



CHALMERS



Automatisering av monteringen av o-ringar

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

William Borland
Viktor Hagén

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2024

www.chalmers.se

Förord

Gruppen fick som ett avslutande uppdrag av Chalmers tekniska högskola att skriva ett examensarbete på 15 hp. Gruppmedlemmarna som studerade högskoleingenjörsprogrammet, maskinteknik hörde av sig till Gasiq AB i Stenkullen, Lerum. Detta för att undersöka möjligheten att kunna utföra examensarbetet hos dem. Gasiq AB var positiva till att studenterna hört av sig och gav gruppen fria tyglar att lägga upp arbetet. Gruppen ville titta på ett område som företaget hade användning av och i samråd med Gasiq AB beslutade de att titta på o-ringsmontering. Därefter hörde gruppen av sig till tekniklektorn Torbjörn Ylipää om hans möjlighet att vara handledare och examinator under examensarbetet. Hans svar var positivt och var gärna gruppens handledare och examinator.

Vi vill tacka Gasiq AB, speciellt Daniel Walfridsson och David Koljo som har varit gruppens kontaktpersoner/handledare hos Gasiq AB.

Vi vill tacka Chalmers tekniska högskola för en stabil grund av kunskaper att ta med till fortsatt arbete inom industrin.

Vi vill tacka tekniklektorn Torbjörn Ylipää för att ha varit gruppens handledare på Chalmers tekniska högskola under examensarbetet.

Till sist vill vi tacka senior forskningsingenjör Sven Ekered för inspiration och hjälp med arbetet i CAD.

Sammanfattning

Arbetet behandlar utvecklingen av ett koncept för automatisering av monteringen av o-ringar hos Gasiq AB, Stenkullen. Detta studeras i rapporten för att undersöka möjligheten att gå från att montera o-ringar med enkla verktyg till att automatisera processen. Gruppen utförde arbetet hos Gasiq AB samt på Chalmers, Lindholmen. Det är en komplicerad process för Gasiq att byta material på detaljer, då produkten måste verifieras och bli godkänd av en tredje part. Gruppen avgränsar därför arbetet med att använda sig av de nuvarande materialvalen och istället enbart studera monteringsprocessen av o-ringar. Eftersom budgeten för att realisera den slutgiltiga lösningen inte har diskuterats med företaget så byggs ingen prototyp utan arbetet stannar i konceptstadiet. Arbetet utfördes i tre etapper i följande ordning. I första etappen etablerades projektet, vad som ger en bra lösning på problemet och vad företaget har för önsknings kring lösningen. I andra etappen tittade gruppen på alternativa lösningar, skapande av ett vinnande koncept och realisering av konceptet genom en CAD-modell. CAD står för *computer aided design* och är ett verktyg för att konstruera och visualisera saker i 3D. I sista etappen sammanställde gruppen rapporten.

Viktiga resultat från arbetet är experimentet, konceptgenereringen, det slutgiltiga resultatet samt en CAD-modell. Från experimentet konstaterade gruppen att det är möjligt att använda samma utrustning för monteringen av o-ringar för de två olika varianterna. Detta då o-ringarna för de två varianterna kan utvidgas till en gemensam tillräcklig dimension, för att lätt kunna monteras på mässingsdetaljerna. Efter konceptgenereringen fick gruppen en stor förståelse för flera möjliga lösningar på koncept, vilka löste problemet på olika sätt. Det gav gruppen en större förståelse på problemet samt hur det kan lösas. Gruppen kom sedan fram till ett vinnande koncept med en rimlig lösning på problemet. Den kunde sedan vidareutvecklas och förverkligas i CAD för att få en tydligare och mer konkret bild av den slutgiltiga lösningen.

Summary

The report is about the development of a concept for automating the assembly of o-rings at Gasiq AB, Sweden. The report investigates the possibility of changing the assembly of o-rings with simple tools to automating the process with machines. The group carried out the work at Gasiq AB and at Chalmers, Sweden. It is a complicated process for Gasiq AB to change materials on parts, due the product must be verified and approved by a third party. The group therefore limits the work to using the current material choices and focus on the assembly process of o-rings. Since the budget for realizing a final solution has not been discussed with the company, no prototype is built, the work stops in the concept stage. The work was carried out in three stages in the following order. In the first stage, the project was established, the group looked at good solutions to the problem and what the company's wishes were to the solution. In the second stage, the group looked at alternative solutions, creating a winning concept and realizing the concept through a CAD-model. CAD stands for *computer aided design* and is a tool for constructing and visualizing things in 3D. In the final stage, the group worked on the report.

Important results from the work are the experiment, concept generation, the final result and a CAD-model. From the experiment, the group concluded that it is possible to use the same equipment for the assembly of o-rings for the two different variants. This is because the o-rings for the two variants can be extended to a common sufficient dimension, so that it can be easily mounted on the part. After the concept generation, the group gained a great understanding of many possible solutions to concepts, which solved the problem in different ways. This gave the group a better understanding of the problem and how it can be solved. The group then came up with a winning concept, with a logical solution to the problem. It could then be further developed and realized in CAD to get a clearer and more concrete picture of the final solution.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte.....	2
1.3	Avgränsningar.....	2
1.4	Precisering av frågeställningen.....	3
2	TEORETISK REFERENSRAM.....	4
2.1	O-ringen som packning.....	4
2.2	Tidigare lösningar för att montera o-ringar.....	4
3	METOD.....	5
3.1	Arbetsgång.....	5
3.2	Experiment.....	5
4	MATERIAL.....	6
4.1	Kort om materialen på o-ringarna.....	6
4.2	Experiment.....	6
5	BESKRIV LÖSNINGEN.....	8
5.1	Funktioner hos lösningen.....	8
5.1.1	Huvudfunktioner.....	8
5.1.2	Tilläggsfunktioner.....	8
5.1.3	Oönskade funktioner.....	8
6	KARTLÄGGNING AV FÖRETAGETS RÖST.....	9
6.1	Uttalade önskemål från företaget.....	9
6.2	Kravspecifikation.....	9
6.2.1	Rangordning av kraven.....	9
7	ANALYS AV ALTERNATIVA LÖSNINGAR.....	10
7.1	Funktionsanalys.....	10
7.2	Inventera kända idéer och koncept.....	10
7.2.1	Patent på en automatiserad o-rings station.....	10
7.2.2	Lösningar från AIS.....	11
7.2.3	Lösningar från Stena Industry Innovation-Lab på Chalmers.....	12
7.3	Fri idégenerering.....	13
7.4	Genererade lösningar.....	14
7.5	Konceptkatalog.....	15
8	SKAPANDE AV VINNANDE KONCEPT.....	17
8.2	Pugh.....	17
8.3	Kesselring.....	18
9	REALISERING AV KONCEPTET.....	22
9.1	Träddiagram.....	22
9.2	Vidareutveckling från konceptkatalogen.....	22
9.3	Koncept i CAD.....	23
10	SLUTSATS.....	26
10.1	Erfarenheter från projektet.....	26
10.2	Möter arbetet syftet med projektet.....	26

10.4 Resultat.....	26
10.5 Svarar arbetet på frågeställningarna.....	27
10.6 Rekommendationer till fortsatt arbete.....	27
REFERENSER.....	28

Beteckningar

Nedan förklaras begrepp som kan uppfattas oklara för läsaren. Vid oklarheter kring ett begrepp vänligen återbesök denna del av rapporten.

- I kapitel 1.1 förekommer ordet *batcher* med det menas en producerad samling av samma variant.
- I tabell 7.2 betyder additionstecknet: *eller*, det vill säga att två olika lösningar kan förekomma i samma lösningsgrupp.
- I tabell 7.2 förekommer ordet *robot*, robot syftar på en articulated-robot, som syns i figur 7.8.
- I tabell 7.2 förekommer frasen *mekanisk konstruktion*, detta syftar på en egen konstruktion som inte nödvändigtvis köps in. Dock kan den utformas på sådant vis att konstruktionen programmeras med en PLC.
- PLC står för *programmable logic controller*.
- Pneumatik betyder *tryckluftteknik*.
- Ordet manipulator som förekommer i rapporten är ett samlingsnamn för olika robotars mekaniska konstruktion. Till exempel: articulated-robot och SCARA-robot.
- CAD står för *computer aided design*.
- Ordet *part* är en separat del designad i CAD.
- Ordet *subassembly* är när två eller fler parts monteras ihop i CAD. En subassembly är tänkt att flyttas in i en *assembly* med fler subassemblys inuti.
- I tabell 6.1 förekommer ordet *bas* som menas med en funktion som måste vara med.
- I tabell 6.1 förekommer ordet *uttalande* som menas med en funktion som är bra om den är med i lösningen.
- I tabell 6.2 förekommer frasen *pricken över i:et* som menas med en finess som ger en lösning ett högre kundvärde.

1 INLEDNING

Två studenter från Chalmers tekniska högskola kommer att tillsammans med företaget Gasiq AB undersöka möjligheterna till en effektivare lösning för deras monteringsstation av o-ringar.

1.1 Bakgrund

Företaget Gasiq ser en möjlighet att spara resurser i produktionen genom att automatisera, alternativt halv-automatisera monteringen av o-ringar till deras mässingsdetaljer, se figur 1.1 samt figur 1.2 nedan. Komponenterna används flitigt i deras produkter. Monteringen görs idag förhand, en åt gången och i stora batcher. Ett tidskrävande och repetitivt arbete för operatören. Operatören har idag tillgång till ett koniskt verktyg där o-ringarna rullas på inför monteringen, se figur 1.3. Det koniska verktyget fungerar dåligt till de gröna o-ringarna av viton, eftersom de enkelt kan brista.



Figur 1.1 En mässingsdetalj med samtliga komponenter av variant 1.



Figur 1.2 En mässingsdetalj med samtliga komponenter av variant 2.



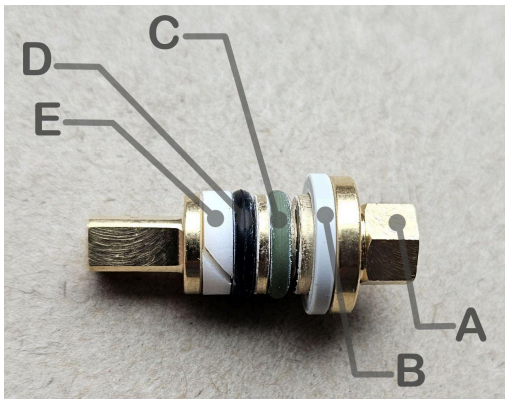
Figur 1.3 Det koniska verktyget som används vid monteringen av o-ringar.

1.2 Syfte

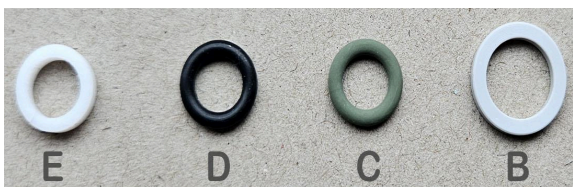
Syftet med projektet är att komma fram till en effektivare lösning för att montera o-ringar hos Gasiq AB. Lösningen ska visualiseras med antingen en prototyp, digitalt koncept i CAD eller alternativt en simulering för att testa och utvärdera lösningen, beroende på slutgiltig lösning.

1.3 Avgränsningar

Avgränsningar skapas tillsammans med Gasiq AB för att definiera vad projektet kommer att behandla. Arbetet kommer att fokusera på monteringen av o-ringarna C och D, se figur 1.4 samt figur 1.5 nedan. Beroende på den lösning arbetet leder fram till, kommer monteringen av plastdelarna B, E och infettningen av o-ringar att i olika grad omfattas av automation. Arbetet kommer inte att ändra material på produktens komponenter. Arbetet kommer inte att förklara produktens materialval eller komponenternas placering på mässingsdetaljen. Arbetet kommer emellertid att undersöka enklare teknisk data för materialet hos o-ringarna i ett monterings syfte. Monteringen av o-ringarna görs inomhus i rumstemperatur. Arbetet kommer inte att undersöka hur monteringen påverkas av kärvara miljöer. Den slutgiltiga lösningen kommer att ha tillgång till elektricitet och pneumatik. Arbetet kommer att behandla både automatiska och halvautomatiska lösningar.



Figur 1.4 Där materialen viton (C) och nitril (D) används för o-ringarna.



Figur 1.5 En förtydligande bild över o-ringarna, samt plastdelarna.

1.4 Precisering av frågeställningen

Utifrån syftet har dessa frågor tagits fram och skall besvaras under arbetet.

- Går det att automatisera o-rings monteringen?
- Kan man spara tid vid automatisering av o-rings monteringsstationen?
- Fungerar den teoretiska lösningen i praktiken?

2 TEORETISK REFERENSRAM

I kapitlet behandlas hur o-ringen kom till som packning och vad som tidigare gjorts för att montera o-ringar på detaljer.

2.1 O-ringen som packning

Det första patentet för en o-ring kom år 1896 av svensken J. O. Lundberg, COR Manufacturing (8). Därefter patenterades en förbättrad design av Niels Christensen i USA (9), år 1937. Den amerikanska designen ser ut som den traditionella o-ringen som finns idag.

2.2 Tidigare lösningar för att montera o-ringar.

O-ringar har alltid kunnat monteras för hand, utan eller med enklare verktyg. I kapitel 8 inventeras modernare idéer och koncept med figurer. Dessa har ett större fokus på automation.

3 METOD

Metodkapitlet beskriver hur arbetet gick till under projektets gång.

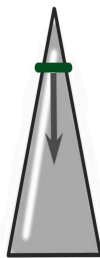
3.1 Arbetsgång

Arbetet följde två Gantt-scheman som togs fram. Först gjordes en planeringsrapport där gruppen bekantade sig med problemet och företaget samt företagens önsksningar kring problemet. Gruppen preciserade i detta stadiet även vad som ska ingå och inte ingå i arbetet genom att sätta avgränsningar.

Projektet planerades sedan i tre etapper. I första etappen ingick etableringen av projektet, en mer detaljerad kartläggning av kundens röst och beskrivningen av lösningen. I andra etappen undersöktes alternativa lösningar till problemet. Detta genom att utföra en funktionsanalys, titta på tidigare patent och undersöka vad som skulle ge ett högre kundvärde. Därefter använde gruppen matriser för att få fram ett vinnande koncept till problemet. Dessa var följande: Pughmatris och Kesselringmatris. I sista etappen skedde realiseringen av det vinnande konceptet. Från en idéskiss på papper till ett koncept i CAD med tillhörande råd för att köpa in och montera moduler, vilka behövs för att få en fysisk lösning.

3.2 Experiment

Gruppen planerade och genomförde ett experiment för att testa töjningen av o-ringarna, se kapitel 4. Experimentet var inspirerat av den tidigare lösningen för att montera o-ringar, se figur 1.3. Gruppen använde sig av ett konformat verktyg, se figur 3.1 och rullade ner o-ringarna tills de gick sönder och dokumenterade hur mycket de kan töjas ut.



Figur 3.1: En bild på hur experimentet utfördes.

4 MATERIAL

Då ett alternativt materialval för o-ringarna inte är av intresse för Gasiq, anpassas den slutgiltiga monteringsprocessen av det aktuella materialvalet.

4.1 Kort om materialen på o-ringarna

O-ringarna som används till komponenterna är av nitril och viton. Den svarta o-ringens är av nitril. Nitril är syntetiska gummipolymerer. Egenskaperna hos nitril varierar med polymerens nitril sammansättning, Proseal (4). Ökar mängden nitril i polymeren minskar flexibiliteten hos o-ringens. Emellertid ökar dess oljebeständighet. Den gröna o-ringens är av viton. Viton passar bra i miljöer med mycket kemikalier, Proseal (5). Nackdelen med viton är att det har låg köld resistens och tappar tätningsförmåga vid redan -25 °C i statisk drift.

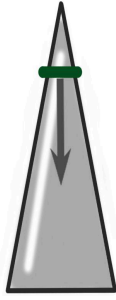
4.2 Experiment

Gruppen valde att utföra ett experiment, enligt figur 4.1. Detta för att undersöka hur mycket o-ringarna kan töjas innan de brister. Den minsta inre omkretsen vid brott blir då dimensionerande för monteringsverktyget. Se tabell 4.1. Först testades de större o-ringarna av variant 2, vilka kunde enkelt töjas till 60mm. Gruppen gjorde antagelserna att de större o-ringarna antagligen inte kommer vara dimensionerande för systemet och att 60mm skulle räcka för monteringen och valde att inte utföra fler tester med dem. Viton o-ringens var dock något uttöjd efter experimentet, se figur 4.3. Den återgick till sin form senare. Gruppen testade därefter de mindre o-ringarna av variant 1. Vid test av o-ringarna av viton fick gruppen ett brott vid 51mm. Se figur 4.4. Gruppen valde att utföra ytterligare ett test med samma sorts o-ring och fick då ett brott vid 45mm. Det dimensionerande måttet för monteringsverktyget blir då < 45mm. Nitril o-ringens testades därefter för att se om den kunde töjas över 45mm, vilket den enkelt kunde.

Då den största mässingsdetaljen har en omkrets på 30mm vid det bredaste området där o-ringarna kommer att passera, visar experimentet att det är möjligt att båda varianterna av mässingsdetaljer kan få o-ringar monterade i ett gemensamt system.

Tabell 4.1 sammanställer mätningarna från experimentet. Utfört: 2024-04-10.

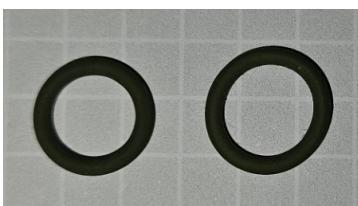
Typ av o-ring	Uppmätt inre omkrets vid töjning (mm)
Variant 1 nitril (svart)	46
Variant 1 viton (grön)	51 (brott)
Variant 1 viton (grön)	45 (brott)
Variant 2 nitril (svart)	60
Variant 2 viton (grön)	60



Figur 4.1 visar hur experimentet utfördes.



Figur 4.2 visar de fyra olika o-ringarna under experimentet.



Figur 4.3 visar viton o-ringarna av variant 2 före och efter experimentet.



Figur 4.4 visar viton o-ringarna av variant 1 före och efter experimentet.

5 BESKRIV LÖSNINGEN

Lösningens kvalitet gentemot företaget kan beskrivas med kundvärde. Kundvärde kan ses som en viktning mellan uppfattad tillfredsställelse och tillförda resurser, The Elements of Value (1). Den uppfattade tillfredsställelsen är hur nöjd företaget är med upplevelsen. De tillförda resurserna är vad det kostar, både i tid och ekonomiskt för att tillämpa lösningen.

5.1 Funktioner hos lösningen.

Med hjälp av boken “The value model”, Lindstedt (7) kan gruppen undersöka lösningens funktioner med fokus på kundvärde.

5.1.1 Huvudfunktioner

Huvudfunktionen är att montera o-ringar på mässingsdetaljerna. Se figur 1.1 samt figur 1.2.

5.1.2 Tilläggsfunktioner

Tilläggsfunktioner ökar kundvärdet och presenteras i en punktlista nedan:

- Systemet fettar in o-ringarna.
- Systemet förflyttar o-ringar.
- Systemet monterar plastdetaljerna.
- Systemet förflyttar mässingsdetaljerna.
- Systemet skiljer på mässingsdetaljerna.
- Systemet synliggör när det uppstår problem i monteringen.
- Systemet är ergonomiskt för operatören.
- Systemet är enkelt för operatören att förstå och arbeta med.

5.1.3 Önskade funktioner

Underhåll av systemet är en önskad funktion. Underhåll önskas att göras mellan långa intervaller, dock ska det vara enkelt att utföra när det är dags. Genom att tillämpa funktioner som smörjer, skyddar och håller undan smuts från till exempel rörliga delar hos systemet, kan serviceintervallerna förlängas. Detta leder till ett högre kundvärde för företaget.

6 KARTLÄGGNING AV FÖRETAGETS RÖST

Vid gruppens besök hos Gasiq diskuterades vilka krav/önskemål företaget har på automatiseringen av o-ringsmonteringsstationen. De gav gruppen önskemål som de önskade att studera med projektet. Dessa går att läsa i 6.1 nedan.

6.1 Uttalade önskemål från företaget

Företaget har kommit med följande önskemål:

- Lösningen önskas kunna arbeta utan en operatörs inblandning.
- Stationens monteringsstid behöver inte bli kortare än idag om ovanstående önskemål uppfylls. I nuläget är monteringsstiden cirka 30 sekunder.
- O-ringarna önskas infettas automatiskt.
- Mässingsdetaljerna finns i två varianter. Gasiq har ett krav att de kan få o-ringar monterade i ett gemensamt system.

6.2 Kravspecifikation

För att gruppen ska kunna arbeta med önskemålen från företaget måste dessa utvärderas. Detta för att få en tydligare och gemensam bild av dem.

6.2.1 Rangordning av kraven

De önskemål som gruppen tagit fram från Gasiq delas in i vilken typ av krav de är. Detta går att se i tabell 6.1 nedan. Gruppen lade därefter till önskemål som skulle ge ett högre kundvärde i tabell 6.2.

Tabell 6.1 presenterar kraven från Gasiq AB. Ö = önskemål, K = krav.

Rang	Krav från Gasiq	
Bas	Lösningen önskas kunna arbeta utan en operatör	Ö
Bas	Stationens monteringsstid ska vara runt 30 sekunder	Ö
Uttalande	O-ringarna infettas automatiskt	Ö
	Mässingsdetaljerna kan få o-ringar monterade i ett gemensamt system	K

Tabell 6.2 presenterar önskemål gruppen lagt till. Vilka ger ett högre kundvärde.

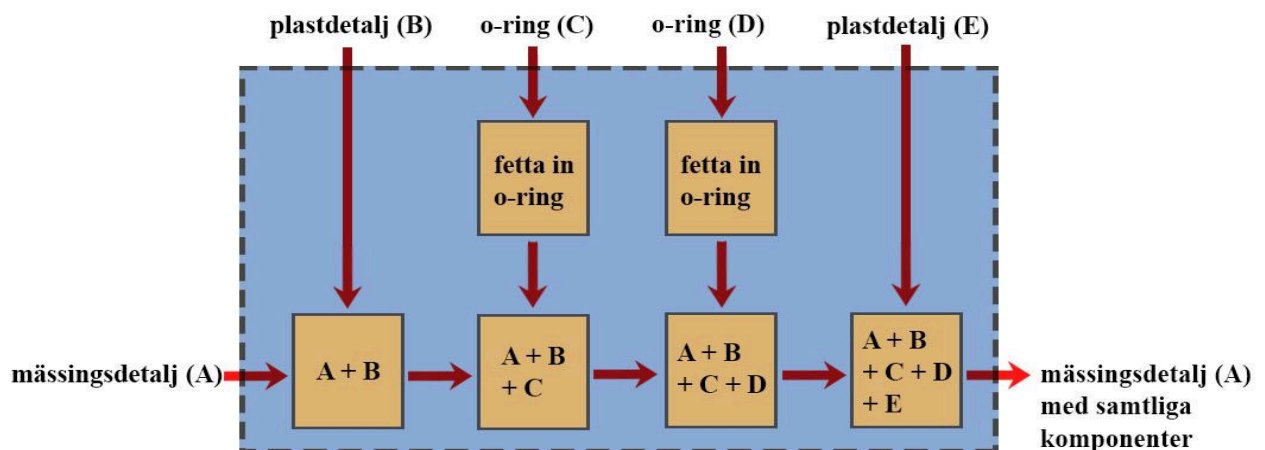
Rang	Önskemål från gruppen	
Pricken över i:et	Sparsamt med komponenter	Ö
Pricken över i:et	Minimera upptaget utrymme	Ö
Pricken över i:et	Mindre energikrävande	Ö

7 ANALYS AV ALTERNATIVA LÖSNINGAR

I kapitlet analyserar gruppen patent, existerande idéer och lösningar till liknande problem. Detta för att få en djupare förståelse kring hur problemet kan lösas. Gruppen utför även en fri idégenerering för att bredda antalet möjliga lösningar med egna idéer.

7.1 Funktionsanalys

Flödesmodellen nedan, se figur 7.1, presenterar funktioner kopplade till montering i den ordning de ska utföras. Flödesmodellen i kombination med tabell 7.1 nedan underlättar för gruppen att se var kundvärde för lösningen kan skapas, alternativt förloras.



Figur 7.1 visar lösningens funktion genom en flödesmodell.

7.2 Inventera kända idéer och koncept

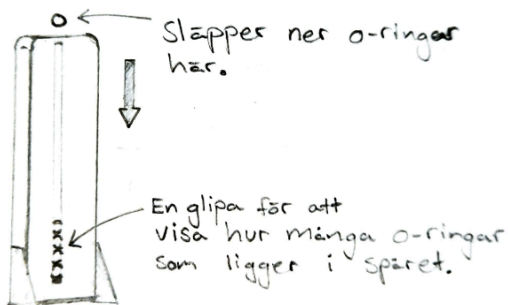
Nedan presenteras redan existerande lösningar, vilka kommer användas som inspiration till den slutgiltiga lösningen.

7.2.1 Patent på en automatiserad o-rings station

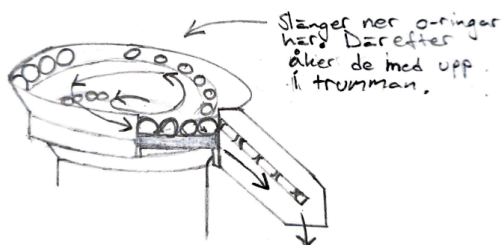
Gruppen hittade ett kinesiskt patent på en automatiserad o-ringsstation från företaget Hangzhou gaopin automation equipment co (2). Systemet fungerar genom att en trumma vibrerar. När o-ringar fylls på i trumman matas de ut av vibrationerna i ett spår. Spåret går till ett o-rings monteringsverktyg. Verktuget drivs av pneumatik och plockar upp o-ringarna från spåret. Därefter monteras o-ringarna på detaljer.

7.2.2 Lösningar från AIS

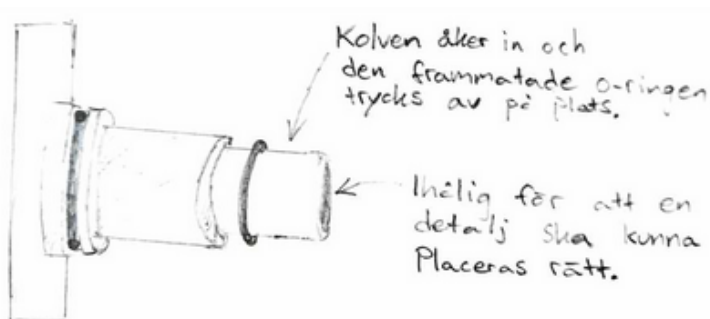
Företaget Automated Industrial Systems (3) från USA har flera lösningar kring automatiserade o-rings stationer. Figur 7.4 visar ett spår, vilket fylls på ovanifrån med o-ringar. En lösning som hittas hos produkten ASP-1 LV och används för att leda fram o-ringar till montering. Figur 7.5 visar en trumma som matar fram o-ringar till ett spår för att därefter monteras. En lösning som finns till exempel hos produkten ASP-2. Gemensamt för ASP-1 LV och ASP-2 är mekanismen för att montera o-ringar, se figur 7.6. Cylindern kommer ut genom spårets nedre del. Där plockar den upp en o-ring. Sedan utvidgas cylindern och förs över detaljen till den plats där o-ringen ska monteras. Sedan trycker detaljen tillbaka cylindern in i spåret. Intill spåret går o-ringen emot en plastbricka som lossar den från cylindern och sedan monteras på detaljen.



Figur 7.4 är en skiss för att visa principen på en lösning hos ASP-1 LV.



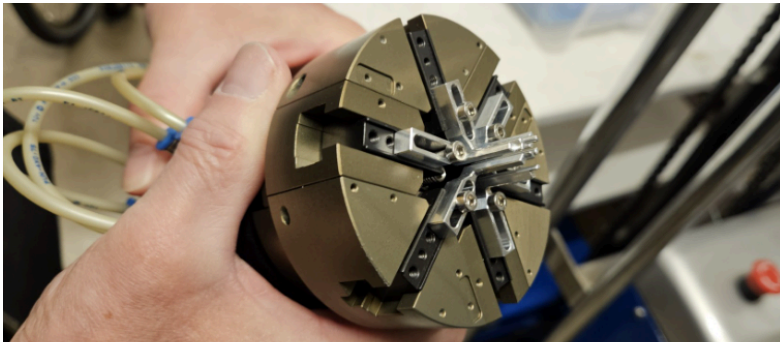
Figur 7.5 är en skiss för att visa principen på en lösning hos ASP-2.



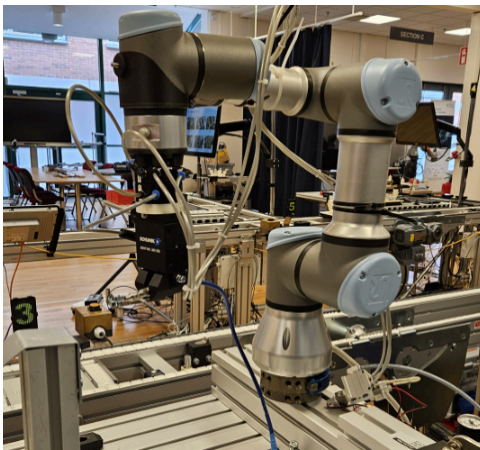
Figur 7.6 är en skiss som visualiserar AIS monteringsfunktion.

7.2.3 Lösningar från Stena Industry Innovation-Lab på Chalmers

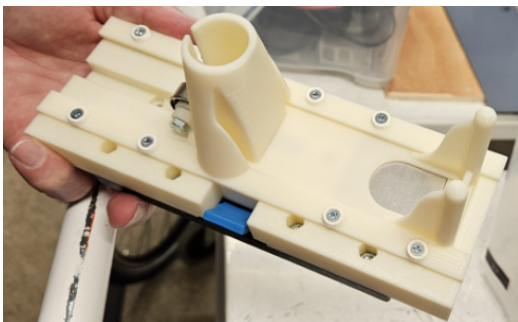
Efter ett besök på Chalmers SII-lab hittades befintliga lösningar för att både mata fram och montera o-ringar med hjälp av robotar. I figur 7.7 syns en o-ringsmonterare, som monteras som verktyg på en robot. I figur 7.8 syns en articulated-robot. I figur 7.9 syns en o-ringframmatare utvecklad av Sven Ekered, ansvarig för produktion laboratoriet IMS på Chalmers. O-ringsmataren är för större o-ringar och kompatibel med monteringsverktyget i figur 7.7.



Figur 7.7 visar ett o-ring monteringsverktyg från företaget Schunk.



Figur 7.8 visar en articulated-robot från företaget Schunk.



Figur 7.9 visar Sven Ekereds o-ringframmatare.

7.3 Fri idégenerering

Gruppen sammanställer alternativa lösningar till funktionerna som togs fram i kapitel 5, se tabell 7.1 nedan. Detta genom en kombination av fri idégenerering och att tidigare inventerat kända koncept och idéer.

Tabell 7.1 visar delfunktioner med lösningar. *H* = huvudfunktioner, *T* = tilläggfunktioner, *O* = önskade funktioner.

Delfunktioner	Alternativa lösningar
Montera o-ringar (H)	<ul style="list-style-type: none"> ● robot/ manipulator ● mekanisk konstruktion
Fettar in o-ringar (T)	<ul style="list-style-type: none"> ● pensel med fett ● bad i fett ● infettade av operatören innan
Förflyttar o-ringar (T)	<ul style="list-style-type: none"> ● förhand av operatören ● vibrerande trumma ● roterande trumma ● lägger upp dem i ett fallande spår
Monterar plastdetaljerna (T)	<ul style="list-style-type: none"> ● förhand av operatören ● robot/ manipulator ● mekanisk konstruktion
Förflyttar mässingsdetaljerna (T)	<ul style="list-style-type: none"> ● förhand av operatören ● rullande band ● robot/ manipulator
Skiljer på mässingsdetaljerna (T)	<ul style="list-style-type: none"> ● kapacitiva sensorer ● mekaniska spärrar ● operatören skiljer dem
Synliggör när det uppstår problem i monteringen (T)	<ul style="list-style-type: none"> ● lampor ● ljud ● lampor och ljud ● operatörens uppmärksamhet
Ergonomi (T)	<ul style="list-style-type: none"> ● ergonomiska åtgärder ● inga åtgärder
Enkelt för operatören att förstå och arbeta med systemet (T)	<ul style="list-style-type: none"> ● dekaler med information ● inga åtgärder
Underhåll (O)	<ul style="list-style-type: none"> ● skydd mot damm ● inga åtgärder

7.4 Genererade lösningar

Idéerna i 7.3 lades in i programvaran Morpheus, se matris 7.1 nedan. Från programmet genererades totallösningar, totalt 20736 st. Dessa är kombinationer av alla möjliga uppsättningar av de olika funktionerna.

Matris 7.1 är en Morfologiskmatris.

Sub-Functions	Sub-Solutions			
Montera o-ringar	robot/ manipulator	mekanisk konstruktion		
Fettar in o-ringar	pensel med fett	bad i fett	infettade av operatören innan	
Förflyttar o-ringar	förhand av operatören	vibrerande trumma	roterande trumma	lägger upp dem i ett fallande spår
Monterar plastdetaljer	förhand av operatören	robot/ manipulator	mekanisk konstruktion	
Förflyttar mässingsdetaljerna	förhand av operatören	rullande band	robot/ manipulator	
Skiljer på mässingsdetaljerna	kapacitiva sensorer	mekaniska spärrar	operatören skiljer dem	
Synliggör när det uppstår problem i monteringen	lampor	ljud	lampor och ljud	operatörens uppmärksamhet
Ergonomi	ergonomiska åtgärder	inga åtgärder		
Enkelt för operatören att förstå och arbeta med systemet	dekaler med information	inga åtgärder		
Underhåll	skydd mot damm	inga åtgärder		

Efter att gruppen studerat de 20736 st helhetslösningarna konstaterades det att vissa kombinationer var orimliga i praktiken, inte fungerar ihop, samt att några alternativ hade gett ett för lågt kundvärde för att fortsätta arbetet med. Gruppen reducerade helhetslösningarna med hänsyn till detta. Efter reduceringen blev helhetslösningarna totalt 96 st. Detta fungerade liknande som om en elimineringsmatris hade använts. Helhetslösningarna kategoriseras i snarlika konceptgrupper, se tabell 7.2 nedan. Gruppen utelämnade *ergonomi*, *enkelt för operatören att förstå och arbeta med systemet* och *underhåll* i tabellen nedan. Detta för att tiden för att ordentligt titta på dessa inte räckte till. Samt att lösningar för dessa hade enkelt gått att lägga till i efterhand.

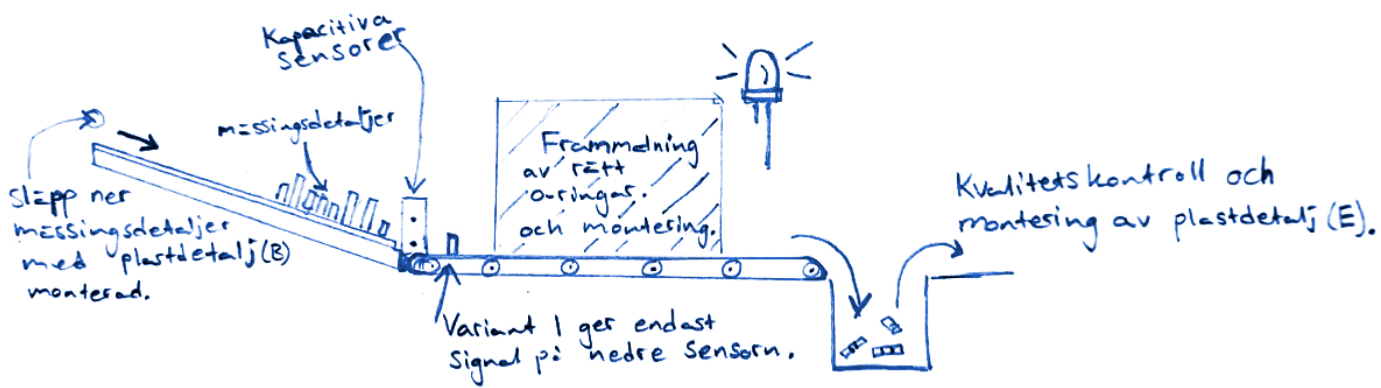
7.5 Konceptkatalog

I tabell 7.2 nedan sammanställs det reducerade antalet helhetslösningar i en konceptkatalog.

Tabell 7.2 är en konceptkatalog med nio olika lösningsgrupper.

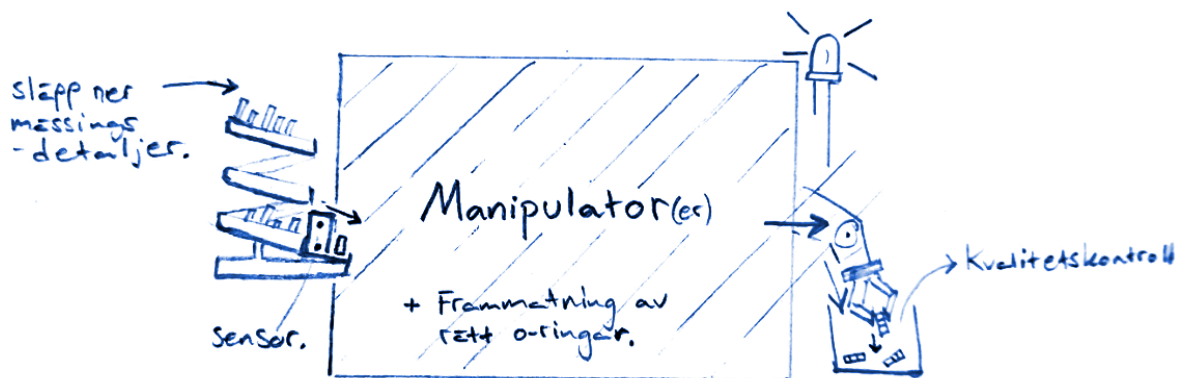
Grupp	Montera o-ringar	Fettar in o-ringar	Förflyttar o-ringar	Monterar plast-detaljer	Förflyttar mässings-detaljer	Skiljer på mässings-detaljerna	Synliggör när det uppstår problem i monteringen
A1	Mekanisk konstruktion	pensel med fett	vibrerande trumma	förhand + mekaniskt	rullande band	sensor + mekaniskt	lampor + operatörens uppmärksamhet
A2	Mekanisk konstruktion	bad i fett + infettade av operatören innan	fallande spår	förhand + mekaniskt	rullande band	sensor + mekaniskt	lampor + operatörens uppmärksamhet
A3	Mekanisk konstruktion	pensel med fett	roterande trumma	förhand + mekaniskt	rullande band	sensor + mekaniskt	lampor + operatörens uppmärksamhet
A4	Robot	pensel med fett	vibrerande trumma	förhand	rullande band + robot	sensor + mekaniskt	lampor + operatörens uppmärksamhet
A5	Robot	pensel med fett	vibrerande trumma	robot	rullande band + robot	sensor + mekaniskt	lampor + operatörens uppmärksamhet
A6	Robot	bad i fett + infettade av operatören innan	fallande spår	förhand	rullande band + robot	sensor + mekaniskt	lampor + operatörens uppmärksamhet
A7	Robot	bad i fett + infettade av operatören innan	fallande spår	robot	rullande band + robot	sensor + mekaniskt	lampor + operatörens uppmärksamhet
A8	Robot	pensel med fet	roterande trumma	förhand	rullande band + robot	sensor + mekaniskt	lampor + operatörens uppmärksamhet
A9	Robot	pensel med fet	roterande trumma	robot	rullande band + robot	sensor + mekaniskt	lampor + operatörens uppmärksamhet

De nio grupperna ovan visualiseras med två generella skisser nedan, se figur 7.8 och figur 7.9 nedan. Den första figuren, figur 7.8 är ett exempel av grupperna A1 till A3. Trots att den inte tar med detaljer från alla 32 kombinationer ger den en uppfattning av hur dessa grupper fungerar. Figuren läses från vänster till höger. Först släpps mässingsdetaljer ner, med eller utan plastdetalj monterad i en lutande bana, alternativt på ett rullande band. Den lutande banan kan lika väl vara spiralformad. Mässingsdetaljerna går förbi två kapacitiva sensorer, vilka ger signal hos båda sensorerna om det är en mässingsdetalj av variant 2 som passerar. Om det är en mässingsdetalj av variant 1 ges endast signal på den nedre sensorn. Detta genom att nyttja mässingsdetaljernas skillnad i längd. Denna information används sedan när maskinen ska montera rätt plastdetaljer och rätt o-ringar på mässingsdetaljerna. I det streckade området sker frammatning av plastdetaljer och o-ringar, samt monteras.



Figur 7.8 är ett övergripande koncept av grupperna A1, A2, A3.

Figur 7.9 är ett exempel på grupperna A4 till A9. I det streckade området placeras manipulatorer som sköter en del av frammatningen och montering av plastdetaljer och o-ringar.



Figur 7.9 är ett övergripande koncept av grupperna A4, A5, A6, A7, A8, A9.

8 SKAPANDE AV VINNANDE KONCEPT

Efter att ha tagit fram nio grupper var det dags att ta fram det bästa konceptet. Detta gjordes med hjälp av två pugh-matriser och en kesselringmatris ur boken "Produktutveckling", Johannesson (6).

8.2 Pugh

Först skapades en pugh-matris där konceptgruppen A4 var referens, se matris 8.1 nedan. I pugh-matrisen jämförs de olika konceptgrupperna emot referensen A4 utifrån de olika kriterierna. Om de utför kriteriet bättre blir det ett +, sämre så blir det ett - eller gör de det lika bra blir det en 0:a. Dessa värden läggs sedan ihop och den konceptgrupp som har högst värde blir den bästa.

Matris 8.1 Den första pugh-matrisen med A4 som referens.

Chalmers	Pughmatris								
	Skapad: 2024-04-16								
Kriterier	Lösningar								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
1. Operatör	+	-	+	x	+	-	+	0	+
2. Monteringstid	0	0	0	x	-	0	-	0	-
3. Infettning	0	0	0	x	0	0	0	0	0
4. Fungerar för båda varianterna	-	-	-	x	0	0	0	0	0
5. Sparsamt med komponenter	+	+	+	x	0	+	+	-	-
6. Upptaget utrymme	+	+	+	x	0	+	+	-	-
7. Enerikrävande	+	+	+	x	-	+	+	-	-
$\Sigma+$	4	3	4	x	1	3	4	0	1
$\Sigma 0$	2	2	2	x	4	3	2	4	2
$\Sigma -$	1	2	1	x	2	1	1	3	4
Nettovärde	3	1	3	0	-1	2	3	-3	-3
Rangordning	1:a	3:a	1:a	4:a	5:a	2:a	1:a	6:a	6:a
Vidareutveckling	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Beslut	Göra en till Pughmatris								

Efter att gruppen gjort den första pugh-matrisen fick de en rangordning, se matris 8.1 ovan. Det bestämdes då att göra ytterligare en pugh-matris där en av de mekaniska koncepten, A3, var referens. Då A4 som var referens i den första pugh-matrisen var ett robot-koncept. För att se den andra pugh-matrisen, se matris 8.2 nedan.

Matris 8.2 Den andra pugh-matrisen med A3 som referens.

Chalmers	Pughmatris								
	Skapad: 2024-04-16								
Kriterier	Lösningar								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
1. Operatör	0	-	x	-	+	-	-	0	+
2. Monteringstid	0	0	x	0	-	-	-	-	-
3. Infettning	0	0	x	0	0	0	0	0	0
4. Fungerar för båda varianterna	0	0	x	+	+	+	+	+	+
5. Sparsamt med komponenter	+	+	x	-	-	-	-	-	-
6. Upptaget utrymme	0	+	x	-	-	-	-	-	-
7. Energikrävande	0	+	x	-	-	0	0	-	-
$\Sigma+$	1	3	x	1	2	1	1	1	2
$\Sigma 0$	6	3	x	2	1	2	2	2	1
$\Sigma -$	0	1	x	4	4	4	4	4	4
Nettovärde	1	2	0	-3	-2	-3	-3	-3	-2
Rangordning	2:a	1:a	3:a	5:a	4:a	5:a	5:a	5:a	4:a
Vidareutveckling	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej
Beslut	Gå vidare till Kesselringmatris								

Efter den andra pugh-matrisen fick gruppen en tydligare syn på rangordningen då man tog hänsyn till båda matriserna. Gruppen konstaterade då att A4, A8 samt A9 utförde kriterierna sämst och sållades därmed bort.

8.3 Kesselring

Efter de båda pugh-matriserna var nästa steg att utföra en kesselringmatris. Först graderades de olika kriterierna från 1 till 5, där 5 var det bästa, se tabell 8.1. Gruppen konstaterade här att det var svårt att gradera kriteriet "Energikrävande" då gruppen inte hade någon tydlig uppfattning om exakt hur mycket energi de olika koncepten behövde. Därför tog man inte hänsyn till det kriteriet i kesselringmatrisen. När graderingen av kriterierna var klara jämfördes de olika kriterierna emot varandra, se tabell 8.2. Efter det utfördes kesselringmatrisen, se matris 8.3 nedan.

Tabell 8.1 är graderingen av kriterierna.

1. Arbeta utan en operatör		4. Gemensamt system för detaljerna	
	Betyg		Betyg
100% närvarande	1	1 detalj	1
80% närvarande	2	2 detaljer	2
50% närvarande	3	3 detaljer	3
20% närvarande	4	5 detaljer	4
Ingen operatör	5	9 detaljer	5
2. Stationens monterings tid		5. Sparsamt med komponenter	
	Betyg		Betyg
3 minuter	1	>15 komponenter	1
2 minuter	2	15 komponenter	2
60 sekunder	3	11 komponenter	3
30 sekunder (ö)	4	8 komponenter	4
20 sekunder	5	5 komponenter	5
3. O-ringarna infettas automatiskt		6. Upptaget utrymme	
	Betyg		Betyg
Omöjligt	1	> 4m ²	1
	2	4 m ²	2
halvautomatiskt	3	3 m ²	3
	4	2 m ²	4
Helautomatiskt	5	1 m ²	5

Tabell 8.2 visar jämförelsen mellan kriterierna.

Kriterium	1	2	3	4	5	6	Σ	Σ rel
1	-	0	0,5	0	1	1	2,5	0,17
2	1	-	1	1	1	1	5	0,33
3	0,5	0	-	0	0	0	0,5	0,03
4	1	0	1	-	1	1	4	0,27
5	0	0	1	0	-	0,5	1,5	0,10
6	0	0	1	0	0,5	-	1,5	0,10

Matris 8.3 Kesselringmatris

Chalmers		Kesselringmatris											
Skapad: 2024-04-16													
Kriterier		Lösningssgrupper											
		A1		A2		A3		A5		A6		A7	
Numrering	w	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t
1	0,17	4	0,67	4	0,67	4	0,67	5	0,83	3	0,50	4	0,67
2	0,33	4	1,33	4	1,33	4	1,33	3	1,00	3	1,00	3	1,00
3	0,03	5	0,17	4	0,13	5	0,17	5	0,17	4	0,13	4	0,13
4	0,27	4	1,07	4	1,07	4	1,07	4	1,07	4	1,07	4	1,07
5	0,10	2	0,20	4	0,40	2	0,20	2	0,20	3	0,30	2	0,20
6	0,10	4	0,40	5	0,50	4	0,40	2	0,20	3	0,30	2	0,20
Total			3,83		4,10		3,83		3,47		3,30		3,27
Rel total			0,93		1,00		0,93		0,85		0,80		0,80
Rangordning		2:a		1:a		2:a		3:a		4:a		5:a	
Beslut		Lösningarna i A1, A3, A5, A6 och A7 elimineras.											

Med hjälp av matriserna ovan konstaterades det att lösningssgrupp A2 hade passat Gasiq AB bättre än övriga lösningssgrupper. Se tabell 8.3 nedan.

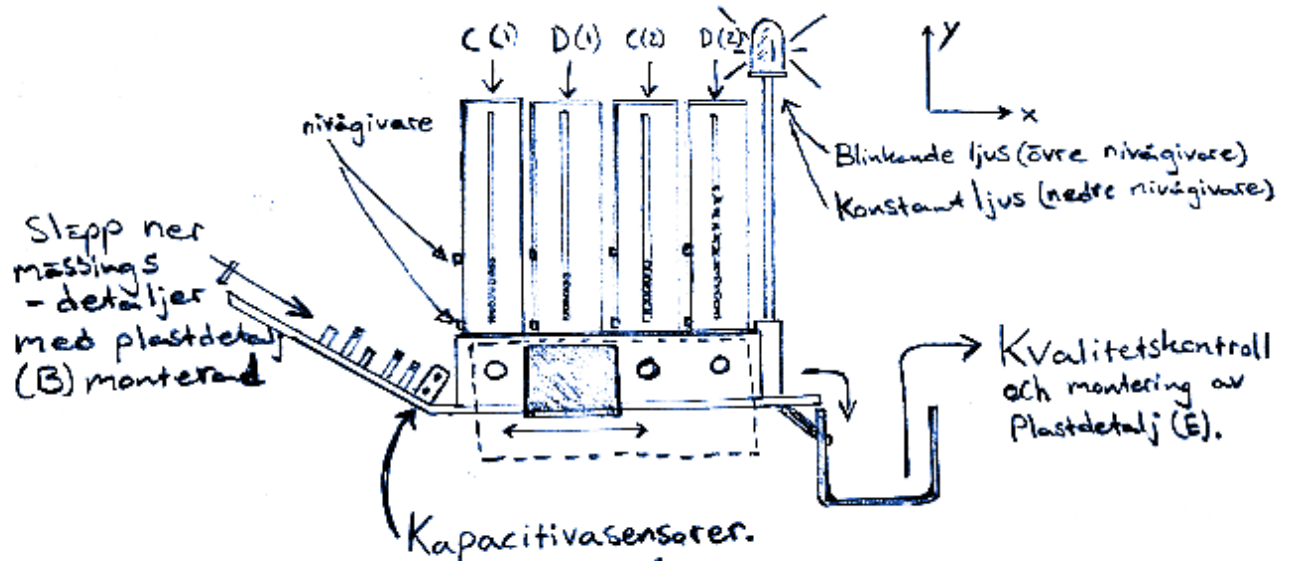
Tabell 8.3 är ett utdrag från konceptkatalogen med endast lösningssgrupp A2

Grupp	Montera o-ringar	Fettar in o-ringar	Förflyttar o-ringar	Monterar plast-detaljer	Förflyttar mässings-detaljer	Skiljer på mässings-detaljerna	Synliggör när det uppstår problem i monteringen
A2	Mekanisk konstruktion	bad i fett + infettade av operatören innan	fallande spår	förhand + mekaniskt	rullande band	sensor + mekaniskt	lampor + operatörens uppmärksamhet

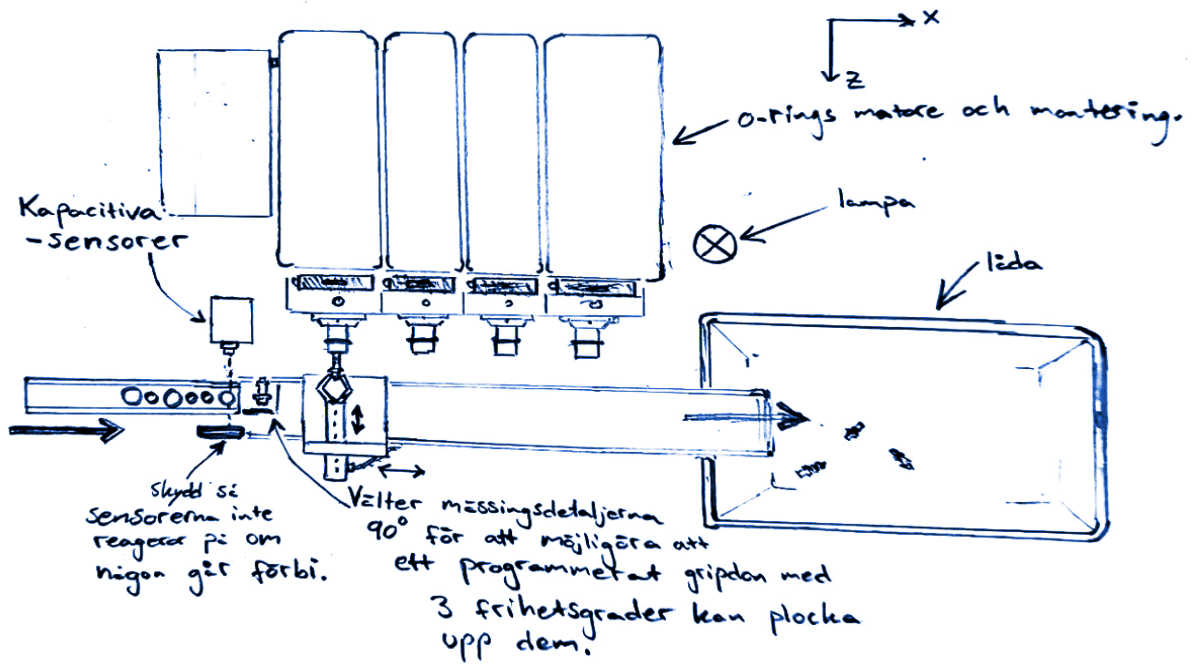
I lösningssgrupp A2 finns det fyra problem som kan lösas på två olika sätt. Se tabell 8.3.

Gruppen konstaterade i detta skedet att o-ringarna kommer fettas in i ett bad av fett längre ner i ett o-ringsmagasin. Gruppen konstaterade att plastdetaljerna är enkla att montera för hand och att en operatör är trots allt närvarande i anslutande moment. Operatören kan montera på plastdetalj B när mässingsdetaljerna placeras i systemet. Och montera plastdetalj E i samband med kvalitetskontrollen. De sista problemen längst till höger i tabell 8.3, gör gruppen en kombination av alternativen.

Gruppen skapar med hjälp av tidigare resultat två skisser över lösningssgrupp A2, se figur 8.1 och 8.2 nedan. Skisserna används som inspiration för att skapa en CAD-modell.



Figur 8.1 är en skiss för lösningsgrupp A2 framifrån.



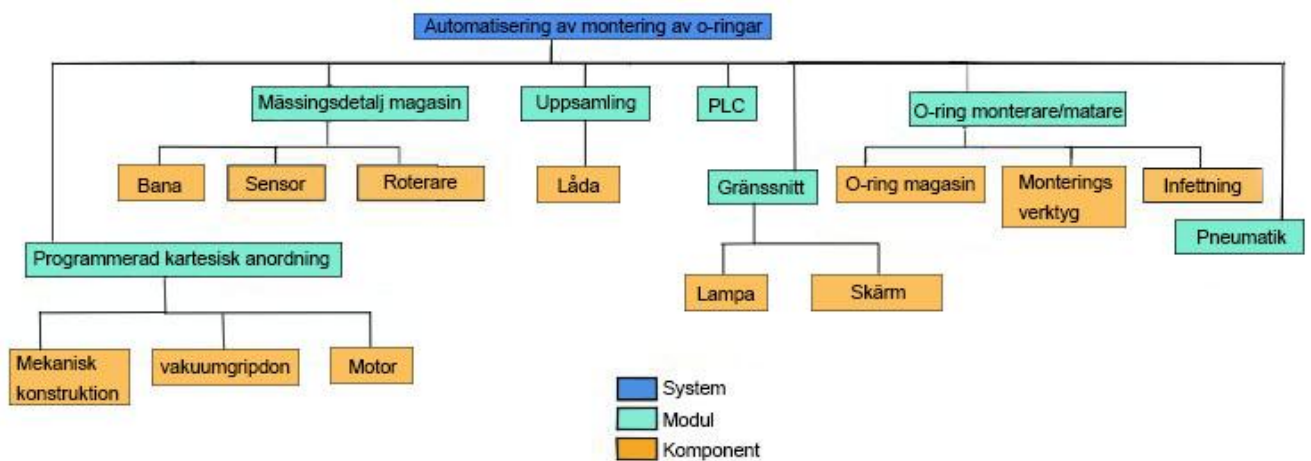
Figur 8.2 är en skiss för lösningsgrupp A2 ovanifrån.

9 REALISERING AV KONCEPTET

I detta kapitel skapar gruppen en CAD-modell av skisserna i kapitel 8. Detta för att tydligt visa hur mekanismen ska fungera i en slutgiltig maskin. Gruppen redovisar även hur de olika komponenterna ska monteras samman. Vilka delar som rekommenderas att köpas in från en leverantör och vilka som skulle kunna tillverkas i egen verkstad. Gruppen levererar ingen fysisk prototyp.

9.1 Träddiagram

Träddiagrammet visar hur den slutgiltiga lösningen är uppbyggt av olika moduler. Vilka ska kunna tillverkas eller köpas in separat. Under vardera modul finns tillhörande komponenter.



Figur 9.1 är ett träddiagram som visar vilka moduler o-ringsanordningen består av.

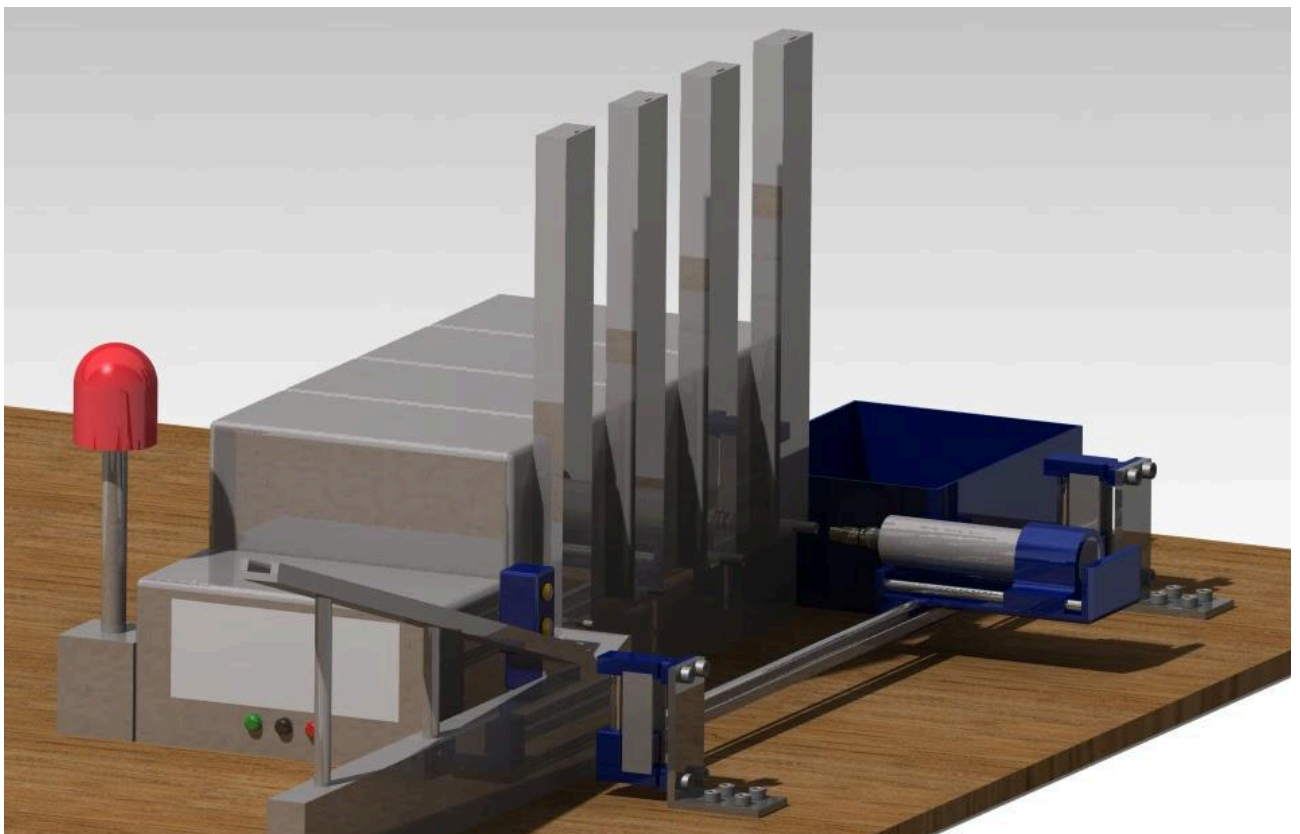
9.2 Vidareutveckling från konceptkatalogen

När gruppen började skapa CAD-modellen förstod gruppen att det finns saker som inte tänkts på tidigare. Gruppen hade inte ingående diskuterat olika sätt att greppa mässingsdetaljerna i lösningsgrupp A2. Detta kan dock huvudsakligen göras på två sätt: Med en klo-formad pneumatisktgripdon, alternativt ett vakuumgripdon. Gruppen ansåg att ett vakuumgripdon hade löst problemet bättre. Därför att de är mindre känsliga för hur mässingsdetaljerna är placerade som ska plockas upp. Och för att när de suger till sig mässingsdetaljerna placeras de rätt i rymden inför montering av o-ringar. I konceptkatalogen var tanken att flytta mässingsdetaljerna mellan o-ringsmonteringsmaskinerna med ett rullandeband. Drivet av till exempel cykelkedjor och motor, likt det i figur 8.2 ovan. Detta modifieras till en snarlik lösning med en upprätt ställning. Där motoriserade skruvar (ball screws) står för rörelsen.

9.3 Koncept i CAD

Vardera modul skapas som en subassembly med underliggande parts, därefter skapas en assembly med samtliga moduler, förutom *PLC* och *Pneumatik*. I figur 9.2 syns en övergripande assembly av konceptet gruppen tagit fram som lösning. I figurerna 9.3, 9.4, 9.5, 9.6, 9.7 och 9.8 går det att följa vägen en mässingsdetalj tar från start till slut. Det är tänkt att samtliga moduler köps in, mer eller mindre. Vissa komponenter som till exempel fästen och distanser kan tillverkas, förslagsvis genom enkelt metallarbete och med additiv tillverkning. Modulen *Mässingsdetalj magasin* är tänkt att helt specialtillverkas, förutom sensorerna som köps in. I gruppens koncept användes fyra olika maskiner med avtagbara magasin för att montera o-ringarna. Detta för att visa att det går att köra batcher med blandade varianter. Det går att istället ha två maskiner där man har avtagbara magasin för o-ringarna. Då får man bara köra en variant åt gången. Detta då varianterna kan använda samma maskin. Det bevisade experimentet gruppen utförde.

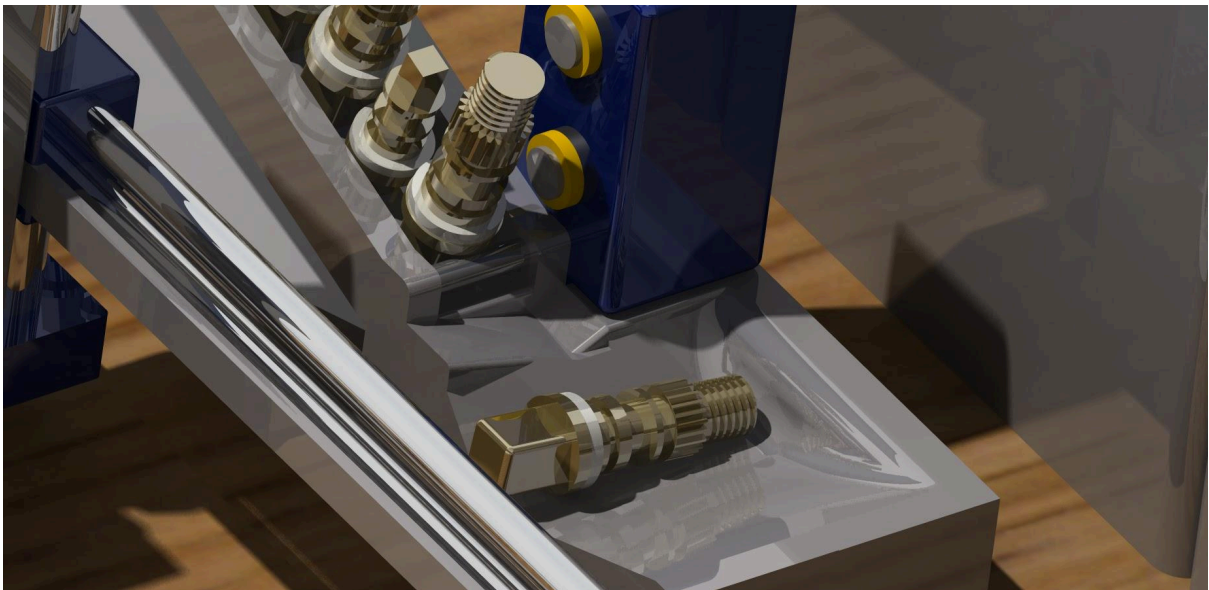
Rörelsen i frihetsgraderna x, y och z riktning, i modulen *programmerad kartesisk anordning*, kommer i x och y-riktning fås av elektroniska motorer som roterar skruvar (*ball screw*) för att byta position på gripdonet. I z-riktning rör sig gripdonet med pneumatik.



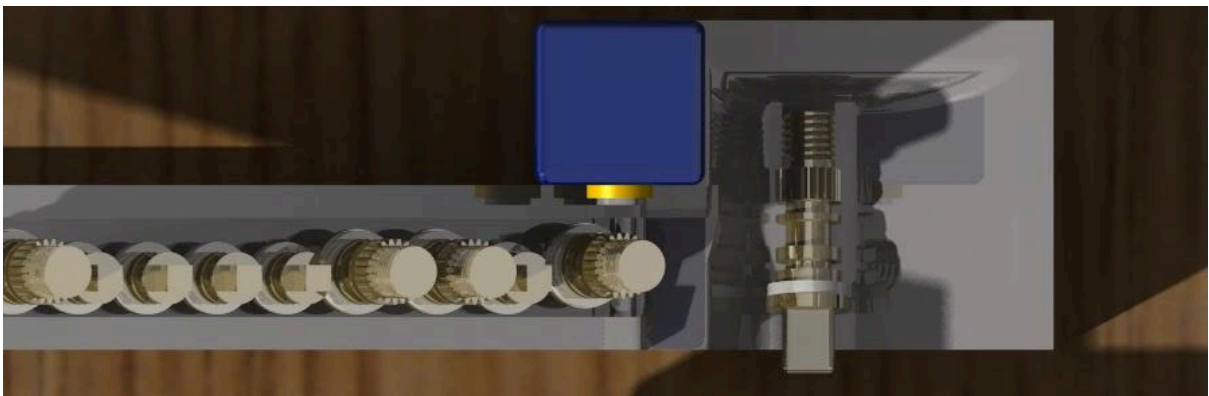
Figur 9.2 visar den slutgiltiga assemblyn av förslaget till Gasiq AB. Systemet har längden 1,1 meter. Bredden 0,5 meter. Höjden 0,4 meter.



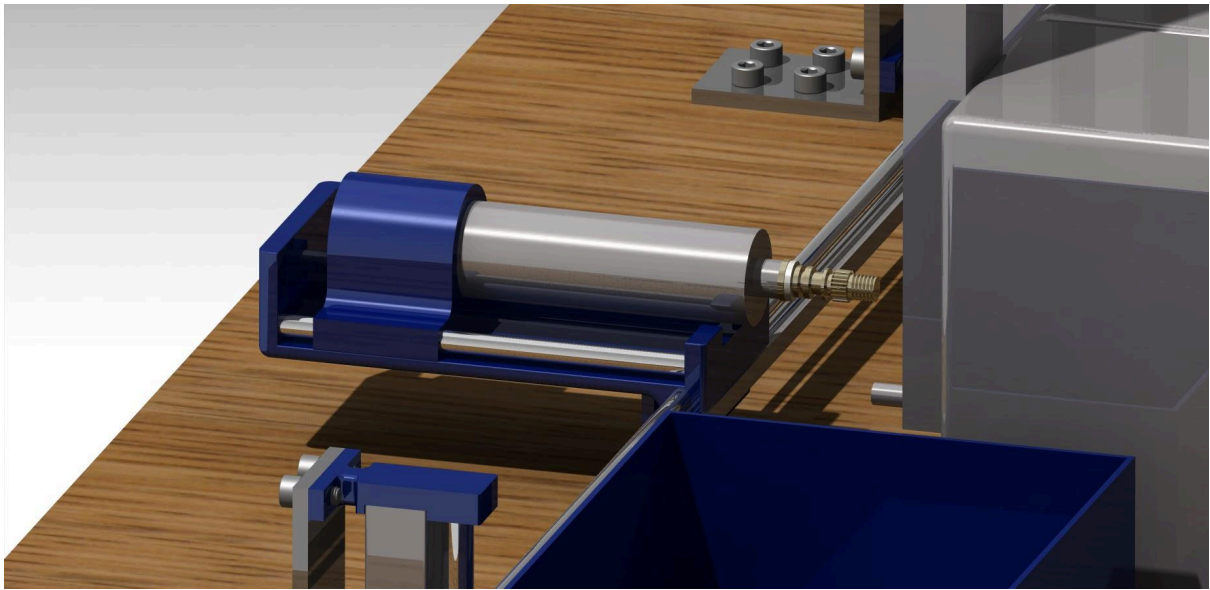
Figur 9.3 är en förtydligande bild på hur en mässingsdetalj trillar ner i skålen. Där en metallstav släpper förbi en mässingsdetalj åt gången.



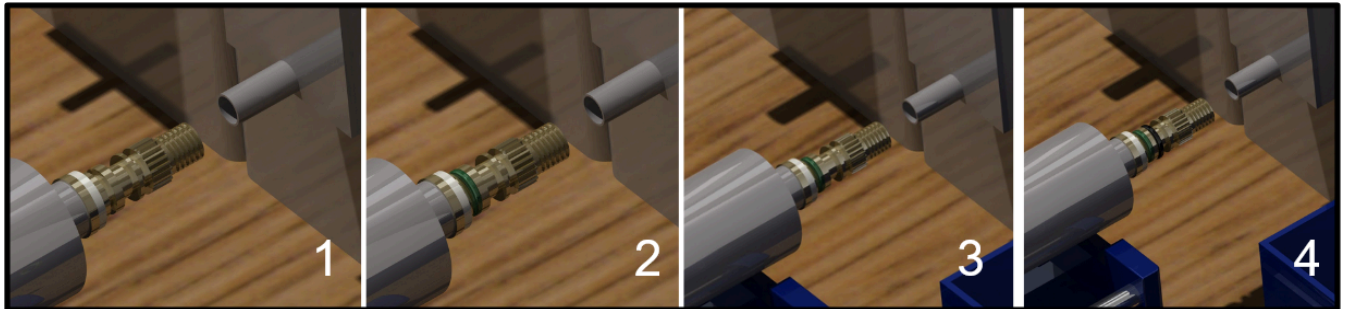
Figur 9.4 är en förtydligande bild på hur en mässingsdetalj trillat ner i skålen.



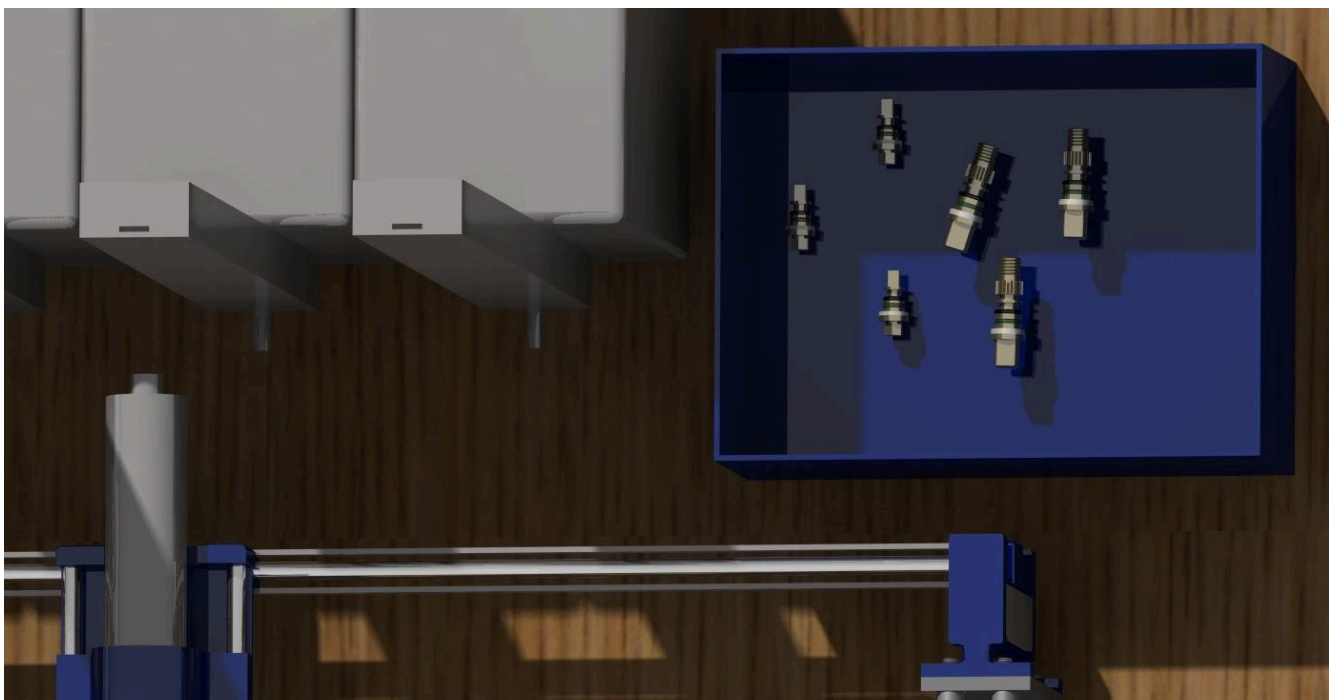
Figur 9.5 är en förtydligande bild ovanifrån på hur mässingsdetaljerna står i banan.



Figur 9.6 Vakuugripdonet har plockat upp en mässingsdetalj.



Figur 9.7 Monteringen av o-ringarna likt lösningen från AIS i kapitel 7.2.2.



Figur 9.8 Låda där de färdiga varianterna placeras.

10 SLUTSATS

Arbetet levererar ett utvecklat koncept som hade varit möjligt att förverkliga med fortsatt arbete och ekonomiska resurser.

10.1 Erfarenheter från projektet

Trots att arbetet bygger på tidigare bekanta arbetsmetoder för studenterna, var det nytt för studenterna att ta fram en automationslösning i form av ett helt system. Gruppen har även fått testa på att leda och planera ett projekt mot ett faktiskt företag.

10.2 Möter arbetet syftet med projektet

Området kring montering av o-ringar har studerats. En lösning har visualiserats med ett digitalt koncept i CAD programmet Catia V5. Lösningen har till viss nivå kunnat simuleras i Catia, dock var det svårt att visa det i rapporten på ett bra sätt för läsaren. Om lösningen är effektivare än lösningen Gasiq AB har idag har arbetet inte kunnat bevisa.

10.4 Resultat

Arbetet resulterade i ett koncept som kan hjälpa Gasiq AB med deras o-ringsmontering. Konceptet kan montera två o-ringar på varje variant på rätt plats. Den känner även av vilken variant som ska monteras, för att maskinen ska veta vilka o-ringar som ska användas. Den kan utföra arbetet utan en operatörs närvaro. Det operatören behöver göra är att montera den första plastringen på varianterna och placera dem på bandet. Sedan behöver den fylla på med o-ringar i magasinen och tömma lådan på färdiga varianter. Det gör operatören när lampan indikerar för det.

10.5 Svarar arbetet på frågeställningarna

I tabell 10.1 nedan går det att läsa om hur väl arbetet lyckats svara på frågeställningarna som togs fram i början av projektet.

Tabell 10.1 behandlar om arbetet svarar på frågeställningarna.

Frågeställningarna:	Svar:
Går det att automatisera o-rings monteringen?	Ja. Arbetet visar att det är möjligt för Gasiq AB att automatisera o-rings monteringen.
Kan man spara tid vid automatisering av o-rings monteringsstationen?	Oklart. Om det går att spara tid vid monteringen har arbetet inte kunnat svara på. Dock har lösningen visat på fördelen med att en operatör till exempel kan arbeta med annat medan maskinen arbetar, om maskinen är påfylld med komponenter innan.
Fungerar den teoretiska lösningen i praktiken?	Ja. Resultatet som arbetet leder fram till består av moduler som till största del köps in av etablerade företag. Frågan är om idéerna med kapacitiva sensorer för att skilja på mässingsdetaljerna fungerar. Samt om det går att få mässingsdetaljerna att vrida sig 90 grader framåt, medan de ramlar ner i skålen. Detta skulle behöva testas i verkligheten.

10.6 Rekommendationer till fortsatt arbete

Till fortsatt arbete skulle fokus ligga på att införskaffa, skapa och montera ihop modulerna som arbetet kom fram till. Dra pneumatiken, samt huvudsakligen att ha ett större fokus på programmering av systemet med PLC. För att därefter testas och modifieras till full funktionalitet. Fortsatt arbete hade även kunnat täcka underhåll av systemet och ergonomi för operatören.

REFERENSER

1. Almquist, E. et al. (Acc 2024-03-28) *The Elements of Value*, Harvard Business review. 2016. <https://hbr.org/2016/09/the-elements-of-value>
2. Shunshi, X. et al. (Acc 2024-04-05). *O-ring feeding tool*. (CN218023710U), Kina. 2022. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/084379183/publication/CN218023710U?q=o-ring%20automation>
3. Automated industrial Systems. (Acc 2024-04-09). *External Ring Installation Systems*. <https://www.asporing.com/external-seals>
4. Proseal. (Acc 2024-04-10). *NBR-70, NBR-90*. <https://proseal.se/products/nbr-70-nbr-90>
5. Proseal. (Acc 2024-04-10). *Viton (FKM)*. <https://proseal.se/products/viton-fkm>
6. Johannesson, H. et al. *Produktutveckling: effektiva metoder för konstruktion och design*. (2. uppl.) Stockholm: Liber: 2013.
7. Lindstedt P, Burenius J. *The value model how to master product development and create unrivalled customer value*. Mölnlycke: Elanders Sverige AB; 2016.
8. Pirie, C. (Acc 2024-05-16) *Origin of the humble O-ring*, COR Manufacturing. 2018. <https://cormanufacturing.com/2018/08/22/origin-of-the-humble-o-ring/>
9. Christensen, N. (Acc 2024-05-16). *Packing*. (US2180795A), USA. 1937. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/022605513/publication/US2180795A?q=US2180795A>