fungerar och underhållsintervall.

Då en tillverkare dokumenterar och påvisar till ett neutralt företag att direktivets säkerhetskrav uppfylls och signerar en CE-deklaration där det framkommer att produkten följer maskindirektivets krav kan man då CE-märka sin produkt.
(PRODUKTUTVECKLING)

2.8.1 Intern CE-märkning

Inom Optinova Group har man utvecklat en intern CE-märkning specifikt för de maskiner som konstrueras och tas i bruk inom koncernen. Nedan syns punkter som har varit av stor vikt för konstruktionen av detta utvecklingsarbete.

- 1.1.4, Belysning. En maskin ska vara försedd med inbyggd belysning som är lämplig för avsett arbete. Referens standard, EN 1837.
- 1.1.6, Ergonomi. Obehag, trötthet och fysisk och psykisk påverkan som operatören kan utsättas för under avsedda användningsområden ska reduceras till ett minimum. Referens standarder, EN ISO 12100, EN 614–1/2, EN 1005–1.
- 1.2.1, Ett styrsystems säkerhet och tillförlitlighet. Ett styrsystem ska vara konstruerat och tillverkat så att riskfyllda situationer inte ska kunna uppstå. Referens standarder, EN 1037, EN 1508, EN 13849–1, EN 61508, EN 61511, EN 62061.
- 1.2.3, Start. En maskin ska kunna startas endast genom avsiktlig påverkan på en för detta ändamål särskilt avsett manöverdon. Referens standard, EN 60204–1
- 1.2.4, Stopp. En maskin ska vara försedd med ett manöverdon som gör det möjligt att på ett säkert sätt stoppa maskinen fullständigt. Referens standarder, EN 1037, EN 60204–1
- 1.2.4.3, Nödstop. En maskin ska vara försedd med en eller flera nödstoppsanordningar som gör det möjligt att avvärja överhängande fara eller fara som redan uppstått. Referens standarder, EN 13849–1/2, EN 13850, EN 62061.
- 1.4.1, Allmänna krav. Skydd och skyddsanordningar ska vara robust tillverkade, sitta stadigt på plats och inte ge upphov till någon ytterligare riskkälla. Referens standarder, EN 574, EN 953, EN 13855.
- 1.5.1, Elektrisk matning. En maskin som är elektriskt matad ska vara konstruerad, tillverkad och utrustad så att alla riskkällor av elektrisk natur förebyggs eller kan förebyggas. Referens standard, EN 60204–1, EN 60439–1.

- 1.5.4, Monteringsfel. Fel som kan begås vid montering eller återmontering av vissa delar och som kan ge upphov till risker ska undanröjas genom delarnas konstruktion och tillverkning, om inte detta är möjligt, genom att information anbringas på detaljerna eller deras höljen.
- 1.6.1, Underhåll av maskiner. Inställnings- och underhållsställen ska vara placerade utanför riskområden. Det ska vara möjligt att göra justeringar, underhålla, reparera, rengöra och utföra service när maskinen är stilla.
- 1.6.3, Frånkoppling av kraftkällor. En maskin ska vara försedd med anordningar för frånkoppling av alla kraftkällor. Dessa frånkopplingsanordningar ska vara klart identifierade. De ska kunna låsas om återinkoppling kan medföra fara för personer. Referens standarder, EN 4413, EN 4414, EN 60204–1

2.8.2 Felmods- och effektanalys

Felmods- och effektanalys förkortas allt som oftast FMEA och är översatt från engelska, failure mode effect analysis. Denna metod valdes att tillämpa på detta projekt för att i förväg kunna notera potentiella riskkällor och kunna avlägsna dem eller att förebygga dem enligt bästa förmåga. FMEA är en riskanalysmetod som används för att:

- Identifiera möjliga risker och orsaker som kan uppstå och även de effekter som kan uppstå på systemet eller för användaren.
- Bedöma möjliga risker för identifierande fel och ange riskerna i en prioriteringsordning för att kunna utföra förebyggande åtgärder.
- Identifiera de allvarligaste riskerna och implementera och vidareutveckla förebyggande åtgärder.

FMEA används vid olika skeden av produktutveckling för att kartlägga olika risker inom konceptet, specifika produkter, komponenter, processer och system. I bedömningen av denna analys så fokuserar man på felsannolikheten, allvarligheten och upptäcks sannolikheten dessa punkter bedöms sedan på en 10 gradig skala.

3 Metod

Detta kapitel beskriver olika tillvägagångssätt som användes för att slutligen få en pålitlig, säker och effektiv produkt som sedan presenteras i resultatet. Solidworks användes för att konstruera detalj- och sammanställningsritningar.

3.1 Intervjuer

Jag har utfört öppna intervjuer med det flesta som arbetar inom kvalitetsgranskningen däremot inte några enskilda intervjuer. Jag har försökt vara så tillgänglig som möjligt för personalen ifall de haft några frågor eller förbättringsalternativ till spolbocken. Samtliga förbättringsalternativ har tagits i åtanke.

3.2 Enskilda åsikter

För att få ner något till pappers och för att inte andra skulle påverka deras personliga åsikter lade jag upp en lapp där jag bad samtliga enskilda anställda inom kvalitetsgranskningen att skriva ett personligt e-postmeddelande till mig där de fritt får formulera för- och nackdelar med den aktuella spolbocken och ge tips och förbättringar till den nyare varianten vilket enbart skulle ta några minuter att skriva ihop.

Tiden att skriva ett personligt email verkade inte finnas enligt de anställda så de skrev ihop ett gemensamt e-postmeddelande där de anställda hade kompromissat ihop ett papper med förbättringsförslag vilket jag inte var helt nöjd med.

3.3 Observation

Eftersom jag har arbetat på Scantube totalt närmare 16 månader så har jag sett denna process många gånger och var medveten om de största problem som fanns. Jag har även reparerat och servat de befintliga spolbockarna, de är inte speciellt service vänliga.

3.4 Använda maskinen själv

För att få en bättre uppfattning av problemen och för- och nackdelarna med maskinerna så prövade jag också själv att spola om några hundratals meter slang.

3.5 Möten

Under tiden som detta projekts praktiska och teoretiska delar har utförts så har jag haft mycket kontakt med sakkunniga personer.

Markus Clemes är en utvecklingsingenjör som arbetar inom Optinova koncernen, han har agerat handledare från företagets sida. Vi har träffats ett antal gånger och diskuterat olika problem och lösningar. Möten med honom har varit väldigt nyttiga och effektiva. Han har även hjälpt mig mycket genom att beställa enskilda detaljer till projektets praktiska delar.

Jonas Lind har arbetat inom företaget under en längre tid som ansvarig person för underhåll och verktygstillverkning vilket gör honom väldigt sakkunnig inom de praktiska aspekterna av arbetet. Han har fungerat som ett bollplank då jag stött på olika praktiska problem och funderingar, jag har kunnat fråga honom om åsikter, synpunkter, problemlösningar och han har till sin bästa förmåga hjälpt mig.

Markus Karlsson arbetar med automation åt ett utomstående elföretag. Eftersom detta arbete skall tillverkas i praktiken så har samarbetet från Markus Karlsson varit en avgörande faktor för att göra detta projekt möjligt inom utsatt tid i praktiken. Samarbetet har fungerat väldigt bra.

4 Resultat

I detta kapitel framförs de erhållna resultat som har tagits fram mha. olika tillvägagångssätt som beskrivits i teoridelen. Dessa resultat lägger grunden för den verkliga utformningen av arbetsstationen som ytterligare visas och beskrivs i konstruktions kapitlet.

4.1 Kravlista

Denna kravlista grundar sig främst av allt på krav, önskemål och förbättringsförslag av personalen eftersom det är dem som kommer att använda denna maskin. Jag har försökt att beakta och uppfylla samtliga krav och önskemål på denna lista.

Förändringar	K Ö	Kravlista
		<p><u>1. Geometri: Helhetsdimensioner</u></p> <p>Ö Längd = 2000 - 2800 mm</p> <p>Ö Djup = 600 mm</p> <p>K Höjd = Justerbar 800 – 1600 mm</p> <p>K Spolarnas vikt = 5 - 40 kg</p> <p><u>2. Användning</u></p> <p>K Slangdimensioner, nominellt område 2–10 mm</p> <p>K Enkelt att hålla arbetsstationen ren</p> <p>Ö Undvika slack i slangen vid av/på spolning</p> <p>Ö Ergonomisk att använda</p> <p><u>3. De anställdas förbättringsförslag</u></p> <p>Ö Utbytbar höger- och vänster axel</p> <p>Ö Knappar som justerar rotationshastigheten</p> <p>K Höj- och sänkbart, sittande/stående 800 - 1600mm</p> <p>Ö God belysning, 500–1000 lx</p> <p>K Avställningsytor för t.ex. mätinstrument, tolkar etc. 0,2 m²</p> <p>K En pedal som justerar rotationshastigheten</p> <p>Ö Kunna användas från båda hållen</p> <p>Ö En låda att förvara verktyg i</p> <p><u>4. Mätinstrument</u></p> <p>K En laser som mäter slangens YD</p> <p>K En längdmätare</p> <p><u>5. Säkerhet</u></p> <p>K Säker att nyttja för de anställda</p> <p><u>6. Underhåll</u></p> <p>Ö Simpel att underhålla</p>

Figur 9, Kravlista

4.2 Konceptgenerering

Konceptgenereringen utfördes systematiskt och rationellt vilket innebär enligt en diskursiv konceptgenereringsmetod. Lösningssökningen utfördes mha litteratur, besläktade produkter, intervjuer med experter inom området och även den nuvarande lösningen undersöktes. *Figur 10* är framtagen så att den i största möjliga utsträckning bör återspegla kravlistan.

Delfunktion	Dellösningalternativ		
Konstant spänd slang	Elektromagnetisk koppling med ställbart moment	Bandbroms + Lamellkoppling	Vertikal potentiometer
Ergonomisk att använda	Justerbar arbetshöjd	Justerbar arbetshöjd + flexibel konstruktion	Flexibel konstruktion
Längdmätning	Mekaniskt räkneverk	Digitalt + mekaniskt räkneverk	Digitalt räkneverk
Mätning av slangens YD	Manuellt med mikrometer	2-axlig lasermätare	3-axlig lasermätare
Justering av rotationshastigheten	Fotpedal	Fotpedal + knappar	Pedal som trycks in med knäet

Figur 10, Morfologisk konceptgenereringsmatris

Totallösningalternativ	
Variant 1	
Variant 2	
Variant 3	

Figur 11, Lösningalternativ

Utöver dessa lösningalternativ kan flera varianter skapas men dessa dellösningalternativ var de som valdes mtp. deras lämplighet vid jämförelse till kravlistan som tagit fram.

4.3 Elimineringssmatris

För att fatta ett beslut angående vilken eller vilka varianter som främst lämpar sig för att lösa de huvudproblemen samt dellösningarna som tagits fram i detta arbete används en elimineringssmatris. Denna matris eliminerar de sämre lösningarna och samtidigt kartlägger de bäst lämpade lösningsalternativen. Punkter som kan ha en väsentlig vikt i den slutgiltiga lösningen såsom lösning av huvudproblem, uppfylls kraven i produktspecifikationen, fungerar lösningen i verkligheten och om lösningen är säker.

Elimineringssmatris för: Spolbock							Elimineringsskriterier:	
Lösning	Löser huvudproblemen	Uppfyller alla krav	Fungerar i verkligheten	Ergonomisk	Säker	Tillräcklig information	(+) Ja	
							(-) Nej	
							(?) Mer info krävs	
							(!) Kontroll produktspec	
							Beslut:	
							(+) Fullfölj lösning	
							(-) Eliminera lösning	
							(?) Sök mer info	
							(!) Kontroll produktspec	
1	+	+	-	+	+	?		?
2	-	-	-	+	-	+		-
3	+	+	+	+	?	+		+

Figur 12, Elimineringssmatris

4.4 Koncept slutsatser

Under denna punkt så försöker jag att förklara för- och nackdelarna beroende på vilken variant man tittar på från *Figur 10, Konceptgenereringssmatrisen*. Detta ger även en förklaring och underlag till de val som har gjorts i *Figur 12, Elimineringssmatris*.

4.4.1 Variant 1

Omfattar en elektromagnetisk koppling med ett ställbart vridmoment, justerbar arbetshöjd, digitalt- och mekaniskt räkneverk, 2-axlig lasermätare och en slags pedal som trycks in mha. ett knä.

Den största anledningen till att denna variant valdes bort var pga. den elektromagnetiska kopplingen med ett ställbart vridmoment. Den höga inköpskostnaden och ovissheten om den i verkligheten skulle lämpa sig för detta projekt. För att kunna fastställa om denna variant fungerade till denna maskin så borde en elektromagnetisk koppling beställas och testköras

om det ställbara momentet verkligen skulle fungera vid dessa låga rotationshastigheter och vid ständiga start och stopp.

Ett digitalt- och mekaniskt räkneverk skulle egentligen betyda att det finns en viss säkerhet ifall det digitala räkneverket skulle sluta fungera eller under en viss tid börja mäta fel längder. Men med en korrekt in kalibrering och användning bör det digitala räkneverket fungera felfritt.

En 2-axlig lasermätare har inte möjligheten att ge någon form av återkoppling eller datainsamling till operatören vilket inte gör valet optimalt.

Vid stående användning så anses inte en pedal som kan justeras med knäet som en hållbar lösning då operatören högst troligen kommer att enbart belasta ett ben och justera rotationshastigheten med det andra benet vilket i längden är en onödig ansträngning och inte bra med målet för en ergonomisk arbetsstation.

4.4.2 Variant 2

Omfattar en bandbroms och lamellkoppling, justerbar arbetshöjd och en flexibel konstruktion, mekaniskt räkneverk, en 3-axlig lasermätare och en fotpedal.

För att lösa ett av de största problemen med dagens arbetsstationer vilket är att slangen bör hela tiden hållas spänd så är detta lösningen som Scantube använder sig av idag. Dagens maskiner var ursprungligen konstruerade med en bandbroms för att förhindra slack i slangen. Efter en kort period av användning plockades dessa bort pga. det extra momentet som uppstod då operatören var tvungen att justera bandbromsen då vikten på spolarna ändrade.

I dagsläget är maskinerna utrustade med ett mekaniskt räkneverk vilket enligt operatörernas åsikter tycks fungera bra, förutom möjligheten att kunna samla in data. Idag används fotpedaler vid justeringen av rotationshastigheten på den uppspolande spolen vilket fungerar bra vid sittande användning.

4.4.3 Variant 3

Omfattar en vertikal potentiometer, justerbar arbetshöjd och flexibel konstruktion, digitalt räkneverk, 3-axlig lasermätare och en fotpedal plus knappar.

En vertikal potentiometer skulle i teorin lösa ett av huvudproblemen med att hålla slangen konstant spänd då den uppspolande spolen skulle bestämma rotationshastigheten och den avspolande spolen justerar då rotationshastigheten så att slangen aldrig skulle bli slack.

Den justerbara höjden i form av höj- och sänkbar arbetsstation skulle ge operatören alternativet av sittande- och stående användning, även en flexibel konstruktion för personlig anpassning beroende på kropps mått- och form.

Som tidigare nämnt så skulle ett digitalt räkneverk ge möjligheten till datainsamling av olika slang längder som operatören spolat om. En 3-axlig lasermätare har möjligheten att ge återkoppling t.ex. då slangen är utanför de specifika toleranserna så skulle maskinen stanna för att uppmärksamma operatören om att någonting med slangen är felaktigt. Mätaren upptäcker även om slangen skulle vara oval, vilket inte en 2-axlig mätare gör.

Lösningen för den justerbara arbetshöjden, sittande eller stående, kan lösas med en pedal vid sittande användning, som idag. Vid stående körning skulle knappar kunna ge användaren en möjlighet att ställa in 3 stycken olika konstanta rotationshastigheter vilket i sin tur kan bli en säkerhetsrisk som bör minimeras.

Ett annat alternativ för stående användning kunde vara en knapp som skulle fungera liknande som en cruise control i dagens bilar. Då operatören skulle trycka ned pedalen tills önskad rotationshastighet uppstod och sedan trycka in knappen vilket i sin tur skulle göra att operatören kunde avlägsna foten från pedalen och maskinen skulle hålla en jämn hastighet. En beröring av fotpedalen då processen var klar skulle stänga av funktionen och maskinen skulle stanna.

4.5 FMEA-analys

Här beskrivs några av de största riskerna utgående från FMEA-analysen. Den fullständiga FMEA-analysen finns i slutet av arbetet som en bifogad bilaga.

Nummer 1, ett scenario där maskinoperatören eller någon annan anställd skulle fastna i spolen under körning vilket kunde resultera i en allvarlig personskada. Detta problem har åtgärdats mha. programmering av elmotorernas rotationsmoment. Ifall något eller någon skulle fastna i spolen så slirar elmotorn vilket gör risken för detta scenario lågt.

Nummer 2, ett scenario där en för tung spole lastas på maskinen vilket får den att välta vilket kan resultera i allvarliga person och mekaniska skador. Denna risk är förhindrad mha. att maskinen bultas fast i golvet innan den börjar användas vilket minimerar vältrisken.

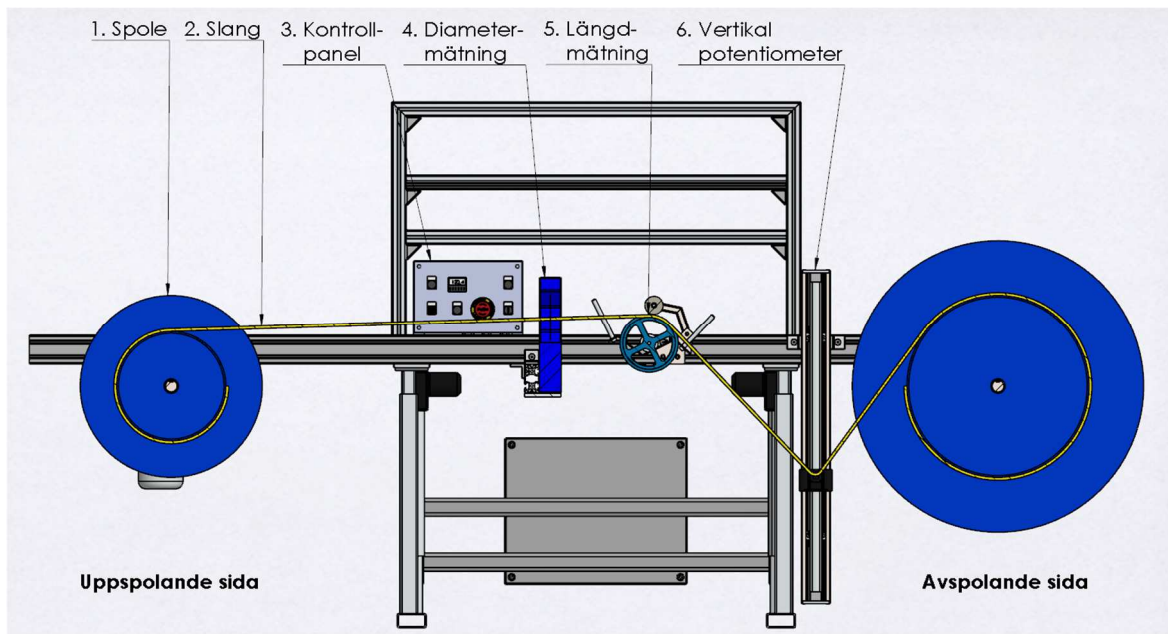
Nummer 5, ett scenario där pedalen som justerar rotationshastigheten av spolarna får en bristande funktionsförmåga och låser sig på fullt varvtal. Detta kunde resultera i person- och mekaniska skador. Sannolikheten att detta inträffar är inte vanligt men de höga siffrorna kommer till största delen av att detta fel är väldigt svårt att upptäcka och förutspå.

Nummer 6, ett scenario där låsmuttern som låser fast spolen på den roterande axeln skulle lossna vilket skulle göra det möjligt för spolen att lossna från axeln vilket kunde resultera i person- och mekaniska skador. Eftersom att denna låsanordning har använts många år i produktionen så är det en välbeprövad konstruktion som inte bör lossna.

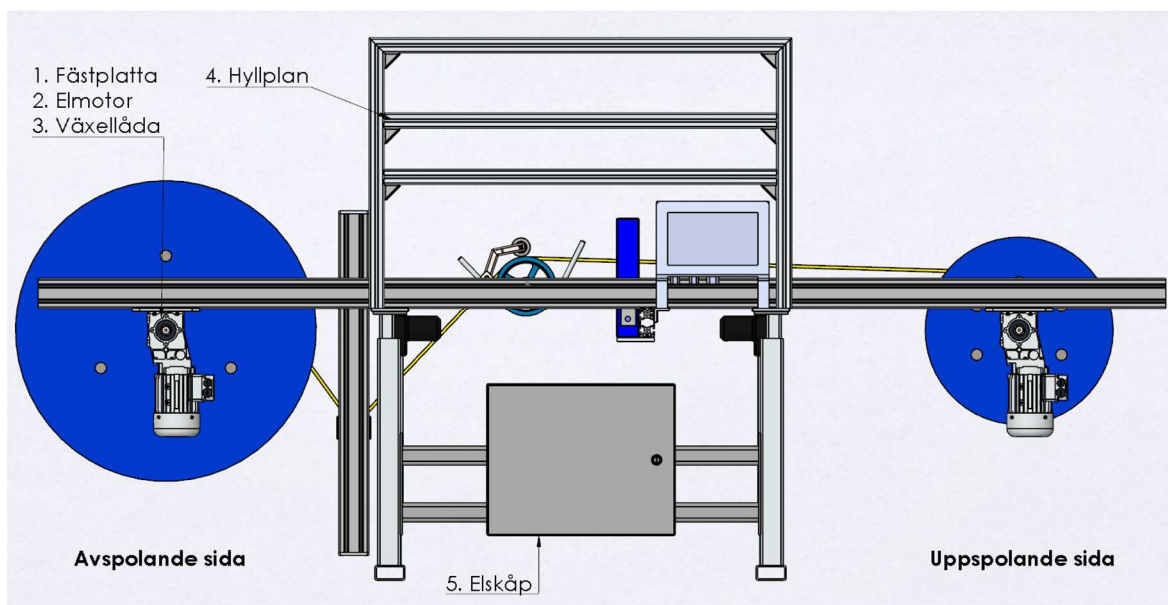
Nummer 8, ett scenario där elmotorn lossnar från infästningen eller att axeln brister pga. utmattning. Detta fall kan medföra en allvarlig krosskada. Tyvärr är denna risk svår att förutspå och upptäcka vilket ger scenariot de höga siffrorna. Detta fall är acceptabelt och risken minimeras avsevärt genom att utföra en kontroll varje år för att se att inget betydande slitage har tillkommit.

5 Konstruktion

I detta kapitel beskrivs de slutgiltiga lösningarna med text och bilder där paralleller dras till teori- och resultatdelen för att skapa en helhetsbild och en bättre förståelse av projektet.



Figur 13, Konstruktion, komponentbeskrivning, framifrån



Figur 14, Konstruktion, komponentbeskrivning, bakifrån

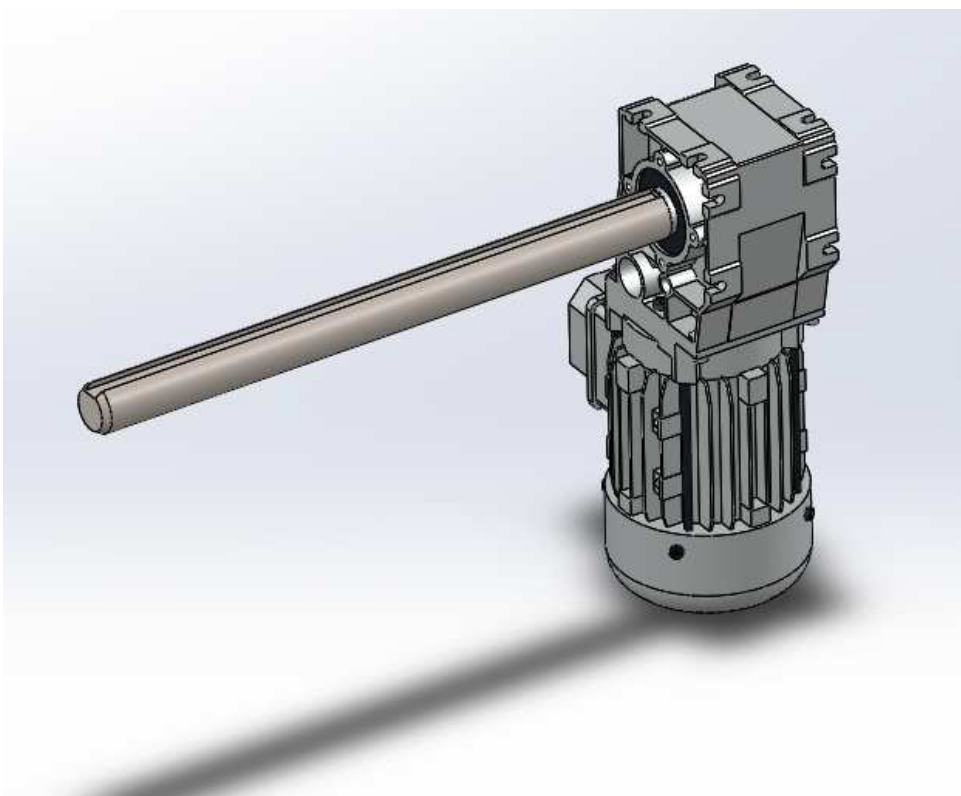
5.1 Axelkoppling

Slutligen så valdes en axelkoppling som enbart består av en elmotor, växellåda och en utgående axel som spolen fästs på. Denna lösning blir nästintill underhållsfri och antalet komponenter dras ner avsevärt i jämförelse med den tidigare lösningen som är beskriven tidigare i arbetet. Anledningen till att denna variant kommer att fungera är pga. den linjära potentiometern som bestämmer rotationshastigheten på spolen, vilket i sin tur kommer att resultera i att slacket på slangen kommer att upphöra.

Elmotor	Lenze G50AB045MHAR2C00
Effekt, P	0,55 kW
Varvtal, n_1	3440 r/min
Varvtal, n_2 , axel	60 - 115 r/min
Utväxling, i	28,808
Vikt, m	8,4 kg

Figur 15, Elmotorn- och växellådans specifikationer (Lenze)

Valet av denna elmotor baserar sig främst på Markus Karlssons erfarenhet inom elektronikbranschen. Jag letade efter en elmotor och växellåda med en relativt låg vikt som var pålitlig och även hade programmeringsmöjligheter, då föreslog Markus denna modell.



Figur 16, Elmotor, växellåda och axel

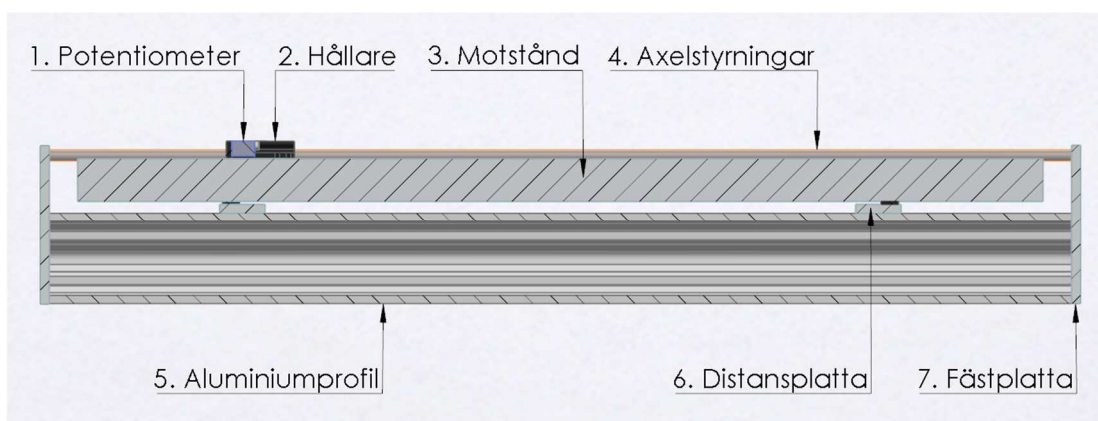
5.2 Potentiometer

Ett av de största problemen som tidigare nämnts var slacket på slangen, detta problem är eliminerat mha. potentiometern som direkt styr rotationshastigheten den avspolande sidans spole får. Den enda nackdelen med denna lösning är att arbetsstationen måste bli längre än de föregående pga. potentiometers känslighet vid för smala av- och inrullnings punkter.



Figur 17, Potentiometer

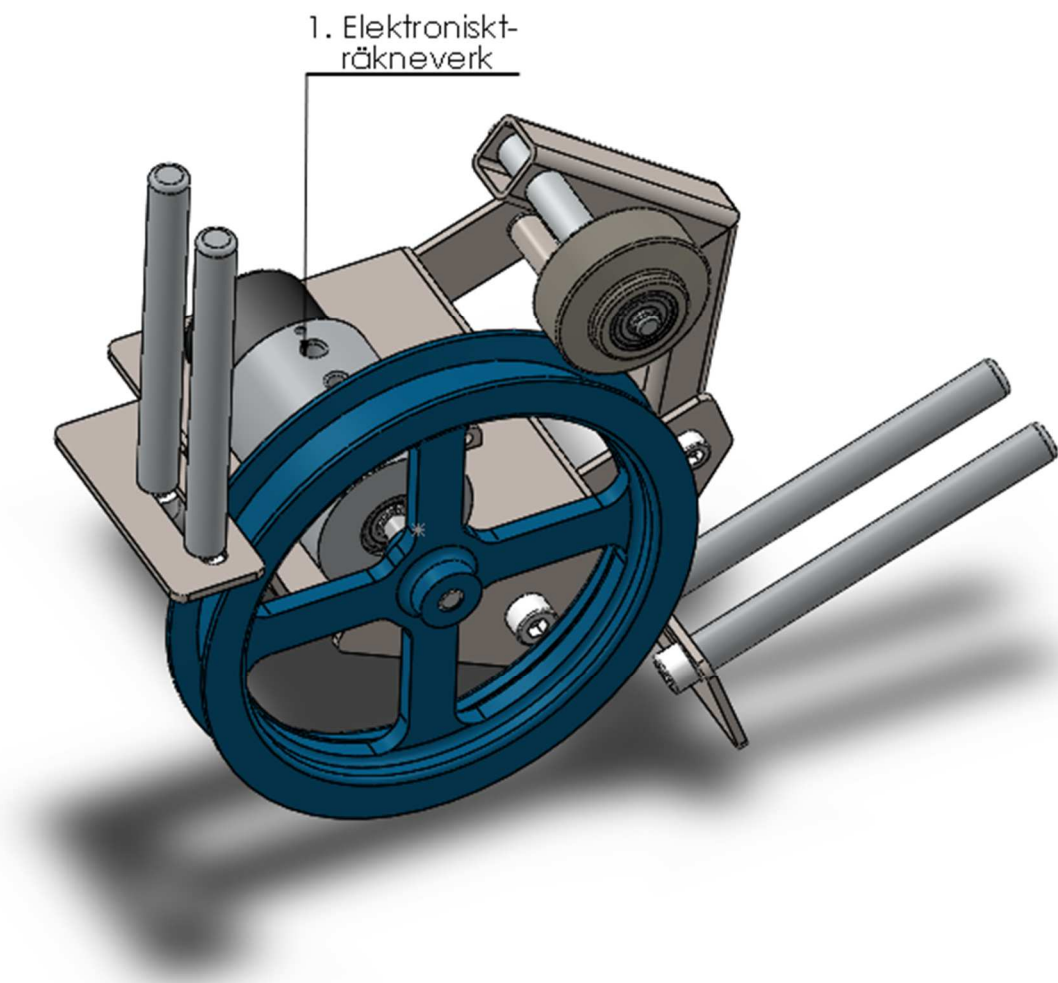
Nedan syns en genomskärning på potentiometern med dess olika huvudkomponenter. Konstruktionen hålls samman av två stycken fästplattor i aluminium (7) som spänts fast i en aluminiumprofil (5) och axelstyrningar (4). Potentiometers motstånd (3) är fäst i aluminiumprofilen mha. distansplattor (6). Detaljen som påverkar motståndet i potentiometern (1) är fäst i en hållare (2) som även styr konstruktionen linjärt på axlarna.



Figur 18, Potentiometer, detaljbeskrivning

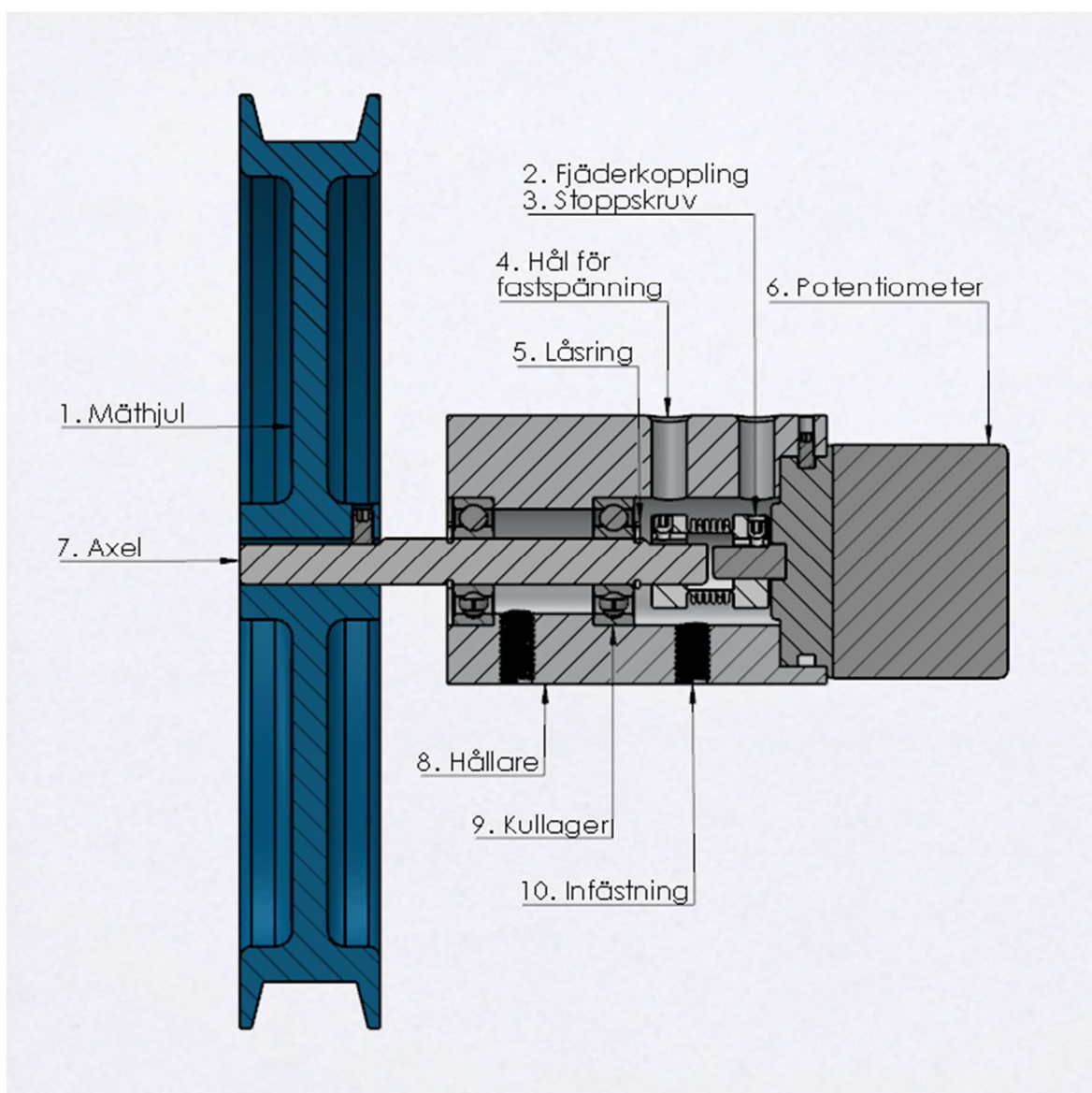
5.3 Längdmätning

Valet för längdmätning blev ett elektroniskt räkneverk där den största och mest betydande fördelen är insamlingen av data kan utföras bekymmersfritt och tar inte tid från maskinoperatören. Nedan syns en bild över den kompletta längdmätningen, detta är en gammal variant som har varit utrustad med ett mekaniskt räkneverk. Slangen förs in mellan styrningarna och genom det stora- och lilla hjulet. Det mindre hjulet är fäst på en vipparm som är fjäderbelastad vilket förhindrar slangen att slira på mät hjulet vilket skulle förorsaka oriktiga mätvärden.



Figur 19, Längdmätningssystem

Nedan syns en genomskärning på elektroniska räkneverkets konstruktion. Mät hjulet (1) är fäst på den yttersta axeln (7). För att förhindra radiella förflyttningar så är axeln centrerad mha. kullager (9) och för att förhindra axiell förflyttning har låsringar använts (5). Mellan den utgående axeln från potentiometern (6) och den yttersta axeln är en fjäderkoppling (2) för att förhindra hastiga och ryckiga rörelser av potentiometern. Ovanpå hållaren (8) syns två stycken hål (4) som är placerade ovanför stoppskruvarna (3) i fjäderkopplingen för att spänna fast potentiometern och den utgående axeln. Undertill sitter två stycken infästningshål (10) vid montering på längdmätningshållaren se *Figur 19*.



Figur 20, Elektroniskräkneverk, detaljbeskrivning

5.4 Diametermätning

Valet för diametermätningen blev en 3-axlig lasermätare. Den 3-axliga mätaren som nämns i teoridelen upptäcker ovalitet vilket inte en 2-axlig mätare gör. Liknande fördelar med denna lösning är insamlingen av data.

Hur mätsignalen skall hanteras är i dagsläget ännu inte fastslagen men i teststadiet av maskinen visas enbart mätsignalen på en lokal display som syns nedan, *Figur 21*, där mätsignalen inte sparas. I framtiden borde man utnyttja teknologin och koppla mätaren till en dator för att kunna spara de uppmätta värdena.

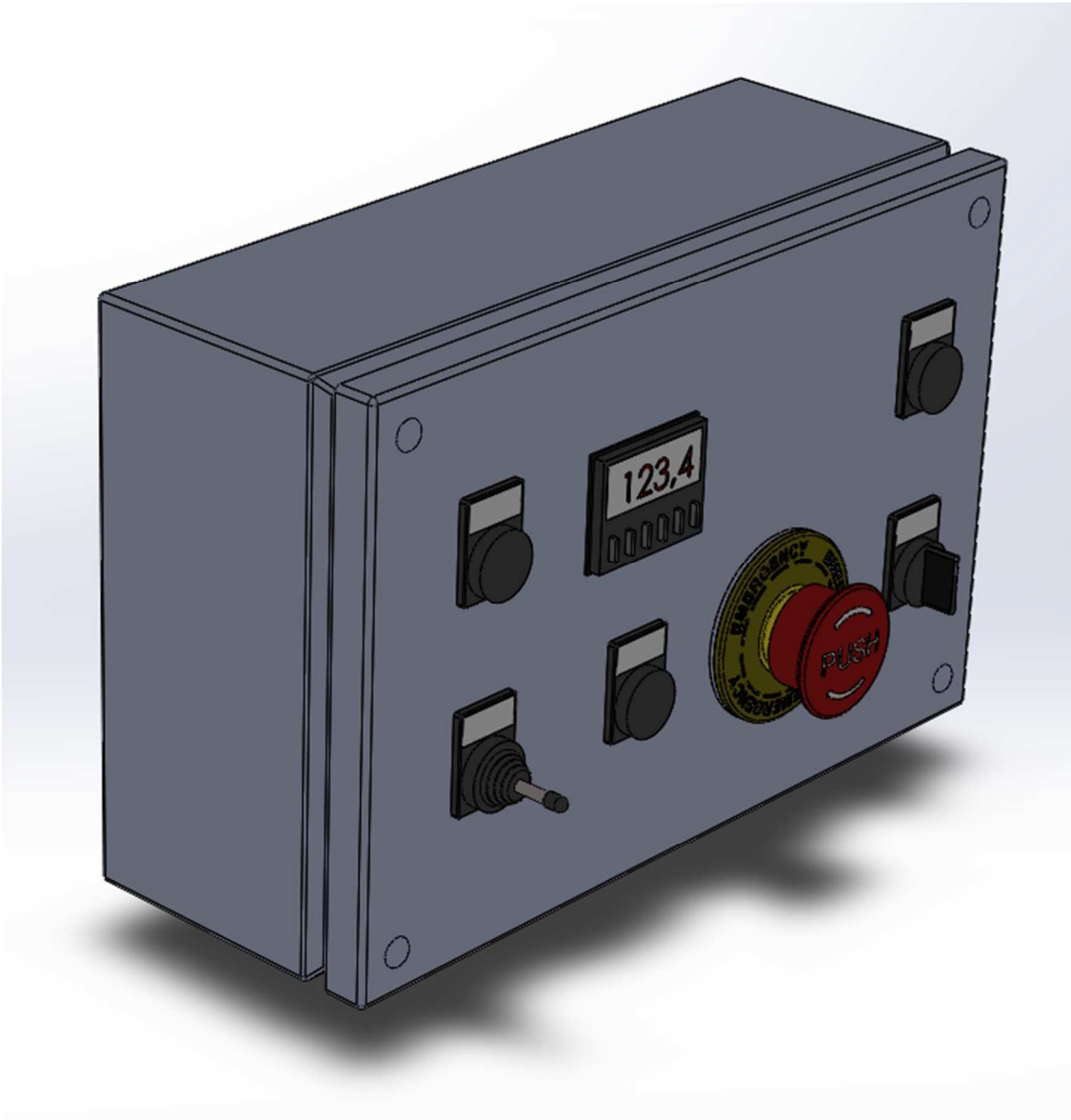


Figur 21, Zumbach ODAC 33TRIO

5.5 Kontrollpanel

Valet av utformningen av reglage, knappar och kontrollpanel diskuterades fram mellan mig och Markus Karlsson men i det stora hela så gav jag honom mycket frihet att utforma detta främst mtp. hans erfarenhet inom elektronik och automation.

Tanken med kontrollpanelen var förstås att göra den så enkel och användarvänlig som möjligt då det underlättar arbetet för maskinoperatörerna.



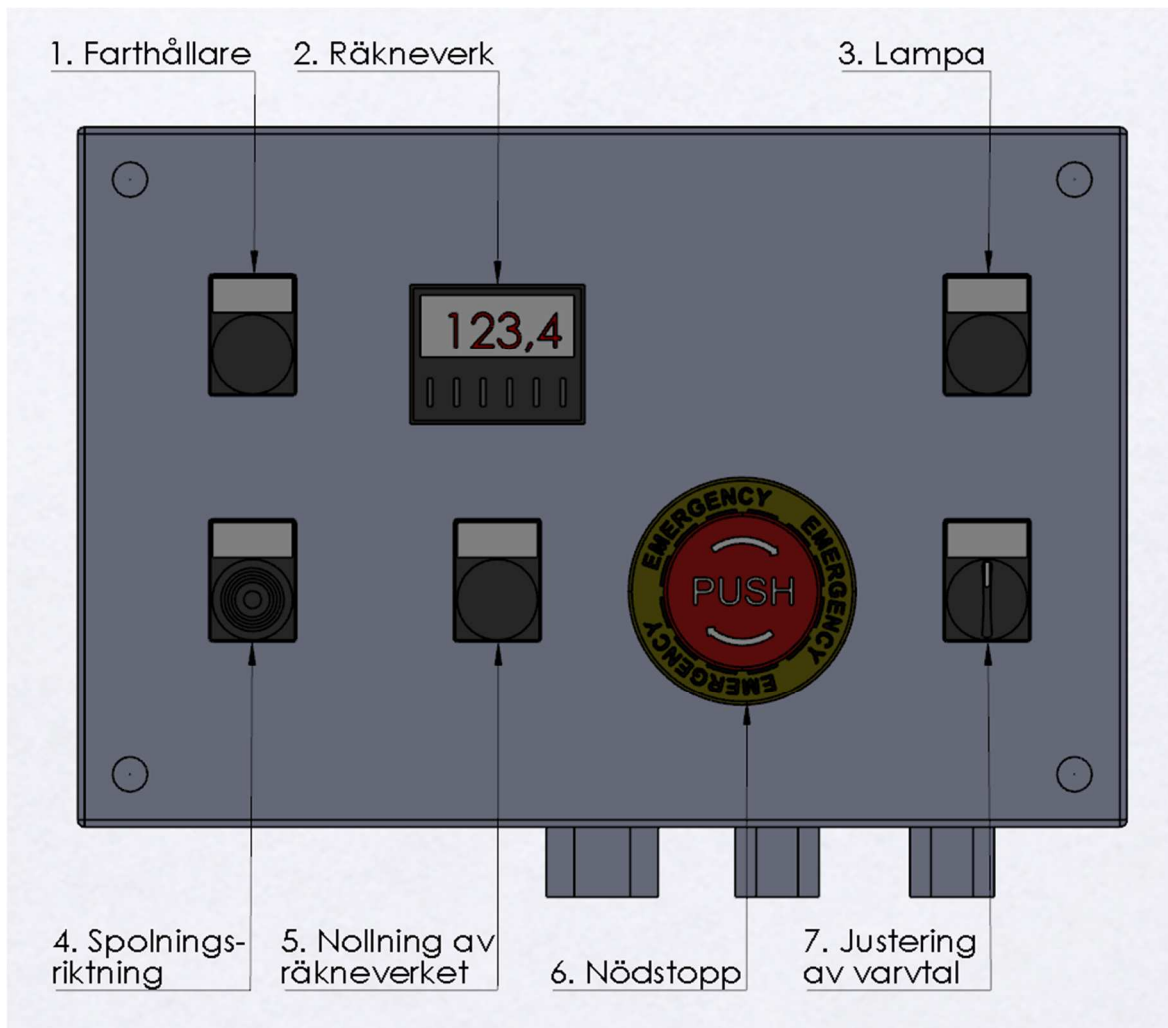
Figur 22, Kontrollpanel

Nedan syns en figur med beskrivande text över kontrollpanelens layout. Farthållaren (1) fungerar långt som en farthållare på en bil. Vid stående körning kan operatören trycka ner pedalen till önskad hastighet på slangen och trycka in knappen, därefter kan operatören ta bort foten från pedalen och maskinen fortsätter med samma hastighet. Om operatören vill ändra varvtal eller närmar sig slutet av slangen på spolen så kan hen enkelt trycka ned pedalen igen och då återfår pedalen kontrollen utan hack och stopp.

Räkneverket (2) anger hur många meter slang som operatören har förflyttat från den avspolande sidan till den uppspolande sidan med en decimals noggrannhet. Räkneverket nollställs av knappen under räkneverket (5). Lampan (3) indikerar endast då maskinen är i körläge. Vid val av spolningsriktningen så används en spak (4) som har tre lägen spolning åt vänster, höger eller neutralt läge. Nödstoppet (6) är lokaliserat väl synligt och inom räckhåll vid en eventuellt farlig situation.

Med vredet till höger (7) sker justeringen av varvtalet på de två olika elmotorerna. Detta pga. att man använder olika stora spolar för olika typer av ordrar. Innerdiameter på dessa spolar kan variera från 250 mm till 700 mm vilket resulterar i att man bör justera varvtalet beroende på spolen. Vredet har tre stycken lägen. Det första innebär spolning från stor spole till stor spole. Det mittersta läget innebär spolning från stor spole till en liten spole och det sista läget innebär spolning från liten spole till liten spole.

Denna lösning var inte optimal då dessa stora och små spolar bara är uppskattningar som jag och Markus har provat oss fram till, det ideala hade varit att justera varje hastighet manuellt men det skulle resultera i väldigt lång kalibreringstid och väldigt lite effektiv körning.



Figur 23, Kontrollpanel, detaljbeskrivning

5.6 Ergonomi

De ergonomiska aspekterna togs i åtanke igenom hela projektets gång. För att få avlastning och variation i arbetspositionen så kan arbetsstationens höjd justeras från ca. 800 mm till 1600 mm så att operatören kan välja att arbeta sittande eller stående. Nästa huvudfunktion för en bra ergonomi är den modulära uppbyggnaden av aluminiumprofiler. De aluminiumprofiler som har använts i denna konstruktion är samtliga utformade med spår vilket gör att alla komponenter kan flyttas vertikalt och horisontellt. De två största orsakerna till att dessa profiler har använts är att ingenting på konstruktionen är t.ex. fast svetsat och ingen maskinellbearbetning krävs för t.ex. hål eller spår i konstruktionen vilket passar utmärkt till denna konstruktions prototyp då säkerligen mycket justeringar kommer att utföras.

5.7 Säkerhet

Som tidigare nämnt i teoridelen så har säkerheten varit väldigt viktig i detta projekt då maskinen skall användas av maskinoperatörer och placeras i ett öppet utrymme där folk rör sig och arbetar. Säkerhetsåtgärderna kan man säga att är indelade i två olika grupper, de mekaniska- och elektroniska säkerhetsåtgärderna. Punkterna nedan är hämtade från teoridelen, kapitlet säkerhet 2.7.

De mekaniska säkerhetsåtgärderna beskrivs nedan.

Maskinen skall utrustas med en god belysning enligt punkt 1.1.4, som skall vara lämplig för detta särskilda arbete. För tillfället är belysningen inte monterad, fyra stycken vanliga en-fas uttag har förberetts på elskåpet vilket gör det enkelt att montera lämplig belysning i framtiden.

Enligt punkterna 1.2.3, 1.2.4 så har maskinen väl definierade start- och stoppanordningar, dessa funktioner styrs av fotpedalen där operatören justerar varvtalet vid intryckning av pedalen och stänger av maskinen mha. att släppa upp fotpedalen.

Nödstoppet enligt punkt 1.2.4.1 är placerat så att användaren enkelt och snabbt kan aktivera nödstoppet vid en eventuellt farlig situation. Nödstoppet är monterat i kontrollpanelen vilken befinner sig under en armlängd från arbetspunkten.

Underhållet på denna maskin enligt punkt 1.6.1 är minimalt och vid eventuellt underhållsarbete så är konstruktionen enkel och antalet felfaktorer är få.

De elektroniska säkerhetsåtgärderna beskrivs nedan.

Enligt punkt 1.2.1 så är styrsystemet utformat på ett säkert och tillförlitligt sätt så att riskfyllda situationer inte kan uppstå. Två exempel på detta är:

Vid eventuellt trassel på spolen som skulle påverka slangens normala båge och göra så att slangen eventuellt skulle sträckas eller till och med brista så är den vertikala potentiometern programmerad så att efter ett visst vertikalt läge så stängs maskinen av. Detta pga. att om slangen befinner sig i detta läge så är någonting fel och bör åtgärdas, för att maskinen skall kunna startas igen så måste operatören släppa upp fotpedalen och sedan trycka ner den igen för att återgå till det normala driftläget.

Vid stående körning så fungerar farthållaren väldigt långt som det gör på bilar. Operatören kör upp spolen till ett önskat varvtal och trycker sedan på en knapp, detta aktiverar farthållaren och fotpedalen behöver inte längre vara nedtryckt. Vid eventuell justering av varvtal eller nära slutet på slangen så kan operatören igen trycka ned fotpedalen och då stängs farthållaren av vilket gör det till en jämn övergång. Vid en eventuellt farlig situation så kan operatören antingen, röra vid fotpedalen, trycka på farthållarknappen eller trycka på nödstoppet, alla dessa funktioner stänger genast av farthållaren och maskinen.

6 Diskussion

Denna del av arbetet sammanfattar utvecklingsarbetet av kvalitetsgranskningsutrustningen och framför de problem och utmaningar som bemötts under arbetets gång. Avslutningsvis kommer några förslag på vidare utveckling samt egna reflektioner kring uppgiften.

6.1 Problemområden

Inledningsvis så tog jag mig inte an detta projekt utan några referenspunkter då spolbockarna som används idag blev konstruerade av Bertil Olsson, en utomstående konsulterande ingenjör som har utfört otaligt många projekt åt Scantube under flera års tid. Även om de gamla spolbockarna var närmare 25 år så har inte grundkonstruktionen ändrat men mycket små justeringar och förbättringar har Jonas Lind bistått med. Med detta sagt så gav de äldre spolbockarna en bra överblick och startpunkt hur maskinernas grundfunktioner skulle se ut, det är ju inte utan orsak som de har använts i närmare 25 år.

En av de stora utmaningarna som fanns var att undgå slacket på slangen som uppstod vid normal körning och vid stopp av maskinerna då den avspolande axeln inte hade någon form av broms eller slirkoppling. För att lösa problemet så har jag diskuterat mycket med kunniga och erfarna ingenjörer och undersökt de olika tillvägagångssätten teoretiskt. Den riktiga vändningen i valet av lösningen fick jag vid ett samtal med Markus Karlsson då vi kom fram till att det skulle vara tidsödslande att försöka återskapa en likvärdig lösning som redan visat sig olämplig mtp. lösningen av slangens slack. Jag rådfrågade min handledare Marcus Clemes om denna lösning och han var positivt inställd till att gå in för den.

Tack vare användningen av en potentiometer så tvingades jag att öka på centrum avståndet mellan spolningsaxlarna då jag tog i beaktande arbetsutrymme för operatören och slangens brytningspunkter över styrningshjulet. Om dessa avstånd hade visat sig möjliga att minska

så hade jag gjort det, men så var inte fallet. Följaktligen så växte centrumavståndet mellan spolningsaxlarna med ca. 400 mm vilket operatörerna inte var särskilt positiva till. De hade all rätt att ifråga sätta detta pga. utrymmesbrist i kvalitetsavdelningen och ett längre arbetsavstånd än de var vana med. Efter att jag förklarat situationen och orsaken till detta så förstod dom mycket väl mitt beslut.

Gällande möjligheten att man helt och hållet skulle kunna byta spolningsriktning på maskinen så drogs slutsatsen, ifall det finns ett behov av att byta spolningsriktning så bör en till maskin byggas som enbart är menad att spola från vänster till höger. Denna slutsats drogs pga. att ifall möjligheten av spolning i båda riktningar skulle genomföras så skulle lösningarna bli onödigt avancerade, justeringsmöjligheterna skulle vara för många och underhåll- och felsökningsmöjligheterna skulle i stor omfattning bli komplicerade.

Säkerheten av maskinen har varit en stor viktfaktor från början till slut. Detta moment har inte varit särskilt enkelt men säkerheten på arbetsplatsen har alltid varit en mycket betydande faktor för mig sen jag började studera vid Ålands yrkesgymnasie. Som nämnt i konstruktionskapitlet så har det både reflekterats över mekaniska- och elektroniska säkerhetsåtgärder då maskinen kommer att användas dagligen av personer.

Användarvänligheten av maskinen skulle jag inte nödvändigtvis säga att ha varit ett problem men det har tvingat mig att alltid tänka igenom lösningar och små detaljer en extra gång. Det har med andra ord varit mycket lärorikt att hela tiden behöva hålla enkelheten och tillgängligheten av lösningar i bakhuvudet.

Detta berör indirekt detta utvecklingsarbete nämligen undanskatt tid för arbetet då jag var hos företaget. Under tiden som jag har arbetat åt Scantube har mina arbetsområden varit verktygsmakare, sköta underhåll av maskinerna och även utför mängder med små projekt som är viktiga och hjälper maskinoperatörer att utföra sina arbeten på ett bekvämare och effektivare vis, t.ex. svarvning, fräsning, svetsning och problemlösningar vilket har varit väldigt lärorikt och uppskattat vill jag tro. Detta resulterade i att även om jag enbart skulle arbeta på spolbocken såsom 3D-modellen, tillverkning av detaljer och ihop montering så blev jag dagligen avbruten av små problem i produktionen. Jag utförde inte dessa små avbrott för att jag blev tvingad på något vis men jag har väldigt svårt att säga nej till problem som ganska enkelt går att lösa.

6.2 Vidare utveckling

Vidare utvecklingen är en viktig faktor för nästintill alla konstruktioner och produkter som tas i bruk. Såsom med de flesta utvecklingsprojekt så kommer den tyngsta och bästa feedbacken efter att personer har fått prova produkten eller maskinen under en längre tidperiod. Det kan vara enkelt att inbilla sig att man har tänkt på samtliga faktorer för att få en så enkel och trevlig upplevelse vid användningen av produkten som möjligt. Men först efter kontinuerlig användning av produkten av personer som har betydligt mycket mera kunskap om sitt arbete än vad jag har så kommer det alltid några finjusteringar och förbättringsförslag, vilket är bra. Några utvecklingsmöjligheter som finns i detta stadie beskriver jag nedan.

Eftersom att utrymmesbristen är ett faktum i kvalitetsavdelningen som jag tidigare nämnt så har jag valt att inte installera någon form av belysning på maskinen i detta läge då det är oklart huruvida maskinen skall placeras och om det skall tillkomma något nytt utrymme som är väl belyst där spolbocken eventuellt skulle bli placerad. Det positiva med detta dröjsmål är att maskinen är utrustad med fyra stycken en fas uttag så en installation av en lamparmatur blir inget problem men avseende på eventuell kabeldragning eller uttagsinstallation.

Den vertikala potentiometers arbetsätt är fortfarande diffust och är inte den bästa lösningen av problemet. Den nuvarande glidlagringen är inte optimal då potentiometern inte rör sig friktionsfritt upp och ner. Istället för detta system skulle det fungera bättre med någon form av lagrad glidskena som skulle operera med mycket mindre friktion. Även slangstyrningen som används i dagsläget är inte perfekt, den består enbart av ett delrinnehjul som kan glida fritt på axeln beroende på slangens avspolningsläge från spolen. Denna lösning gör det möjligt för slangen att hoppa av hjulet vilket resulterar i att maskinen stannar. Ett lösningsalternativ skulle vara en form av spår 12x200 mm som slangen skulle åka igenom med en låsmekanism som skulle tillåta slangen att föras in i spåret men inte ut ur spåret utan att låsmekanismen öppnats. Detta skulle göra det omöjligt att slangen skulle hoppa av medan slangstyrningen fortfarande skulle vara enkel att använda.

6.3 Slutsats

Det var i ett relativt tidigt skede som jag började fundera på vilket företag jag skulle vilja och få möjligheten att utföra mitt examensarbete. Den andra praktiken som jag utförde på Scantube så gav dem mig erbjudandet att utföra projektet hos dem. Då jag hade arbetat där förut och visste att företaget hade en trevlig arbetsmiljö som jag trivdes mycket bra i så var valet inte så svårt. De erbjöd mig två alternativ att välja mellan men då detta kändes som att det skulle gagna företaget mest så valde jag därefter.

Under tiden som jag har arbetat på detta projekt har jag lärt mig mycket. Några påtagliga saker är hur ett projekt tas vidare, Solidworks och nya sätt att se på problem och lösa dem. Det var även intressant att få diskutera igenom olika delösningar och problem med nyckelpersonerna i detta projekt och komma fram till lösningar som båda parter trodde att skulle fungera och sedan få se att lösningarna faktiskt fungerade i verkligheten också och inte bara till pappers.

De teoretiska och praktiska delarna av detta projekt har givit mig en nyttig och bra insikt i hur projekt av denna typ kan utföras. Det finns massvis med olika utvecklings- och problemlösningsmetoder som man kan tillgå för att förhoppningsvis möta projektets alla krav och önskemål. Med detta sagt så har jag några gånger insett att tillvägagångssättet jag använde mig av inte var det mest gynnsamma i ett specifikt problemområde, då fick jag tänka om och försökt att se på problemet från en annan vinkel med nya ögon vilket har visat sig vara väldigt effektivt.

Jag vill tacka samtliga inblandade för all hjälp och speciellt Scantube, Markus Clemes, Kenneth Ehrström och Markus Karlsson som har varit engagerade och tagit sig tid till detta projekt.

7 Källförteckning

- Arbetsmiljöverket. (den 10 10 2018). Hämtat från <https://www.av.se/halsa-och-sakerhet/arbetsstallning-och-belastning---ergonomi/#1>
- IEEE press. (den 4 10 2018). *Linjearpotentiometers*. Hämtat från <https://www.globalspec.com/linjearpotentiometers>
- Johannesson, H. (2013). *Produktutveckling, andra upplagan*. Stockholm: Liber.
- Kamm, L. J. (1996). *Understanding electro-mechanical engineering*. IEEE press.
- Lindahl, P. E. (1996). *Mätgivare, mätning av mekaniska storheter och temperatur*. Studentlitteratur.
- Mathiassen, S. E. (2007). *Ergonomi för ett gott arbete*. Stockholm: Prevent.
- Mägi, M. (2017). *Maskinelement första upplagan*. Lund: Studentlitteratur.
- Optinova. (den 29 9 2018). *decades of advanced tubing*. Hämtat från <https://www.optinova.com/about/decades-advanced-tubing>
- Optinova. (den 11 09 2018). *History*. Hämtat från www.optinova.com: <https://www.optinova.com/about/decades-advanced-tubing>
- ScanTube. (den 29 9 2018). *Material*. Hämtat från <http://www.scantube.com/material/index.php>
- ScanTube. (den 29 9 2018). *Produkter*. Hämtat från <http://www.scantube.com/produkter/index.php>
- Ulrich, K. T. (2014). *Produktutveckling, konstruktion och design*. Lund: Studentlitteratur AB.

FMEA Felmod- och effektanalys

Detaljnamn
Spolbock

Deltagare
Jonas Lind, Markus Clemes, Oskar Vuoristo

Projektleddare

Datum
05.12.2018

Uppröjningsdatum

Nummer	Komponent/ operation/ huvudfunktion	Funktion	Felkarakteristik			Nuvarande tillstånd				
			Felmöjlighet	Feleffekt	Felorsak	Kontroll	Fel-sannolikhet	Allvarlighet	Uppträks-sannolikhet	Risiktal
	Vad skall hända		Vad kan gå fel	Vad kunde hända om det inträffar	Vad kan orsaken vara	Vilka förbyggande kontrollåtgärder utförs idag?	Vad är sannolikheten att det inträffar och har denna orsak (1-10)	Hur allvarlig är skadan (1-10)	Vad är sannolikheten att inte upptäcka felet innan det inträffar (1-10)	
1	Elmotorerna	Rotera spolen	Fastna	Person- och mekaniska skador	Ouppmärksam	Sänkt rotationsmoment	2	7	8	112
2	Spolbocken	Spola om slang	Välta	Arbetsbalken faller till botten	Ouppmärksam	Bultas fast i golvet	3	8	8	192
3	Höj- och sänk funktionen	Höj/sänk arbetshöjden	Skruvfunktionen falerar	Person- och mekaniska skador	Mekaniska fel	Det görs inga idag	2	6	9	108
4	Potentiometern	Rotations hastighet	Klämmrisk	Person- och mekaniska skador	Ouppmärksam	Det görs inga idag	3	4	8	96
5	Pedalen	Öka/sänka rotationshastigheten	Elmotorerna låses på fullt varvtal	Person- och mekaniska skador	Mekaniska fel	Det görs inga idag	5	6	8	240
6	Låsmutter	Låsa fast spolen	Låsmuttern lossnar	Spolen lossnar	Ouppmärksamhet/ mekaniska fel	Det görs inga idag	6	7	8	336
7	Spolarna	Hålla slang	Oreda på spolen	Slangen sträcks /Mekaniska skador	Ouppmärksamhet i produktionen	Elektroniskt stopp i potentiometern	2	2	5	20
8	Spolmotor lossnar eller axeln går av	Hålla spolarna	Axeln brister/Bultarna lossnar/Gångorna dras ut	Spolen lossnar	Utmattning	Det görs inga idag	5	8	8	320

Skala	Allvarlighet	Felsannolikhet	Uppträks-sannolikhet
9-10	Katastrofal	Ofra förekommande	Svårupptäckt och uppmärksammas inte
6-8	Betydande	Vanligt	Uppträcks efter att det inträffat
3-5	Måttlig	Ovanligt	Uppträcks kanske
1-2	Försumbar	Sällsynt	Felet upptäcks nästan säkert

