

Bacheloroppgave

IP305012, IE303612 Bacheloroppgave

Robotmontering av barnevognhjul

Robotic assembly scoot front wheel

1816, 1818, 1917

Totalt antall sider inkludert forsiden: 186

Innlevert Ålesund, 29.mai 2015

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. **Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.**

Du/ dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none">• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§30 og 31.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i Ephorus, se Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens studieforskrift §30	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>

Publiseringsavtale

Studiepoeng: 20

Veileder:

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten ([Åndsverkloven §2](#)).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage HiÅ med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved Høgskolen i Ålesund en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

ja nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja nei

Er oppgaven unntatt offentlighet?

ja nei

(inneholder taushetsbelagt informasjon. [Jfr. Offl. §13](#)/[Fvl. §13](#))

Dato: 29.05.15

HOVEDPROSJEKT

TITTEL:

Automatisert montering fremhjulsammenstilling for Stokke Scoot

KANDIDATNUMMER(E):

1917, 1816, 1818

DATO: 29.05.15	FAGKODE: IP305012, IE303612	FAGNAVN: Bacheloroppgave	DOKUMENT TILGANG:
STUDIUM: Automatiseringsteknikk, Produkt- og Systemdesign	ANT SIDER/VEDLEGG: 107/75	BIBL. NR: 1	

VEILEDER(E):

Ola Jon Mork, Paul Steffen Kleppe, Ottar Osen, Irina-Emily Hansen, Lars Andre Giske, Hans-Cato Slotterøy, Anders Ramstad

SAMMENDRAG:

Hensikten med denne oppgaven er å automatisere monteringen av et forhjul på en barnevogn produsert av Stokke AS. Forhjulet består av mange små deler og er således konstruert for manuell montering. En manuell montering har lav repeterbarhet og det er derfor ønskelig å se på om automatisering kan bidra til en kvalitetssikker løsning. Oppgaven ser også på om en automatisert montering vil være med på å øke konkurransedyktigheten for Stokke. For å kunne montere forhjulet helautomatisk er det brukt en seksakset industriell robotarm – UR-5, 3D-printede fiksturer og vision-system. Robotarmen fungerer som en forflytter av hjulet, der fiksturene i samspill med robotarmen kan montere de ulike delene. Vision-systemet kvalitetssikrer delene og verifiserer at monteringen er korrekt utført. Den automatiserte monteringen har potensiale til å halvere dagens monteringstid og fører til en kostnadsreduksjon på 7 %. For å forsvare en automatisert løsning er det avgjørende med et høyt produksjonsvolum. Nedbetalingen av en industrialisert versjon av løsningen vil med Stokkes produksjonsvolum ta ca. 1 år. Ved å automatisere monteringen står man fritt til å produsere uten geografiske begrensninger.

Denne oppgaven er en eksamensbesvarelse utført av studenter ved Høgskolen i Ålesund.

Postadresse
Høgskolen i Ålesund
N-6025 Ålesund
Norway

Besøksadresse
Larsgårdsvegen 2
Internett
www.hials.no

Telefon
70 16 12 00
Epostadresse
postmottak@hials.no

Telefax
70 16 13 00

Bankkonto
7694 05 00636
Foretaksregisteret
NO 971 572 140

Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet av tre ingeniørstudenter ved Høgskolen i Ålesund. Den er skrevet i en tverrfaglig gruppe der to av studentene er fra Automatiseringsteknikk og en student fra Produkt- og systemdesign. Oppgaven er utarbeidet i samarbeid med bedriften Stokke AS og den praktiske delen av oppgaven har blitt utført i Stokkes lokaler i Ålesund. Formålet med dette prosjektet er å se på mulighetene for å automatisere monteringsprosessen til et forhjul på en av Stokkes barnevogner. Det skal være en helautomatisk prosess og delene skal kvalitetsikres underveis. Denne rapporten er et resultat av et dynamisk samarbeid med flere partnere. Vi vil rette en stor takk til alle bidragsyttere som har gitt oss støtte i form av tjenester og produkter, gode faglige innspill, motivasjon og inspirasjon. Uten dere ville resultatet ikke blitt det samme. Tusen takk til . . .

- Stokke AS for denne utfordrende oppgaven, takk for gjestfriheten og interessen dere alle har vist. Dere har motivert og inspirert oss til å gi det lille ekstra hele veien. En spesiell takk til Celine for all hjelp med beregninger av forretningsplanen, Anders for rapportstrukturering, Gunnhild for korrektur, Inge for utallige SLS-modeller, Pål for hjelp med innkjøp og pris på komponenter, og Anders August for stålhard kritikk på presentasjoner. En ekstra spesiell takk til vår veileder og mentor Hans-Cato Slotterøy som har investert mye tid og ressurser i vårt arbeid, tusen takk. Og ikke minst – takk for mat.
- Høgskolen i Ålesund for god støtte og veiledning underveis. Spesiell takk til alle veiledere for smittende motivasjon og for å sette oss i kontakt med så mange flotte samarbeidspartnere
- Amatec for relevante innspill og for stor vilje til å dele kunnskap med oss. En spesiell takk til Tor-Ronny Gjelstenli som har investert mye tid i oss.
- Lars Tingelstad ved NTNU for gjestfrihet og innspill.
- Omron for god opplæring og nødhjelp i bruk av deres Vision-systemer.
- Vekst Ålesund for rask service og sponsede akslinger.
- Festo for sponset utstyr og karameller.
- Maskin K. Lund for veiledning i kjøp av pneumatisk utstyr.
- NTT for utlån av skrumater.

INNHALDSFORTEGNELSE

Forord	2
1 INNLEDNING	8
1.1 Utfordring	9
1.2 Leserveiledning	10
2 TEORETISK GRUNNLAG	11
2.1 Roboter og utvikling	12
2.2 Kunden og produktet	16
2.2.1 Produktet - Stokke Scoot fremhjul	17
2.2.2 Dagens produksjon	19
2.3 Grunnlegende begrep for arbeid med roboter	20
2.3.1 Bevegelsestyper for robotarm	20
2.3.2 Robot-kinematikk	20
2.3.3 Endeffektor	20
2.3.4 Kommunikasjon	21
2.3.5 Digital bildebehandling	21
2.4 Produktdesign for roboter	21
2.5 Roboter i fremtiden	23
3 PROSESS, MATERIALER OG METODER	24
3.1 Oppstart og forprosjekt	25
3.1.1 Kartlegging av komponenter	25
3.1.2 Kartlegging av løsningsrom ved utarbeiding av pilotcellen	26
3.1.3 Utforskning av muligheter og utfordringer ved robotmontering av hjulet	27
3.1.4 Forslag til ny komponentliste og målsetning for pilotcellen	32
3.2 Valgte materialer til pilotcelle	34
3.2.1 Robotarm	35
3.2.2 Endeffektor	36
3.2.3 Pneumatisk utstyr	37
3.2.4 Vision	38
3.2.5 Sensorer	38
3.2.6 I/O	38
3.2.7 Material for fiksturer - SLS PA 2200	39
3.3 Valgte metoder ved utarbeiding av pilotcelle	40
3.3.1 Prosjektstyring	40

3.3.2	Styring av UR-robot	40
3.3.3	Kontroll av griperen	41
3.3.4	Online/Offline(ROS) programmering	45
3.3.5	Metoder for kvalitetssikring med maskin-vision	48
3.3.6	Omron Vision-Verktøy	49
3.3.7	Produktutvikling og bruk av 3D-printing	54
3.4	Utvikling av prototyper og konsepter for operasjoner til pilotcellen	56
3.4.1	1a: Måling av kritisk mål overstøpt aksel	56
3.4.2	1b: Montering av friksjonsbrems	56
3.4.3	2a: Kontrollere hjulets rundhet	58
3.4.4	2b: Lagermontering	59
3.4.5	2c: Dekselmontering	62
3.4.6	3a: Montering av gaffel til hjul	64
3.5	Redesign av komponenter	66
3.5.1	Lager med forlenget innerring	66
3.5.2	Aksling med gjengelåsing	67
3.5.3	Gaffel	67
3.6	Sikkerhet	68
3.7	Oppbygging av forretningsplan	69
4	RESULTATER	70
4.1	Oversikt over pilotcellen	71
4.1.1	Oversikt over endelige operasjoner i pilotcellen	71
4.1.2	Stasjoner i pilotcellen	72
4.1.3	Monteringstider	72
4.2	Beskrivelse av stasjoner og fiksturer	73
4.2.1	Stasjon 1: Montering av deksel og lager	73
4.2.2	Stasjon 2: Montering av friksjonsbrems	74
4.2.3	Stasjon 3: Montering av gaffel til hjul	76
4.2.4	Stasjon 4: Kvalitetssikring m/vision	78
4.3	Styringsprogram for pilot	79
4.3.1	Prosessoversikt i pilotcellen	79
4.3.2	Teach-in program	79
4.3.3	Vision-program for pilot	82
4.4	Sikkerhet	93
4.5	Resultat av designendringer på produktet	93
4.6	Forretningsplan for en ferdig utviklet celle	94
5	DRØFTING	95
5.1	Fysisk utforming av cellen	96
5.2	Sikkerhet	97
5.3	Redesign av komponenter	98
5.4	Kvalitetssikring	98
5.5	Programmeringsmetode for robot	99
5.6	Flyt i cellen	99
5.7	Muligheter for Stokke AS	100
5.8	Videre arbeid	102

6 KONKLUSJON	103
7 LITTERATURLISTE	104
VEDLEGG	107

SAMMENDRAG

Hensikten med denne oppgaven er å automatisere monteringen av et forhjul på en barnevogn produsert av Stokke AS. Forhjulet består av mange små deler og er således konstruert for manuell montering. En manuell montering har lav repeterbarhet og det er derfor ønskelig å se på om automatisering kan bidra til en kvalitetssikker løsning. Oppgaven ser også på om en automatisert montering vil være med på å øke konkurransedyktigheten for Stokke. For å kunne montere forhjulet helautomatisk er det brukt en seksakset industriell robotarm – UR-5, 3D-printede fiksturer og vision-system. Robotarmen fungerer som en forflytter av hjulet, der fiksturene i samspill med robotarmen kan montere de ulike delene. Vision-systemet kvalitetssikrer delene og verifiserer at monteringen er korrekt utført. Den automatiserte monteringen har potensiale til å halvere dagens monterings tid og fører til en kostnadsreduksjon på 7 %. For å forsvare en automatisert løsning er det avgjørende med et høyt produksjonsvolum. Nedbetalingen av en industrialisert versjon av løsningen vil med Stokkes produksjonsvolum ta ca. 1 år. Ved å automatisere monteringen står man fritt til å produsere uten geografiske begrensninger.

TERMINOLOGI

Begreper

Open Source Et samlebegrep for kildekoder som fritt tilgjengelig.

CAD-programmer Står for "Computer Aided Design", og er et verktøy som bidrar med å lage 3D-modeller.

Rapid prototyping Er et samle begrep på teknikker som brukes for å raskt kunne framstille fysiske modeller tegnet i CAD-programmer.

FMEA Står for "Failure mode and effects analysys", og er en teknikk brukt i risiko-analyser

Payload Angir hvor stor last noe kan bære utover egenvekt

Fikstur En fikstur assisterer montering ved holde delen i en fiksert posisjon og orientering.

Jigg En jigg kan beskrives som en fikstur der verktøyet holdes stasjonær mens delen blir flyttet av jiggen.

Singularitetsproblemer Oppstår da robotens positur er slik at neste posisjon ikke er mulig å nå uten å endre posituren. For eksempel om en prøver å plukke opp en mynt mellom håndledd og albue uten å bevege skulder. Eller når to eller flere ledd er i linje med hverandre.

Mikrokontroller En integrert krets bestående av en prosessor, minne, og programmerbare input/output-er

Robotarm Er en elektromekanisk tilnærming av menneskets arm.

CE-merking Produktmerking som bekrefter at et produkt er i samsvar med alle relevante EU-direktiver hva angår produktsikkerhet, vel å merke på produksjonstidspunktet

Socket Er et kontaktpunkt i nettverket som gjør det mulig å kommunisere med én bestemt prosess på én bestemt maskin

Teaching pendant Brukergrensesnitt for robotarm som en operatør bruker for å lære(teach) robot konfigurasjon og bygge program

Qt Utviklingsverktøy mye brukt for utvikling av grafisk brukergrensesnitt(GUI)

Linux Open-source operativsystem til datamaskiner

Python Høy-nivå programmeringsspråk til bruk i mange forskjellige applikasjoner. Syntaksen til språket gjør at det krever færre linjer med kode for å utvikle de samme konseptene som med f.eks. Java og C++

Forkortelser

UML Unified Modeling Language

SLS Selective Laser Sintering, er en industriell 3D-printer.

PLS Programmerbar Logisk Styring

GUI Graphical User Interface(Grafisk Brukergrensesnitt)

ROS Robot Operating System

KAPITTEL 1

INNLEDNING

Teknologien tar stadige fremskritt og industribedrifter har for alvor fått øynene opp for de mange nytviningene, særlig innen automatisering. Det er mange fordeler med å automatisere industriprosesser, men hva innebærer dette for en bedrift, og vil det alltid være lønnsomt?

Automatisering innen industrien er for såvidt ikke et nytt fenomen, men det nye er graden av hvor automatisert produksjonen er. Før kunne en bedrift gjerne ha stående en NC-maskin som utarbeidet et råstykke til en ferdig komponent, og det var det. Trenden nå er mer og mer full-automatisert produksjon, i praksis betyr dette at råvarer fraktes til bedriften, og det ferdige produktet kommer ut i andre enden tilnærmet uten fysisk kontakt med et menneske. De første til å ta i bruk automatisering av produksjon i en så stor skala var bilindustrien. Henry Ford var en pioner innen effektivisering av industriell produksjon tidlig på 1900-tallet og hans samlebåndsproduksjon var revolusjonerende i den grad at arbeidere kunne jobbe mer effektivt slik at tid og kostnader ble redusert og bedriften ble mer lønnsom.

Nå et århundre senere har teknologien kommet dit at arbeidere langs et samlebånd er byttet ut med roboter som plukker, sveiser, skrur og pusser, likevel ser vi gamle produksjonsmetoder hos bedrifter selv i velutviklede land. Godt innarbeidede produksjonsmetoder er vanskelig å endre, særlig om de i utgangspunktet fungerer bra og kostnadene er akseptable. Skal en bedrift kunne konkurrere i overskuelig fremtid er kostnadsbesparelser og ytterligere effektivisering i alle ledd, ikke minst i produksjon, helt nødvendig.

Man må hele tiden veie opp kostnadene i en produksjon, en automatisert løsning kontra en manuell løsning med arbeidskraft er ikke nødvendigvis bedre. Hensyn må tillegges produksjonsmengde, om det er fysisk mulig og hvis, om det er konstansmessig forsvarlig og driftskostnadene som følger med.

1.1 Utfordring

Et viktig moment for Stokke slik produksjonen er nå er at det kan oppstå feil på komponenter og det er ikke alltid disse blir oppdaget i produksjon. Det er viden kjent at feil på produkt blir "astronomisk" mye dyrere når forbruker oppdager problemet enn at det oppdages i produksjon. Dette usikkerhetsmomentet skal løses ved en visuell kontroll utført av et kamera i samspill med robotarmen. Da kan feil på komponenter og montering bli luket ut i et tidlig stadium til besparelse for bedriften.

Denne oppgaven handler om å utarbeide en løsning for dette, i form av en automatisert sammenstilling av et barnevognshjul for bedriften Stokke AS. Dette skal være en pilotløsning, på veien til en effektivisert og kvalitetssikker produksjon i en bedrift som i stor grad har outsourcet den manuelle arbeidsmengden.

Ved bruk av en robotarm og monteringsfikturer skal komponenter settes sammen steg for steg til et ferdig hjul er montert sammen. Det skal ikke tas hensyn til mating av deler inn til pilotcellen.

Hensikten med oppgaven er å kunne gi Stokke et insentiv for å ta steget inn i den automatiserte industrien og kanskje eie egen produksjon. Den vil kun være en pilotløsning, det vil si at vi skal ikke nødvendigvis løse problemet, men vise at dette faktisk er mulig med Stokke AS' produkter.

1.2 Leserveiledning

Denne rapporten består av fire deler:

- Kapittel 2: Teoretisk grunnlag
- Kapittel 3: Prosess, materialer og metoder
- Kapittel 4: Resultat
- Kapittel 5&6: Drøfting & Konklusjon

Kapittel 2 danner grunnlaget for arbeidet i denne rapporten. Bakgrunnen for oppgaven blir bygget opp, og grunnleggende kunnskap om roboter med både et teknologisk og politisk perspektiv blir introdusert.

Kapittel 3 viser hvordan oppgaven er løst og med hva. Her forklares tilnærmingen for den foreslåtte metoden brukt til å løse problemstillingen. Alle materialer og metoder benyttet blir forklart i detalj for å gi leseren kjennskap til de valg som har blitt gjort og sette de i en posisjon til å selv kunne vurdere resultatet av oppgaven. Prosessen med konseptutvikling vises og veivalg underveis drøftes.

Kapittel 4 presenterer resultatet som fremgår av arbeidet med problemstillingen. Verifisering av resultatet blir målt ved måling av takt-tid, analyse av kostnad og inntjening, og styrkeberegninger av designendringer.

Kapittel 5 diskuterer resultatet i kapittel 4 med bakgrunn i tilnærmingen og veivalg presentert i kapittel 3. For og imot blir kritisk drøftet og videre studier blir foreslått. I kapittel 6 gis en kortere konklusjon.

Dersom du leser denne rapporten elektronisk kan det nevnes at alle referanser i teksten fungerer som hyperlinker og er markert i blått. For eksempel kan man trykke her: [2.2](#) for å komme til kapittelet om Stokke AS. Kapitler i innholdsfortegnelsen fungerer også på denne måten.

KAPITTEL 2

TEORETISK GRUNNLAG

2.1 Roboter og utvikling



Figur 2.1: Industriell robot (KUKA)

Robot og industrirobot

Ordet robot kommer fra det tsjekkiske ordet *robota* som betyr arbeid. Ordet ble først brukt av forfatteren Karel Čapek i 1920, i teaterstykket «R.U.R.: Rossum's Universal Robots»[?]. Roboter har blitt videreført innen litteratur og senere film. Sci-fi-kulturen er en stor del av vår tids populærkultur hvor roboter har en fremtredende rolle i fremtidsskildringer. Roboter er i dag særlig brukt i industrien og utfører gjerne arbeidsoppgaver som er monotone eller farlige for mennesker. Denne type robot er det vi kaller en industrirobot.

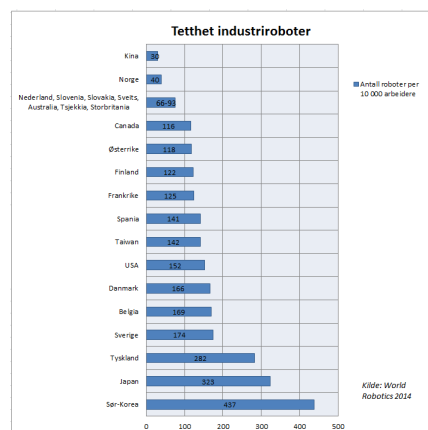
En skiller mellom roboter og industriroboter. Ifølge ISO 8372 er en industriell robot definert som "*An automatically controlled, reprogrammable, multipurpose manipulator programmable in three or more axes, which may be either fixed in place or mobile for use in industrial automation applications*"[1]. En lett måte å skille en industriell robot og en generell robot er å se om en av de er forankret. Industrielle roboter er som regel forankret på

en fabrikk, mens en generell robot kan bevege seg fritt. Typiske applikasjoner for industrielle roboter er maling, sveising, montering, plukking, og produktinspeksjoner. To ledende leverandører av industriroboter er KUKA og ABB.

Roboter i verden

For å sammenligne fordelingen av roboter på verdensbasis ser en på tettheten av roboter i de forskjellige landene. Robot-tetthet måles i antall roboter per 10 000 personer ansatt i produksjonsindustrier. Disse produksjonsindustriene er både bilindustri og andre generelle industrier. I 2013 hadde Sør-Korea den høyeste tettheten med hele 437 industriroboter per 10 000 ansatte. Når det gjelder robot-tetthet i Europa ligger Tyskland på topp med hele 262 roboter per 10 000 ansatte. Tett på ligger Sverige med 174. Til sammenligning ligger vi i Norge på 40. Ekornes i Sykkylven har 100 roboter i sin produksjon og har med det 10% av landets industriroboter[3].

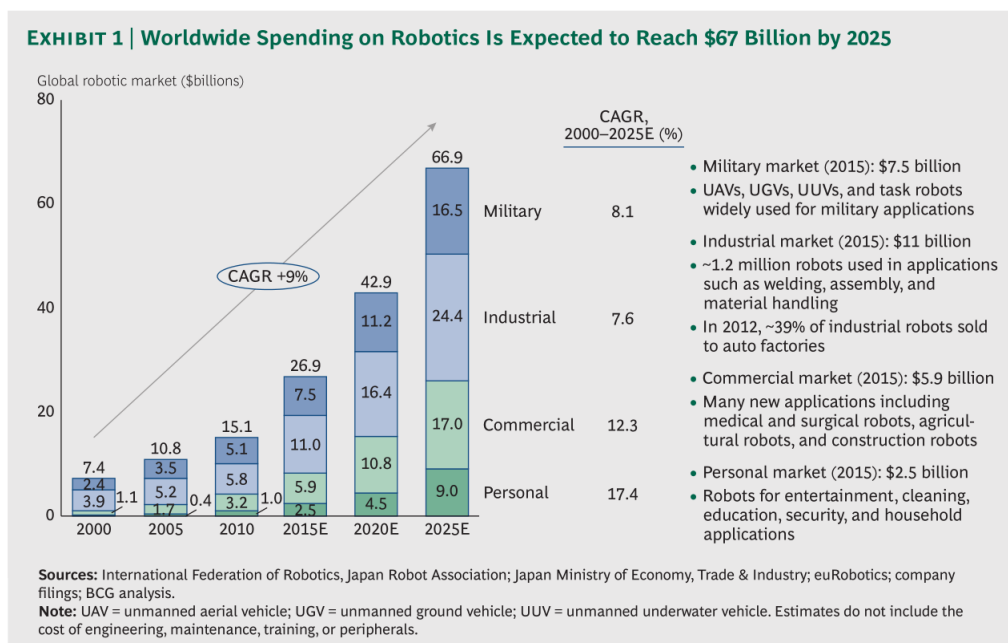
Gjennomsnittet i verden er fordelt slik: 82 i Europa, 73 i Nord- og Sør-Amerika, og 51 i Asia.



Figur 2.2: Antall roboter per industriarbeider[2]

Prisfall og økte investeringer

I februar 2015 skrev DN *"Prisen på avanserte roboter har falt med over 30 prosent siden 2005. Dette prisfallet forventes å fortsette de neste 10 årene med rundt 22 prosent. Samtidig blir robotene langt mer avanserte."*[4]. Bakgrunnen til artikkelen er en rapport utarbeidet av Boston Consulting Group. Rapporten[5] viser også at investeringstrenden i roboter er økende. Investering i roboter på verdensbasis er antatt å hoppe fra 15 billioner dollar i 2010 til omtrent 67 billioner innen 2025. Dette er en økning på 22%. 70% av det totale robotsalget i 2013 gikk til Japan, Kina, USA, Korea og Tyskland. Av disse er Kina størst, med 20% av den totale leveransen av roboter som i 2013 var på omtrent 180 000 roboter. [2] Kina er også det raskest økende markedet.



Figur 2.3: Investering i roboter på verdensbasis[5]

ABB har på grunnlag av studier fra non-profit organisasjonen International Federation of Robotics (IFR) utarbeidet 10 grunner til å investere i roboter[?]

10 grunner til å investere i roboter

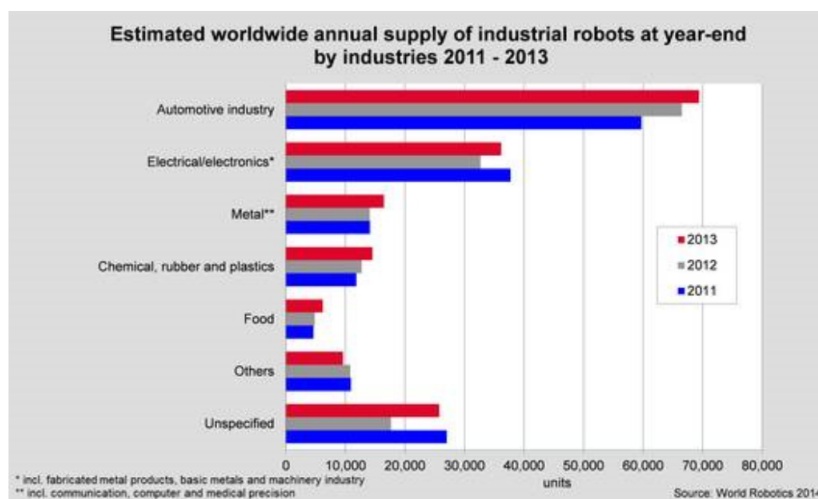
- Redusere produksjonskostnader
- Øke produktkvalitet og stabiliteten
- Forbedre kvaliteten til ansattes arbeidsmiljø
- Øke produksjonskapasiteten
- Øke produksjonsfleksibiliteten
- Redusere sløsing med material og øke utbyttet
- Etterkomme sikkerhetsreglement og gjøre arbeidsplassen tryggere

- Redusere utskifting av ansatte og bedre rekrutteringen
- Redusere kapitalkostnader (inventory, work in progress)
- Plassbesparende i høy-verdi produksjonsområder

Et interessant punkt i denne listen er påstanden om at fleksibiliteten i produksjonen øker ved investering i roboter. ABB begrunner dette med at når først den ene produktvarianten er programmert i roboten er det enkelt å bytte om til flere produktvarianter.

Roboter fordelt i forskjellige industrier

Roboter er mye brukt innen bilindustrien, som i 2012 kjøpte 39% av den totale massen med industrielle roboter (se figur 2.3). Når man ser på den totale leveransen av industriroboter i 2011-2013 (se figur 2.4) er det tydelig at bilindustrien ligger et hestehode foran andre industrier. Markedet har fortsatt et stort potensiale da bilindustrien fortsetter å investere tungt i automatisering. Elektronikkindustrien har også en økende automatisering og vil antagelig fortsette med dette. Andre industrier som ikke har en like stor automatiseringsgrad som disse to har stort potensial til vekst.



Figur 2.4: Innkjøp av industriroboter fordelt på industrier

Ifølge [2] vil robotinstallasjoner øke med 12% per år fra 2015 til 2017. Faktorer som legger til rette for dette er:

- Global konkurranse krever modernisering av produksjonsfasiliteter
- Nye materialer og krav til energi-effektivitet krever nye verktøy i produksjonen
- Interaksjon mellom menneske og maskin vil åpne for nye applikasjoner og tiltrekke seg nye kunder/-markeder. Gjerne innen helse og pleiesektorer.
- Økende konsumermarked krever økt produksjonskapasitet.
- Nedgang i produkters livsløp og økte produktporteføljer krever fleksibel automasjon.

- Teknologiske forbedringer av industriroboter vil øke bruken av roboter i den generelle industrien og i mindre bedrifter. Med forbedringer menes brukervennlige roboter, lavere kompleksitetsgrad, og lavere pris.
- Roboter øker arbeidskvaliteten da de kan ta over farlige, langtekkelige, og skitne jobber som ikke er mulige eller trygt å utføre av mennesker.

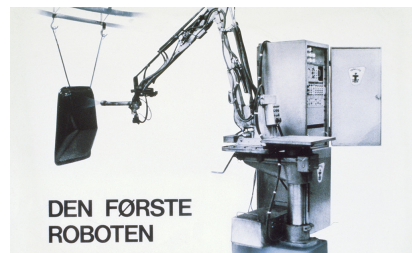
Roboter og arbeidsplasser

En studie gjort av Metra Martech [6] ser på hvordan introduksjonen av roboter og automatiseringsteknologi har påvirket antallet arbeidsplasser i de seks landene; Kina, Brasil, Tyskland, Japan, Sør-Korea og USA. Studien sier at antallet skapte arbeidsplasser i årene 2000-2008 er større enn antallet industriarbeidere som har mistet jobb. Robotindustrien i seg selv generer 300 000 arbeidsplasser på verdensbasis.

Roboter i Norge

I 1941 ble bedriften Trallefabrikker, senere forkortet til Trallfa, etablert. Fabrikken produserte trillebårer, traller og vogner. I 1964 startet utviklingen av en industrirobot som kunne sprøyte lakkere trillebårene. Denne blir kommersialisert i 1969 og Trallfa Robot blir etablert. I 1985 hadde Trallfa Robot 50% av verdensmarkedet innen industriroboter for overflatebehandling. Dette forretningsområdet utviklet seg til å bli et av landets mest lønnsomme foretak. [7] Trallfa Robot ble senere kjøpt opp av ABB.

I senere tid har Ekornes utmerket seg. Ekornes er en norsk møbelbedrift etablert i 1934. Som nevnt tidligere inneholder produksjonen til Ekornes, 10% av Norges roboter. Ekornes har klart å holde seg konkurransedyktige og bevart produksjonen i Norge, på tross av høye produksjonskostnader her til lands. Bedriften Amatec har i samarbeid med Ekornes nå utarbeidet en robotcelle som syr hud til fiber. Denne operasjonen har lenge vært en flaskehals.



Figur 2.5: Trallfa Robot

2.2 Kunden og produktet

Stokke AS er et norsk selskap som ble grunnlagt av Georg Stokke i 1932. Stokke familien har eid firmaet uavbrutt siden start, helt frem til desember 2013, da ble det kjøpt opp av det Sør-Koreanske familieselskapet NXC [8].

Stokke har verdensomspennende distribusjon gjennom utvalgte forhandlere representert i omtrent femti land, med hovedkontor i sentrum av Ålesund. Opp gjennom årene har Stokke produsert en lang rekke møbler for forskjellige behov og forskjellige målgrupper, med stort fokus på ergonomi, unikhhet og funksjonalitet.

I 1972 ble bedriftens første barneprodukt lansert. Barnestolen TrippTrapp, designet av Peter Opsvik, ble en stor internasjonal hit og er det mest solgte møbelet i Norge [9]. Videre i 1999 fulgte barnesengen Sleepi og i 2003 kom den innovative barnevognen Xplory med et høyt foreldrevendt sete.

I 2006 valgte Stokke å fokusere utelukkende på møbler og utstyr til barn innenfor produktkategoriene barnestoler, barnevogner og utstyr til barnerommet. De har troen på å skape unike, funksjonelle og langvarige produkter, med attraktiv design og en lang rekke av tilbehør for å gi støtte og fremme velvære både for foreldre og barn.



Figur 2.6: Stokke AS

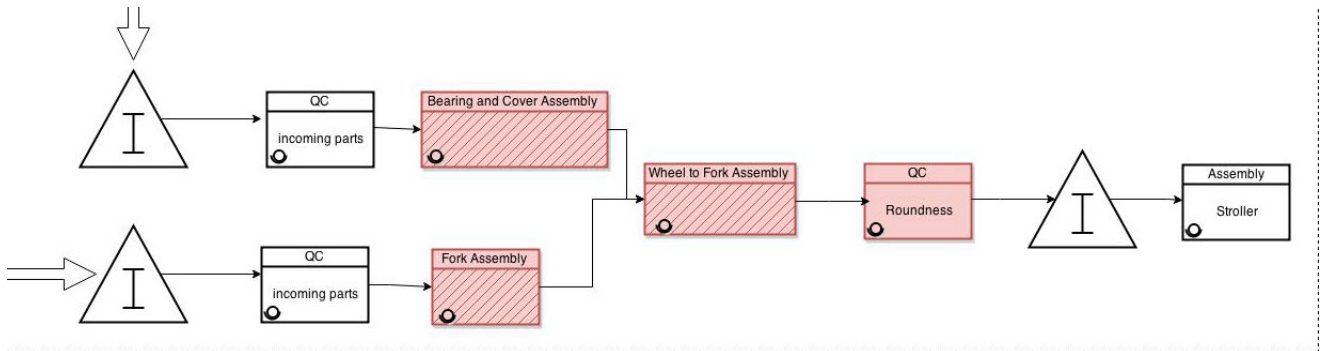
Verdistrømanalyse (Value Stream Map)

En verdistrømanalyse kan brukes til å vise hvordan flyten til et produkt er fra ordre til levering. Den viser verdikjeden og hvilke aktiviteter som tilfører verdi til produktet og aktiviteter som *ikke* tilfører verdi. Dette er et veldig godt verktøy som hjelper med å oppdage og identifisering sløsing.

Stokke AS eier ingen egen produksjon, alt dette er såkalt *outsourcet*. Dette betyr at Stokke har mange underleverandører som produserer og monterer produktene deres. Strategien bak dette er handler om hvordan Stokke ønsker å holde rent produksjonsteknisk arbeid utenfor sin kjernevirksomhet, men kanskje aller mest handler det om å holde seg mobil og tilpasningsdyktig for å imøtekomme eventuelle endringer i markedet. Med tilpasningsdyktig menes det muligheten man har til å endre utstyr, metoder, teknologi og leverandør uten større omkostninger. Dette kan man oppnå ved å ikke eie egen produksjon.

Figur 2.7 er et utsnitt av en forenklet verdistrømanalyse. Verdistrømanalysen viser ingen kommunikasjon og er bare fokusert på hjulet i denne oppgaven, den ligger vedlagt som vedlegg 2.

Prosessene markert i rødt er de som skal forsøkes automatiseres i denne oppgaven.



Figur 2.7: Utsnitt forenklet verdistrømanalyse

2.2.1 Produktet - Stokke Scoot fremhjul

Vognen Scoot

Stokke Scoot er en av de fire innovative barnevognene til Stokke. Scoot er designet med tanke på en urban livstil med behov for en brukervennlig, kompakt og lett manøvrerbar vogn.

Setet til vognen er plassert høyere enn ved en konvensjonell barnevogn, i tillegg kan setet vendes forover og bakover og har tre sittestillinger i hver av disse posisjonene. Barnevognen har også fempunkts sikkerhetssele, justerbar fotstøtte og rotasjonshåndtak.

Barnevognen egner seg fra fødselen og oppover og har komfortable babybager, godt polstrede seter og kan brukes sammen med Stokkes bilseter for et komplett reisesystem.

Fremhjulet

For å se en kartlegging av alle komponentene i hjulet, gå til 3.1.1. Designet på hjulene har et mykt og lekende uttrykk og kommuniserer at dette er et barn- og babyprodukt. Uten å gå på bekostning av dette er hjulene også kraftige og fremmer trygghet og kvalitetsfølelse hos forbrukeren. Når det gjelder forbrukeropplevd kvalitet er hjulene gode og solide uten mye raslende lyder og løse bevegelser.



Figur 2.8: Stokke Scoot

En stor del av produktene til Stokke er fremstilt i plast, disse er som regel støpt. Det samme gjelder for fremhjulet i denne rapporten. Felg, gaffel, friksjonsbrems og deksel støpte plastdeler. De to sistnevnte er designet med snap-fit for montering. Snap-fit er en veldig vanlig metode for å billig og enkelt montere sammen komponenter. Det krever ingen utstyr og operatøren presser og/eller eventuelt kniper på delene.

Friksjonsbremsen har som funksjon å minske det som kalles for shimmy. Shimmy er den ustabile svingningen som kan opptre når et hjul ruller, altså når du triller vognen. Bli svingningene store nok vil hjulet slå seg og kan skape farlige situasjoner for barnet og føreren av vognen.

Gummidekkene på Stokke Scoot er skumfylte, dette for å hindre punktering og sikre bedre kontroll over trykket i dekket. Dekkene blir montert på felgen av en underleverandør og kommer til montering som en del.

Sammenstillingen holdes sammen av en aksling. Denne er montert med en StarLock. En billig og spesiell patent som ikke krever monteringsutstyr – den bare presses på akslingen. Gaffelen har en overstøpt aksling som skal koble sammen hjulet med resten av vognen. Forbrukeren monterer selv fremhjulene i vognene. Denne monteringen krever ingen utstyr, hjulet med akslingen settes uten problemer inn i rammen på vognen. For en nærmere forklaring og oppsett av alle komponentene gå til kap. 3.1.1.

Reklamasjoner

En reklamasjon for en bedrift er ikke bare snakk om en kostnad i form av erstatning og administrativ arbeid, det vil også påvirke "imaget" til bedriften. Det er derfor svært viktig å kunne unngå reklamasjoner på produkter, ikke minst for Stokke som produserer produkter som vil brukes av barn.



Figur 2.9: Fremhjulet

2.2.2 Dagens produksjon

Fremhjulene er i dag produsert i Kina. Hjulet og felgen kommer ferdig montert fra en underleverandør, men resten av komponentene blir satt sammen manuelt hos produsenten. Monteringsoperasjonene som skjer hos produsenten er som følger:

- Montering av deksel og lager til hjulet
- Montering av friksjonsbrems med fjør til gaffel
- Sammenmontering av hjulet og gaffelen med aksling og StarLock



Figur 2.10: Produksjon i Kina

I tillegg kommer noen tester av produktet for å sikre kvaliteten. Disse er:

Rundhet hjul Operatøren bruker måleklokker og ser på vandringen for å måle rundheten av hjulet. Dette skjer i to retninger; normalt på dekket mot senter og fra siden på dekket langs senteraksen til hjulet.

Hardhet dekk Med en hardhetsmåler mot dekket sjekker operatøren at dekket har godkjent shoreverdi.

For å finne et tall på tidsbruken i monteringen av Scoot fremhjul er det brukt data fra fremhjulssammenstillingen til vognen Crusi. Tiden gjelder for montering av to hjul, venstre og høyre, altså et sett fremhjul til en vogn. Disse to fremhjulssammenstillingene har et likt design på komponentnivå og man kan anta at tiden for montering av Scoot fremhjul vil være tilnærmet Crusi.

Tabell 2.1: Monteringstider ved dagens manuelle montering

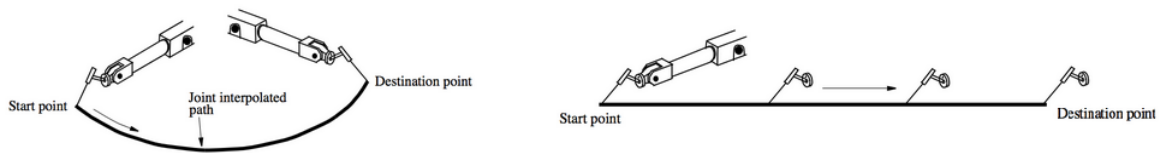
Aktivitet	tid pr (s)	antall	tid (s)
Montering av friksjonsbrems	40	2	80
Lager og dekselmontering	60	2	120
Montering av gaffel til hjul, høyre	40	1	40
Montering av gaffel til hjul, venstre	40	1	40
TOTAL TID			280 sek

2.3 Grunnleggende begrep for arbeid med roboter

2.3.1 Bevegelsestyper for robotarm

En robotarm består av mange lenker med ledd mellom. Disse leddene gjør roboten i stand til å bevege seg på to forskjellige måter:

- **Leddbevegelse (moveJ)** bevegelser blir kalkulert for hvert ledd og leddene kontrolleres for å nå ønsket endepunkt samtidig. Dette resulterer i en buet bane for endeffektoren [2.3.3]. For bevegelser som ikke trenger en bestemt bane mellom vendepunkt er det ønskelig å bruke denne bevegelsestypen ettersom den er raskest og man unngår *singularitetsproblemer*. Typisk bruk er alle bevegelser der man ikke navigerer i kritiske/trange operasjoner i arbeidsområdet.
- **Lineær bevegelse (moveL)** endeffektoren beveger seg lineært mellom vendepunkter. Hvert ledd må derfor utføre en mer komplisert bevegelse for at endeffektoren skal holdes i en rett bane. Det brukes denne bevegelsestypen for å plassere hjulet inn og ut av monteringsfikturer. Ved bruk av denne bevegelsestypen kan det oppstå *singularitetsproblemer* [10].



Figur 2.11: moveJ bevegelse illustrert til venstre og moveL til høyre

2.3.2 Robot-kinematikk

Fremover kinematikk

Fremover kinematikk tar i bruk lengden til hver link og vinkelen til hvert ledd. Med dette kan vi finne posisjonen til et hvert punkt i koordinatsystemet.

Invers kinematikk

Invers kinematikk tar i bruk lengden til hver link og den ønskede posisjonen til endeffektoren. Med dette kan vi finne vinklene vi trenger og gi leddene for og oppnå denne posisjonen.

2.3.3 Endeffektor

For at robotarmen skal kunne utføre oppgaver og håndtere objekter trenger den en endeffektor. Robotens endeffektor festes i enden av armen og kan ved bruk av en robotarm med seks frihetsgrader nå nesten hvilket som helst punkt innenfor sin rekkevidde, bortsett fra direkte over eller under hvor den er festet selv.

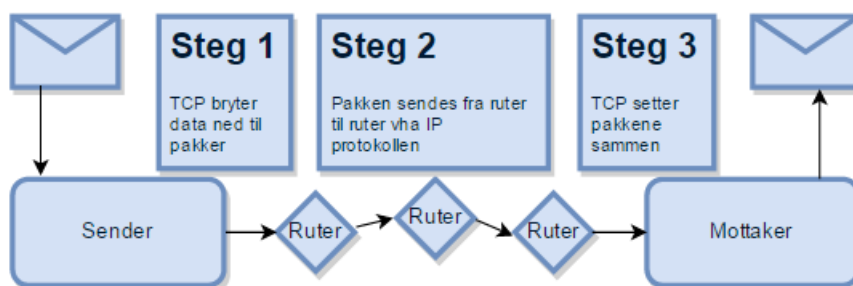
Det finnes flere forskjellige typer endeffektor for robotarmer, og vi kan dele de inn i to hovedkategorier:

1. **Robotgripere:** Elektriske, pneumatiske, magnetiske, hydrauliske og sugekopper.
2. **Robotverktøy:** Sveising, maling, skru osv.

2.3.4 Kommunikasjon

TCP/IP

TCP/IP er en kommunikasjonsprotokoll som består av to hovedprotokoller. TCP (Transmission Control Protocol) har ansvaret for å bryte ned og pakke ut data som sendes mellom to verter. IP (Internet Protocol) tar seg adresseringen av pakkene som sendes mellom vertene[11].



Figur 2.12: Hvordan data vandrer gjennom nettet

Modbus

Modbus er en *OpenSource*(se.) feltbus-protokoll som kobler sammen elektriske enheter i en lukket sløfe. Modbus bygger på *Master/slave* prinsippet, hvor en master gir kommandoer og får svar fra slavene. Det finnes 2 ulike modbus varianter, Modbus RTU og Modbus TCP. De to variantene er helt like i formatet, eneste forskjellen er måten de sender meldinger på. Siden modbus er så mye brukt er det blitt en *de-facto* standard-protokoll i industrien. Dette har medført til at den er kompatibel med det meste av utstyr, og er derav enkel å vedlikeholde, modifisere og arbeide med[12].

2.3.5 Digital bildebehandling

Digital bildebehandling går ut på at man ser på bilder som matriser. Størrelsen på matrisen avhenger av antall piksler i bredden og høyden, også kjent som bildets oppløsning. Alle pikslene i matrisen har en gitt tallverdi som representerer den gitte pikselens farge. Hvis vi tar en slik bildematrise og benytter oss av algoritmer fra signalbehandling kan vi framtvinge og manipulere bildet etter vår vilje. Eksempler på verktøy som ofte brukes er: kantdeteksjon, fourier-transformasjoner, objektgjenkjenning, mønstergjenkjenning, geometriske-transformasjoner, restaurering og rekonstruksjon, og stereosyn.

2.4 Produktdesign for roboter

Siden industriens morgenen har ingeniører hatt fokus på å designe produkter som er lette å produsere og montere. Denne ferdigheten er en av hjørnesteinene i en ingeniørs hverdag, men det betyr ikke at dette arbeidet er ensidig og "rett frem". De store teknologiske nyvinningen i industrien kommer som perler på snor – og det fort.

Fra å designe produkter som kunne masseproduseres på transportbånd av menneskelige operatører går vi nå inn i et skifte hvor produkter kan gå gjennom hele fabrikken og frem til forbruker uten å ha vært i kontakt med mennesker.

Med denne omstillingen kommer det utfordringer som baseres seg på forskjellene mellom mennesker og roboter. En robot gjør *bare* det den er fortalt den skal gjøre; på godt og vondt. Mennesker er fleksible og omstillingsdyktige, vi kan se og føle når en operasjon eller et produkt er feil og kanskje rette opp denne feilen. Dette betyr gjerne at terskelen for å designe et produkt for automatisert montering er høyere enn ved design for manuell montering.

I boken "Successful Assembly Automation"[13] fra 1998 er det lagt ved en liste med generelle tips fra erfarne automasjonsingeniører ved 3M. Under følger et utvalg av disse som kan vise seg nyttig i arbeid med oppgaven.

- Begynn med å begrense prosessen og forenkle produktet før du starter automatiseringen.
- Det første steget fra manuell montering til automatisert montering er det vanskeligste.
- En automatisert montering anses som et system og alle aspekter ved dette systemet bør optimaliseres for å oppnå maksimal effektivitet i systemet. En optimalisering av produksjonen krever både produkt- og prosessforbedringer.
- Manuell montering tilgir i stor grad produktvariasjoner og defekter; *en automatisert montering tilgir ikke variasjoner*. En automatisert montering øker kvaliteten på produktet; men krever også høy kvalitet av komponentene. Uansett hvor god en automatisert monteringsprosess er kan den bli bedre hvis man forbedrer kvaliteten på innkommende deler.
- Anta aldri at deler stemmer 100% overens med mål og toleranser fra maskintegninger – det vil de nesten aldri gjøre. Vær alltid kritisk til komponenter som skal inn i automatiseringsprosessen ved å måle komponentene nøye.
- Pass opp for omfanget av defekter hvis defekte komponenter er funnet. Selv et relativt lavt nivå av defekter kan skape mye nedetid i monteringen. Hvis defekter kan måles som en prosent er denne defekten mest sannsynlig for høy for å skape en vellykket industrialisert helautomatisk montering.
- Den mest effektive metoden for å øke oppetid av cellen er å redusere tiden det tar å restarte monteringen.
- Eksperimenter og bygg opp prototyper så tidlig som mulig, "Do a little – Learn a little". Bruk gjerne rapid prototyping.
- Å automatisere en prosess krever mye utvikling – ikke undervurder tidsbruken.

Problemet mange møter på når man skal automatisere monteringen av et produkt stammer gjerne fra det faktum at dagens produkter er designet med tanke på konvensjonelle produksjons- og monteringsmetoder. Som tidligere nevnt er en automatisert monteringsprosess veldig utsatt for komponentvariasjoner, og en vellykket automatisering avhenger av høy nøyaktighet på innkommende deler.

Man kommer ikke utenom dette avhengighetsforholdet, men når høy komponentkvalitet er en essensiell forutsetning for automatisering og ikke er et valgfritt element i prosessen åpner dette for en konklusjonen der automatisering øker kvaliteten på det ferdige produktet.

I produktdesignprosessen kan eventuelle inntjeninger som kommer av et lavere antall defekter i produksjonen brukes til å forsvare kostnader ved endringer av designet. Dersom kostnadene kan dekkes av mindre nedetid

i produksjon og økt kvalitet kan dette gi spillerom til designløsninger som er optimalisert for automatiserte prosesser.

2.5 Roboter i fremtiden

Bilindustrien har vært ledende innen automatisering av industrielle operasjoner. Automasjonsnivået på midten av 90-tallet lå på 80%. Den begrensede faktoren var da PLS-kapasiteten, men da denne løsnet i løpet av 2000-tallet tillatte teknologien en automatiseringsgrad på hele 97%. I tillegg endret styringskilden, altså masteren av alle aktiviteter, seg fra PLS til egen software i roboten.

Som Dr. Stefan Markus Baginski nevner [14] har vi ikke utnyttet det fulle potensialet til dagens PLS og robotkontrollere. Han drar paralleler til hvordan vi bruker dagens mobiltelefoner og hvordan de er koblet opp mot et stort nettverk med telefontjenester, sosiale plattformer og "sky-tjenester".

Fremtidige utfordringer

- Hver robotleverandør har i dag egne programmeringsspråk.
- Teknologeutviklingen avhenger ikke lenger av å *bare* utvikle større og bedre maskin- og programvare. Et større samfunnsmessig spekter må komme på banen for å drive frem nye retninger innen automatisering. Her er det viktig å senke terskelen for å kunne ta i bruk dagens robotteknologi. Mennesker er naturlig skeptisk til forandringer. Når teknologi ikke er forklart på en letthåndterlig måte vil ikke massene se fordelene med teknologien. For å skape en bredere anvendelse og innovative løsninger som tar i bruk teknologien må kunnskapsnivået opp. Fremtidig utvikling av robotteknologi avhenger av både en dypere og bredere forståelse av teknologien.

KAPITTEL 3

PROSESS, MATERIALER OG METODER

3.1 Oppstart og forprosjekt

3.1.1 Kartlegging av komponenter



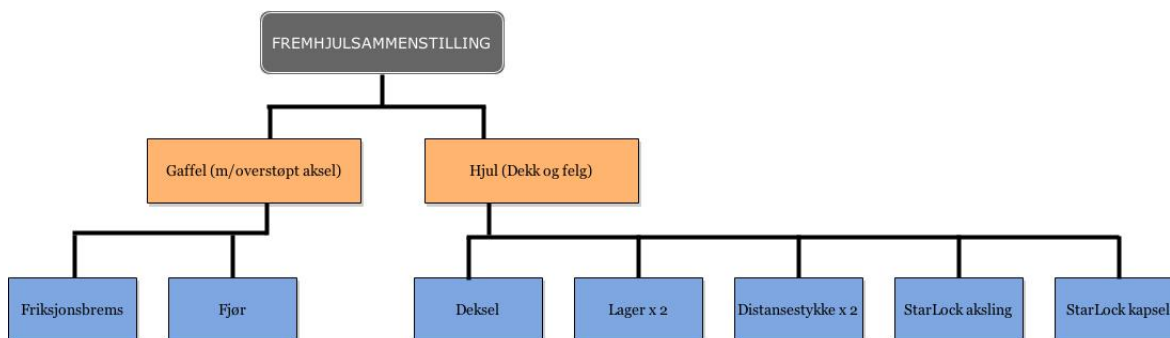
Figur 3.1: Komponenter før eventuell redesign

De to hovedkomponentene er hjulet (1) og gaffelen (2). Disse er i utgangspunktet ikke en del hver, men består begge av flere komponenter satt sammen til en del. Hjulet består av en felg, et dekk og en skumring/*donut*. Gaffelen består av en gaffel med en overstøpt aksel. Hver av disse to hovedkomponentene kommer som en del til monteringslinjen og skal ikke monteres i denne oppgaven. Derfor ansees de som en del hver.

Både hjulet og gaffelen krever noe formontering før det endelige hjulet kan settes sammen. Til gaffelen monteres det en friksjonsbrems (4) med fjør (5), og til hjulet må lager (6)(7) og deksel (2) være montert før den siste sammenstillingen kan gjøres. Den siste operasjonen består av å tre StarLock-akslingen (10) gjennom gaffel, distansestykker (8)(9) og hjulet. Akslingen låses ved at en StarLock-kapsel (11) presses på.

De to hovedkomponentene gjennomgår altså først hver sine monteringsprosesser før de møtes i en siste felles monteringsoperasjon som fester gaffelen til hjulet ved å sette inn en aksling med låsing. Det vil på bakgrunn av dette være naturlig å dele opp pilotcellen i tre monteringsstasjoner.

For å vise komponentstrukturen er det satt opp under, 3.2. Markert i oransje er de to hovedkomponentene, under i blått er deres respektive komponenter. Totalt er det 11 komponenter som skal monteres i denne oppgaven.



Figur 3.2: Komponentstruktur før

Som nevnt i 2.4 angående tips til automatisering nevnes det at man skal "*Begynne med å begrense prosessen og forenkle produktet før du starter automatiseringen.*" 11 komponenter er mye, dette bør reduseres. Hver av komponentene har sine funksjoner, men her bør en se på om noen av disse funksjonene kan kombineres ved hjelp av redesign av komponenter. Først settes det opp en tabell 3.1 som viser hvilke funksjoner hver av komponentene på det blå nivået har. De blå komponentene inkluderer alle komponenter unntatt de to hovedkomponentene.

Tabell 3.1: Komponenter og funksjoner

Komponent		Funksjon
4	Friksjonsbrems	Hindre shimmy ved bruk av vognen (nevnt i kap. 2.2.1)
5	Fjor	En kompresjonsfjor montert under friksjonsbremsen
2	Deksel	Estetikk, skjuler felgen
6, 7	Lager	Rulling av hjul
8, 9	Distansestykke	Skape rom mellom gaffel og lager
10	StarLock aksling	Hjulaksel, sammenstilling
11	StarLock kapsel	Låsing av sammenstilling

3.1.2 Kartlegging av løsningsrom ved utarbeiding av pilotcellen

Første steg er å kartlegge kundens behov og ønsker. Stokke AS stiller seg åpen til forskjellige løsninger. Målet er ikke å utføre alle operasjoner, men å ta et utvalg og vise fysisk at dette er mulig å utføre med en robot. Resultatet av arbeidet skal ha form som en pilotcelle. For å presisere det som er nevnt i problemstillingen 1.1 skal altså mating av deler ikke løses eller tas hensyn til i denne oppgaven.

For kvalitetskontrollene er det også kartlagt de kravspesifikasjoner som er utarbeidet i dag, se tabell 3.2.

Oversikt over ønskede operasjoner i pilotcellen

1. Formontering gaffel
 - (a) Kontrollere skrift
 - (b) Kontrollere kritisk mål på overstøpt aksel
 - (c) Kontrollere fjørstivhet for å sjekke at korrekt fjor er montert
 - (d) Kontrollere overstøpt aksel med en pulltest
 - (e) Montere friksjonsbrems
2. Formontering hjul
 - (a) Kontrollere rundhet hjul
 - (b) Kontrollere hardhet dekk
 - (c) Montere lager

(d) Montere deksel

3. Sluttmontering

(a) Montere StarLock

(b) Kontrollere montering av StarLock med en pulltest

(c) Kontrollere totalvekt

Tabell 3.2: Kartlegging av kravspesifikasjoner for kvalitetstesting i pilotcellen

Hovedkomponent	Detalj	Testtype	Spesifikasjon
Gaffel	Fjørstivhet friksjonsbrems	Vision	ikke utarbeidet
Gaffel	Lengd overstøpt aksel	Vision	37,8mm +0,2 -0,1
Gaffel	Kvalitet overstøpt aksel	Pulltest	ikke utarbeidet
Hjul	Rundhet hjul	Vision	max 2,5mm vandring i x- og y-akse
Hjul	Hardhet dekk	Durometer	Durometer ShE 45 ± 5 ved 25°C

3.1.3 Utforskning av muligheter og utfordringer ved robotmontering av hjulet

Som et kickstart i prosjektet ble det først kartlagt ideer og tanker rundt mulighetene og utfordringene ved løsning av oppgaven. Når en blir stilt fremfor et problem er det naturlig å tenke på løsninger uavhengig av hvilken posisjon man er i til å kunne løse problemet, derfor var det viktig å fange ideer før den robot spesifikke kunnskapen lå til rette for å kunne løse oppgaven.

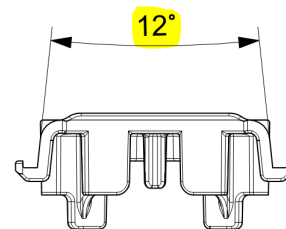
Reduksjon av komponenter

Ved oppsett av tabell 3.1 ses det en mulighet for å kunne kombinere lager med et distansestykke. En umiddelbar fordel med denne sammenslåingen er at man unngår en nøysom oppstilling av distansestykker, mellom gaffel og lager, langs senteraksen til hjulet. Dette kan fort bli en krevende automatisert operasjon.

Etter undersøkelser hos leverandører, hva som brukes i samme produktkategori av andre vogner, og hva som brukes i eventuelle andre segment med lignende behov oppdages det at det er mulig å kjøpe inn lager med innebygde distanseringer. Dette er ikke standardkomponenter og betyr en prisøkning i innkjøpspris, men i samråd med Stokke ble det gitt klarsignal om oppgavens første redesign.

Montering av friksjonsbrems

Snap fit er vanskelig å montere fordi det krever et relativt høyt trykk på et lite og spesifikt punkt. Dette blir såpass finjustert at en robotgriper ikke klarer dette uten tilpasninger eller verktøy. En tanke er å først kjøre et eksperiment for å se om et rigid verktøy som presser snap fit sammen til 90°vinkel er tilstrekkelig for å montere friksjonsbremsen. Med et rigid verktøy menes en fikstur som holder friksjonsbremsen, metoden for montering krever at gaffelen blir presset ned i dette verktøyet med robotarmen. Dersom manglende suksess foreslås tre alternative løsninger:



Figur 3.3: Kantvinkel på friksjonsbremsen

- En mekanisk løsning som overfører en kraft i en retning til en kraft i en annen retning. Når aksling trykkes ned på en flate gjøres denne trykk-kraften om til en kraft som kniper sammen kantene til friksjonsbremsen. Dess mer en trykker akslingen mot flaten, dess mer knipes friksjonsbremsen sammen. Når akslingen er trykt helt ned er friksjonsbremsen montert.
- Konstruere et verktøy til robotgriperen. Verktøyet har innvendige skråflater med spisser som trykker inn friksjonsbremsen på korrekt punkt. Robotgriperen kan da hente, trykke sammen kantene til friksjonsbremsen, og montere friksjonsbremsen i gaffelen. Her er det viktig å spare så mye tid som mulig, med en gang et verktøy skal benyttes øker takt tiden betraktelig. Man kan senke tidsbruken ved å for eksempel plassere verktøyet like ved friksjonsbremsen.
- En mer kompleks løsning kan være å benytte en sylinder eller lignende som presser sammen friksjonsbremsen på signal.

Kontrollere overstøpt aksel med en pulltest

Enden på akslingen har et spor ved enden. Dette sporet skaper en trykkflate som kan benyttes i denne pulltesten. Dersom robotarmen kan dra med en stor nok kraft og i tillegg lese av kraften kan denne pulltesten utføres uten særlig ekstra utstyr.

Muligheten med en slik løsning kan være så enkel som å konstruere en fikstur som er sterk nok til å holde igjen kraften akslingen dras med. For eksempel kan dette være er fastmontert stag med et nøkkelhullformet hull. Den største åpningen i hullet er stor nok til at akslingen går gjennom. Akslingen føres så langs en smalnende. Staget holder igjen akslingen og robotarmen drar med en gitt kraft. For å kontrollere at akslingen er godkjent kan man måle aksellengden før og etter pulltesten.

Kravspesifikasjoner for denne kontrollen er ikke utarbeidet. I tabell 3.2 er det kartlagt alle eksisterende spesifikasjoner for delene som inngår i denne oppgaven. En pulltest av akslingen er noe som i dag ikke utføres, derfor finnes det ingen spesifikasjoner på hverken metode eller kraft som akslingen skal utsettes for. Et logisk resonnement er at akslingen skal tåle, med en viss sikkerhetsfaktor, å bli utsatt for en reell ekstrem belastning uten å deformeres, knekke, eller gli ut. Med en kontroll i monteringen er hensikten med en pulltest å sikre at den overstøpte akslingen er godt nok montert til at den ikke innehar en risiko for brukeren. Dette betyr ikke at akslingene skal utsettes for en så stor kraft at den blir destruktiv eller skaper risiko hos sluttbruker.

Det finnes ingen data angående hva den overstøpte akslingen tåler så en bør analysere dette ved bruk av simulering- og beregningsverktøy og i tillegg sette opp større fysiske tester for å kontrollerer at den foreslåtte testkraften fra beregninger er rimelig. Det er viktig å huske på at det helst skal være en 100% inspeksjon i monteringen og at testkraften bør være deretter. Dersom en ser deformasjon i de fysiske testene må denne antatte testkraften senkes ytterligere og nye tester må tas.

Monteringsanalyser

For å danne forståelse for produktet ble hjulet forsøkt demontert og montert flere ganger. Ideer rundt montering ble fanget opp for å skape grunnlaget til videre arbeid med oppgaven. Videoanalyser ble også brukt, spesielt for å finne beste monteringsteknikk av dekselet (se bildeserie i vedlegg 14). Nødvendig kraft for montering av lager ble målt og funnet til 75N.



Figur 3.4: Måling av nødvendig kraft for montering av lager

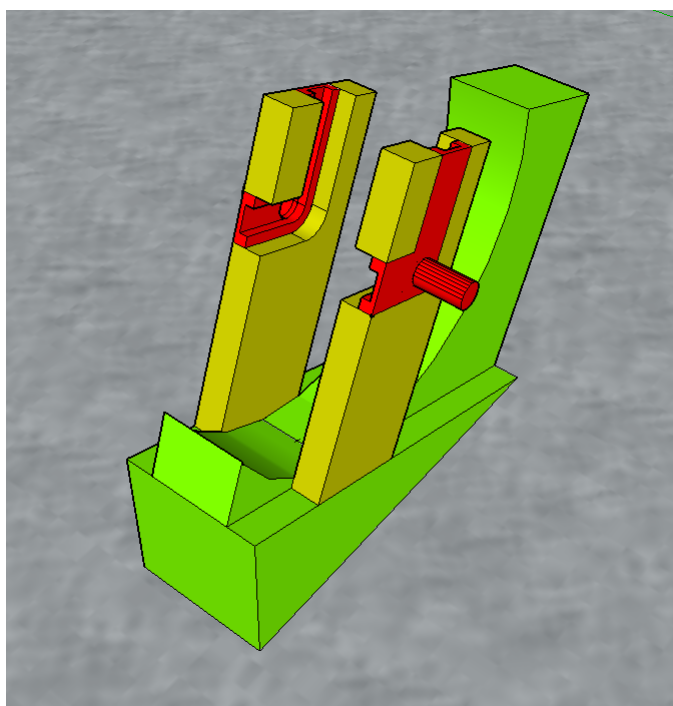
Test nr.	1	2	3	4	5	6	7
Målt kraft	95	70	80	50	74	86	80

Tabell 3.3: Resultater fra måling av kraft ved manuell montering av lager

Lagermontering

Det er to lager som skal monteres i denne prosessen, et på hver side av felgen. I dag presses et og et lager inn ved hjelp av en fikstur med en sylinder som trykker ned lageret. Operatøren plasserer lageret på felgen og sylindere presser lageret på plass. For å spare tid bør en montere begge lager i samme operasjon.

Det foreslås en fikstur med lagermagasin på hver side av hjulet, se figur 3.5. Lagrene mates direkte inn til montreingsposisjon, med et hull i magasinveggen kan en sylinder komme til for å montere lageret. Magasinene er markert i gult og basen som dekket hviler på i grønt. Banen til lagrene er markert i rødt.



Figur 3.5: Forslag til fikstur for montering av lager

Kvalitetskontroll rundhet

I dag kontrolleres rundheten av hjulet ved hjelp av måleur. Operatøren måler vandringsen mens han snurrer hjulet for å kontrollere rundheten. For stor vandring, altså over 2,5 mm, er underkjent. For å implementere denne kontrollen i en automatisert celle bør en utforske muligheter for å bruke bildebehandling (vision).

Dersom bildebehandling viser seg å ikke kunne benyttes til dette formålet foreslås det en operasjon som er tilnærmet dagens kontroll. For å gjøre denne prosessen operatøruavhengig må robotarmen snurre hjulet og et digitalt måleapparat med for eksempel en rulle kontrollerer rundheten.

Et forslag angående denne løsning er å kombinere operasjonen i lagermonteringsfiksturen. Ved å legge til to fjørbelastede ruller i x- og y-aksen med et måleur montert inntil dekket som kan lese vandringsen. Når lagrene blir presset på holder pressene hjulet i sentrert posisjon. Motor, eventuelt en annen mekanisme, spinner hjulet rundt. Vandringen leses av digitalt og logges. En svakhet med dette er at dersom dekket er underkjent er lagrene allerede montert og man vil da måtte vrake to ekstra lager.

Montering og kontroll av StarLock

Den mest kritiske utfordringen blir montering av StarLock. Det største momentet med denne utfordringen er å sikre en god kvalitetssikring. En måte å kontrollere monteringen av StarLock er ved å kjøre en såkalt pulltest. En pulltest i dette tilfellet vil si at man drar i begge gafflene med en angitt kraft, denne kraften er ikke spesifisert per i dag. Metoden for pulltest er ikke utarbeidet med tanke på 100% kontroll i monteringen da testen er destruktiv. En ny metode med kravspesifikasjoner må altså utarbeides. For å skille mellom godkjent og underkjent kan man bruke bildebehandling til å måle avstand før og etter pulltest.

Hva utfordringer i selve monteringsprosessen angår, går dette også på kvalitet. Låsingen er som nevnt en kapsel som presses på akslingen. Designet på kapselen gjør det utfordrende å sikre 100% stabil posisjon ved montering. Beste mulighet vil være en magnetisk kopp formet etter kapselen, men selv ikke dette gir en god nok posisjonsnøyaktighet. For å kontrollere posisjonen innen montering må en mest sannsynlig også implementere maskinsyn og programmere roboten slik robotarmen kan korrigere posisjonen på kapselen innen montering på aksel. Utviklingen av dette vil være tidkrevende og dyrt.

Kapselformen er også å finne i enden av akslingen som skal føres gjennom gaffelen og hjulet. Dette er ikke godt design for at roboten skal kunne håndtere akslingen. For eksempel en innvendig seksant gir bedre grep og kontroll for roboten.

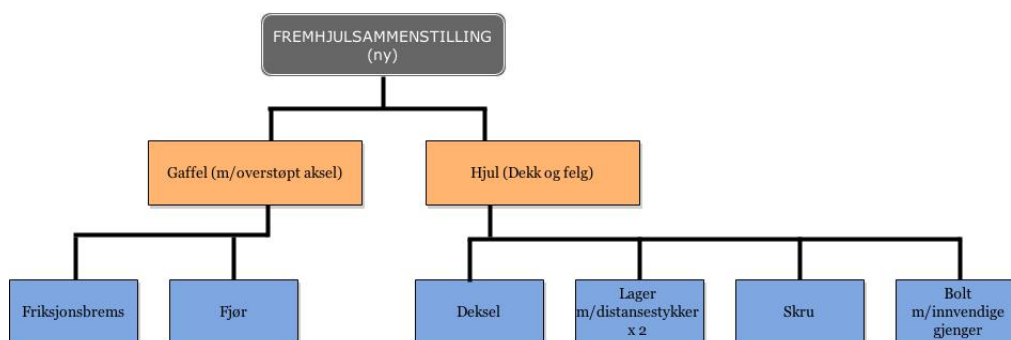
Som nevnt i kapittel 2.2.1 er reklamasjoner dyrt for en bedrift. Låsing med StarLock er mer enn sterkt nok sålenge monteringen er korrekt utført, men tåler lite hvis ikke. Låsingen er kritisk for sikkerheten ved bruk av vognen og når monteringen av StarLock er sårbar for variasjoner innehar denne komponenten en høy risiko.

I samtale med kunden godkjennes det start av en prosess som ser på bytte fra StarLock til en aksling med skrulåsing.

Potensialet med et slikt bytte gir flere muligheter til en god kvalitetskontroll. Automatiserte løsninger for montering av skruer er hyllevarer og kommer med store muligheter for 100% verifikasjon og datasporing av monteringen. Enkle versjoner skrur en skru til et gitt moment, men de gir ingen kontroll på at en skru faktisk har blitt montert. Dyrere og mer avanserte løsninger teller gjengestigningen og verifiserer at en skru faktisk har blitt skrudd inn.

3.1.4 Forslag til ny komponentliste og målsetning for pilotcellen

Ettersom muligheter til å endre komponenter når er kartlagt settes det opp et forslag til ny komponentstruktur. Designendringene er ikke endelige, dette er bare et forslag til hva oppgaven skal arbeide mot. Redesign av komponenter utforskes videre i kapittel 3.5, valgene verifiseres og en endelig komponentliste er å finne i kapittel 4.5.



Figur 3.6: Komponentstruktur ny

Her er antallet komponenter redusert fra 11 til 9 komponenter. Problematikken med montering og testing av StarLock er borte, og oppstilling og håndtering av de små distansestykkene faller bort.

På bakgrunn av tanker i kapittel ?? og forslaget til den nye komponentstrukturen (figur 3.6 bestemmes det i samråd med kunden å utføre følgende utvalg ved utarbeiding av pilot cellen.

Oversikt over målsetning for operasjoner i pilotcellen

1. Formontering gaffel
 - (a) Kontrollere kritisk mål på overstøpt aksel
 - (b) Montere friksjonsbrems
2. Formontering hjul
 - (a) Kontrollere rundhet hjul
 - (b) Montere lager
 - (c) Montere deksel
3. Sluttmontering
 - (a) Montere aksling med skru

For å øke kvaliteten på pilotcellen som skal utvikles velges enkelte operasjoner bort. Målet er å skaffe et innblikk i hva som er muligheter og utfordringer med en automatisert montering. Noen av operasjonene er valgt bort da de vil ta opp for store ressurser sammenlignet med det pilotcellen får igjen hva angår innhold. De operasjonene som er tatt bort forsvares med at mye av metodikken og utstyret tas opp i andre operasjoner og går som sagt ikke utover innholdet og arbeidet med pilotcellen.

Operasjonene som går bort er:

Sjekke skrift

Grunnen til at man skal sjekke skriften i monteringsoperasjonen er fordi fremhjulet er venstre- og høyreorientert. Ene gaffelen har skrift på innsiden og roboten/systemet bør da ta hensyn til dette ved montering av hjulet. Dette anbefales å ekskludere fra pilotcellen da det ikke skaper noe høyere verdi for pilotcellen og er enkelt å implementere når fiksturer og monteringsmetoder er på plass.

Montring og pull-test på StarLock

Denne komponenten frafaller og ved skrumontering finnes det helautomatiske løsninger som gir 100% kontroll over monteringskvalitet.

Teste fjørstivhet for å sjekke at korrekt fjør er montert

Måle totalvekt

Løsninger finnes i dag

Hardhet dekk

Det finnes metoder med elektronisk utstyr som utfører hardhetsprøver, disse kan enkelt implementeres i en robotcelle.

Pulltest på overstøpt aksel for å sjekke at denne ikke sitter løst

3.2 Valgte materialer til pilotcelle

Utstysrliste

Her er en forenklet oversikt over det utstyret som er brukt i dette prosjektet. De neste underkapitlene vil gå inn på detaljer angående de valgte materialene, og hvorfor de er benyttet i dette prosjektet.

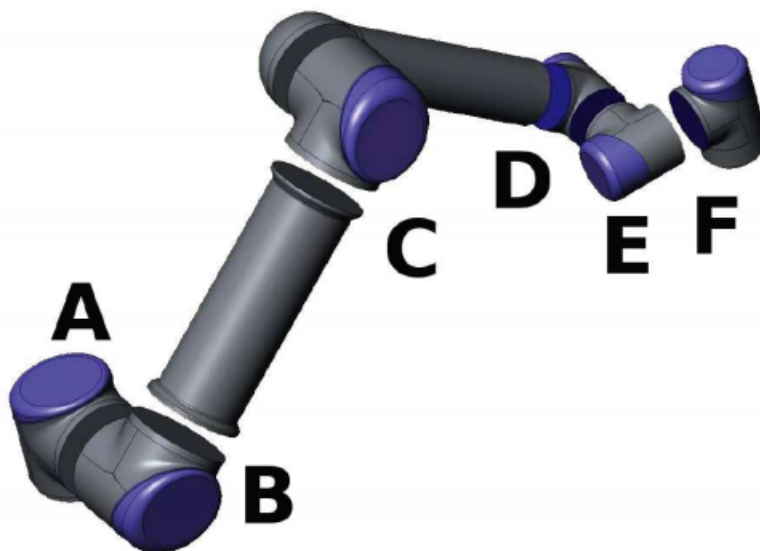
Tabell 3.4: Utstysrliste

Utstyr	Spesifikasjon	Leverandør	Sponsor
Robotarm	UR5	Universal Robots	Kleven Verft*
Endeffektor	2-finger griper 85	Robotiq	–
3D-printede fiksturer	SLS PA 2200	–	Stokke AS
Bordplate	MDF	–	Stokke AS
Kamerastasjon	Laserskjærte stålplater	Metpro	Stokke AS
Vision-system	Hardware og software	Omron	–
Kompakt sylinder 2 stk.	Slaglengde:	–/Maskin K Lund	–
Tilbehør sylinder	Magnetsensorer og ventiler	–/Maskin K Lund	–
Kompakt sylinder	Slaglengde: 100	FESTO	FESTO
Tilbehør sylinder	Magnetsesnorer, fester og ventiler	FESTO	FESTO
Strømforsyning	240W 24VDC og 10W 5VDC	IDEC	Høgskolen i Ålesund
Pneumatisk skrutrekker	SD140-1AM510-S4Q	Desoutter	Høgskolen i Ålesund
Mikrokontroller	Arduino UNO	Arduino	–
Svitsj	10/100Mbps 5-port	D-Link	–
Led-Strip	81stk	Adafruit	Høgskolen i Ålesund

**Robotarmen er ikke sponset direkte til dette prosjektet, men et tidligere prosjekt ved Høgskolen i Ålesund.*

3.2.1 Robotarm

Universal Robot er en dansk produsent av små, slanke og fleksible robotarmer. De produserer for øyeblikket tre modeller UR-3, UR-5 og UR-10, med en lastekapasitet på henholdsvis 3kg, 5kg og 10kg. Disse robotarmene har 6 akser, en maksimal verktøyhastighet på 1m s^{-1} og en rotasjonsvinkel på $\pm 360^\circ$ i alle ledd.[15] UR-5 med sin lastekapasitet på 5kg er mer enn nok for oppgavene som skal utføres. Den har en rekkevidde på 850mm og en repeterbarhet¹ på $\pm 0.1\text{mm}$. Kontrollboksen til roboten inneholder 8 digitale og 2 analoge inn- og utganger, og har støtte for ekstern kommunikasjon via Ethernet TCP/IP og Modbus TCP. [16]

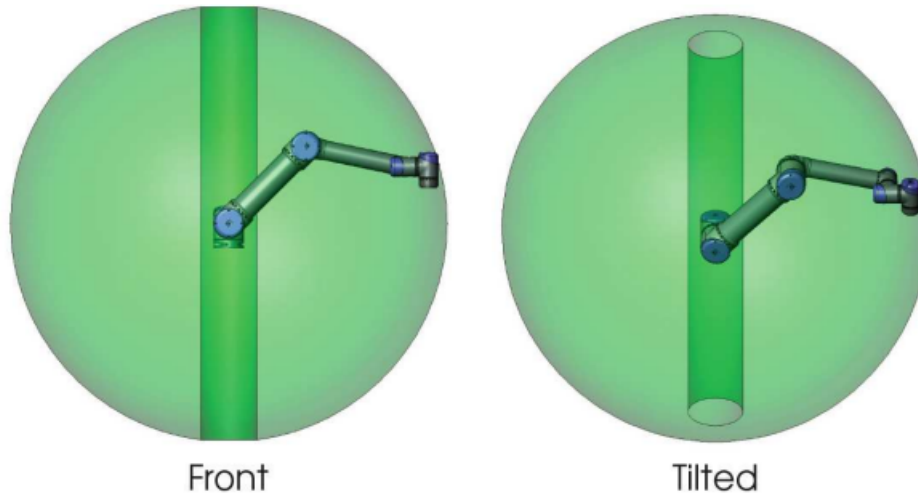


Figur 3.7: Leddene på roboten. A: Base, B: Skulder, C: Albue og D, E, F: Håndledd 1, 2, 3 [16]

UR-5 er tilgjengelig for studenter ved Høgskolen i Ålesund ved AMO avdelingen og den ble derfor valgt som robotarm i denne prosjektoppgaven. Den har et brukergrensesnitt som er forholdsvis lett å sette seg inn i og der man kan programmere på høynivå. Ved å koordinere bevegelsene kan roboten bevege seg fritt i 6 frihetsgrader² med begrensningene vist i fig. 3.8. Alle leddene [3.7] i roboten er roterende med én frihetsgrad hver.

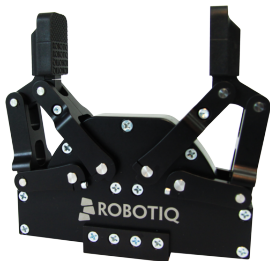
¹evnen til å oppnå tidligere lært posisjon/konfigurasjon

²3 f.g. for posisjon og 3 f.g. for orientering



Figur 3.8: Arbeidsområdet til UR-5 robot [16]

3.2.2 Endeffektor



Figur 3.9: Robotiq Adaptive 2-finger griper med 85mm maks grepsbredde

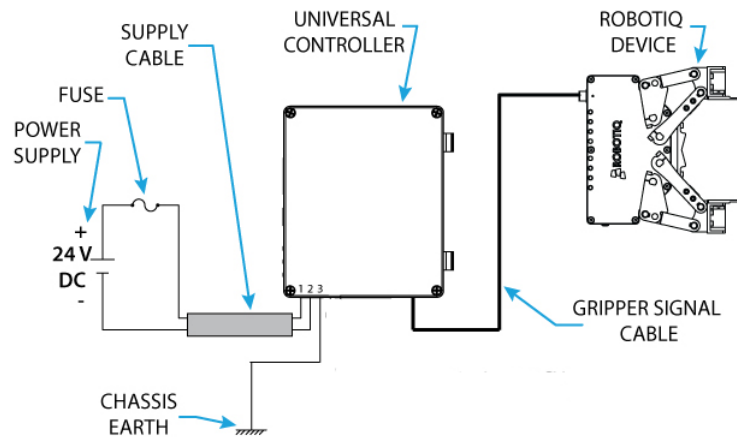
Oppgaven for robotarmen er å flytte hjulet til fiksturene i arbeidsområdet, det er derfor viktig at den kan gripe og forflytte hjulet uavhengig av den fysiske orienteringen, og utføre dette på en hurtig og presisjonssikker måte.

Det er også positivt om den kan gripe andre objekter i arbeidsområdet om disse skal flyttes, slik som gaffel og deksel. For å ivareta alle spesifikasjoner som vår oppgave krever av en endeffektor falt valget på en elektrisk 2-finger griper fra Robotiq.

Griperen til Robotiq bruker elektriske servo motorer for å bevege fingrene til griperen, disse motorene får signaler fra Robotiq robot-kontroller[17]. Positive sider ved bruk av en elektrisk griper er at den kan åpnes til det absolutte minimum for å gå klar av et objekt den skal gripe, og derfor vil ha minst mulig bevegelse for å kunne plukke opp disse.

Ved å bruke elektrisk griper i stedet for pneumatisk så sparer man kostnader i form av hardware til pneumatikken og energien som spares ved bruken av dette.

Negative sider ved elektriske griper er at disse er som oftest svært kostbare.
(4200 £ Lenke til forhandler av griperen)



Figur 3.10: Kabling av Robotiq griper og controller

3.2.3 Pneumatisk utstyr

Pneumatiske sylindre

I oppgaven er det benyttet i alt tre pneumatiske sylindre. En dobbeltvirkende og to enkeltvirkende. Begge sylindertypene har PLS-styrte ventiler. Retningsventilene til de enkeltvirkende sylindrene er en normalt lukket unistabil 3/2-ventil. Betegnelsen 3/2 betyr at retningsventilen har 2 kammer og 3 veier. Med unistabil menes det at ventilen har en fjær som sørger for at ventilen returnerer til utgangspunktet, dette er også kalt fjærretur. Disse er elektrisk styrt noe som vil si at ventilen har magnetpoler som aktiveres av strøm for å åpne/lukke.

Begge enkeltvirkende sylindre har justerbare strupeventiler for å regulerer hastigheten. Ulempen med denne strupeventilen er at den også struper hastigheten på returluften, noe som ikke er ønskelig.

Den dobbeltvirkende sylindren har to kammer som skal styres og har derfor en 5/2-ventil.

Pneumatisk skrumaskin

Den pneumatiske skrumaskinen brukt i oppgaven er en Desoutter SD140-1AM510-S4Q. SD serien til Desoutter er ment for å monteres til et glidesystem. Det eneste skrutrekkeren trenger for å operere er en tilgang på trykkluft.

Motoren har en «push to start» egenskap som er en mekanisk trigger som utløses når sluttstykket utsettes for et trykk. I praksis betyr det at når skrumaskinen treffer en flate skrus skruen til et gitt moment. Skrumaskinen har en innebygd clutch-fjær som kan justere dette momentet. [18]



Figur 3.11: Desoutter SD140-1AM510-S4Q, pneumatisk skrumaskin

3.2.4 Vision

Initielt var det tenkt at man skulle designe et eget vision-system ved hjelp av *OpenCV*, men når det ble kjent at AMO var interessert i å kjøpe inn et av Omrons vision-systemer ble det heller valgt å gå for dette. Å utvikle et vision-system var dessuten ikke innen for oppgave-området i dette prosjektet. *Xpectia FH-1050-Vision* er et hyllevare produkt fra Omron, og ble lansert i 2013 som bransjens raskeste kompakte vision-system. FH-1050 er en kompakt maskin som passer for alle typer objekt-gjenkjenning, posisjonering/orientering, og måle-operasjoner. Systemet er lett å implementere i maskiner og roboter ved hjelp av sitt gode grensesnitt. Dette kompakte vision-systemet inneholder Omrons nyeste versjon av *Shape Search*, *Shape Search III*, som benytter seg av bedriftens nye vision-algoritme. Denne nye algoritmen øker toleranse-nivået til *Shape Search*-verktøyet slik det kan med økt hastighet og høyere presisjon utføre objekt-gjenkjenning selv i vanskelige lys-omstendigheter. Dette vision-systemet er så raskt at det ved ethercat-tilkobling mellom systemet og Omrons NJ PLS-er blir kommunikasjonsløyfen bare 500 mikrosekunder[19].



Figur 3.12: Xpectia FH-1050

3.2.5 Sensorer

Force Sensitive Resistor 0.5", er en trykk-sensor som varierer resistans avhengig av hvor mye trykk som blir påført føle-området som er beregnet for 100g-10kg. Sensoren er ikke beregnet for nøyaktige målinger, men egner seg godt til å bekrefte at en komponent har ankommet en eventuell fikstur[20].

Foto-resistor, forandrer resistans avhengig av mengden lys som treffer sensor-overflaten.

Magnet-sensor, er en digital sensor som detekterer stempelet i en eventuell sylinder. Ved hjelp av dette kan man vite når sylindere er forlenget, eller sammentrukket.

3.2.6 I/O

UR5 roboten har 8 digitale innganger, 8 digitale utganger, 2 analog innganger, og 2 analog utganger. De digitale magnet-sensorene som holder styr på stemplene til de pneumatisk sylindere kobles til 6 av de digitale inngangene, og ventilene kobles til 3 av de digitale utgangene til UR5. I to av fiksturene våre var det tenkt å benytte seg av 2 trykk-sensorer hver for å verifisere at hjulet ligger i setet slik det skal. I fiksturen for montering av friksjonsbrems tenkte vi å bruke en foto-resistor for å registrere om komponenten var på plass slik montering kan igangsettes. Alle disse analoge sensorene ble forkastet ettersom prosjektet avanserte. Men om en skulle ha koblet til disse 5 analoge sensorene ville man manglet 3 analoge innganger. Dette kunne blitt løst ved og implementere en *WAGO 750-352 Ethernet Coupler*[21], som er en ekstern I/O som kommuniserer over modbus med UR5.[16]

3.2.7 Material for fiksturer - SLS PA 2200

Ved SLS-printing bygger printeren opp en 3D-modell ved å smelte en laserstråle et pulver i plast, keramikk, metall eller glass. For å lese mer om denne teknologien gå til kapittel 3.3.7. Det mest vanlige pulverbaterialet når det kommer til prototypeutvikling er plast.

PA 2200 er et hvitt polyamid pulver. Materialets største fremsteg er at de balanserte materialegenskapene gjør materialet veldig anvendelig. PA 2200 har god materialstyrke og stivhet, er kjemisk resistent, og har stabile egenskaper over lengre tid.

Materialet og metoden gir høykvalitets plastdeler, og er egnet til bevegelige deler. De printede delene kan erstatte typsike injeksjonsstøpte plastdeler.

Materialet brukt til SLS-printing kommer fra leverandøren EOS. Under vedlegg 6 ligger materialdatabladet for dette pulveret. Se tabell 3.5 for et utvalg av materialdata fra databladet.

Smeltepunkt	172–180	°C
Bruddforlengelse	24	%
Gjennomsnittlig kornstørrelse	56	µm
Tetthet SLS-printet del	0,93	g/cm ³
Strekkfasthet	48	MPa
Elastitetsmodul	1700	MPa

Tabell 3.5: Utdrag av materialdata for PA2200

3.3 Valgte metoder ved utarbeiding av pilotcelle

3.3.1 Prosjektstyring

Prosjektet startet ved en idemyldringsfase hvor man prøvde å kartlegge så mange monteringsløsninger som mulig. Etter idemyldringsfasen var over ble førsteutkastene satt opp mot hverandre og dømt ut i fra potensiale. Det valgte konseptet ble så kjørt gjennom et titalls itereringer før man kom fram til et slutt resultat. Ved hjelp av 3D-printing kunne man enkelt få fysiske modeller av itereringene og validere hvilke endringer neste versjon skulle inneholde. Programmering av roboten og vision-systemet var satt på vent i begynnelsen, på grunn av at man ikke hadde noen fiksturer å jobbe med. Det var ikke før etter at man hadde utviklet noen grove fiksturer at man kunne begynne med dette. Gjennom hele prosjektet har dag for dag blitt loggført. Dette ble først utført i et dokument mens man parallelt brukte *Asana*. *Asana* er en applikasjon som har både PC og mobilt brukergrensesnitt, og er utviklet for å forbedre samarbeid og struktur i grupper. Her kan man blant annet sette opp gant-diagram og framdriftsplaner for eventuelle prosjekter. Etter konseptfasen var over gikk gruppen over til et nytt styresystem kalt *Scrum*. *Scrum* er et prosjektstyrings-system som inngår i å bruke post-it lapper. Gruppen satte seg ned og skrev ned alle de resterende del-oppgavene på post-it lappene og klistret de på en tavle. Ved siden av post-it lappene ble det hengt opp en tom tabell med tre kolonner, en til hver av kandidatene. Når en dag begynte tok man de lappene man skal jobbe med og klistret de til sin kolonne. Når dagen var omme kunne man fjerne de lappene man hadde fullført.

3.3.2 Styring av UR-robot

Universal robot kan programmeres på tre forskjellige nivå:

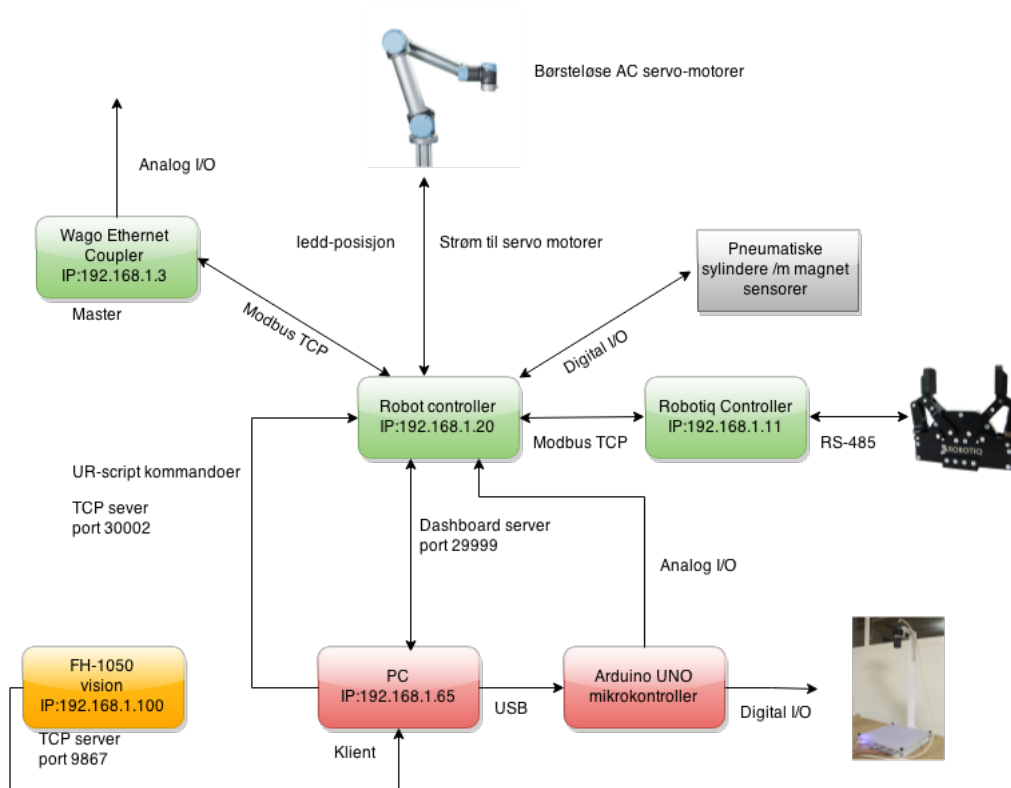
- *GUI-nivå* ved bruk av *teaching pendant* der robotens bevegelser og programmets flyt programmeres inn via et grafisk brukergrensesnitt. Denne måten å programmere roboten på gir tilgang til punkt-til-punkt kontroll av bevegelsene til roboten ved konfigurering av vinkler for hvert enkelt ledd [3.7] eller ved posisjonering av endeffektoren.
- *Skript-nivå* der robot-programmet kan lastes opp på robot-kontrolleren eller kjøres på en ekstern enhet via TCP/IP socket kommunikasjon. URScript er skriptspråket som benyttes for å styre roboten på skript-nivå, som alle andre programmeringsspråk inneholder det variabler, typer, flytkontroll etc. URScript har i tillegg flere innebygde variabler og funksjoner som overvåker og styrer I/O [3.2.6] og robotens bevegelser. [22]
- *C-API*³ *nivå* [23] der det lastes opp en driver på kontrollenheten som endrer styringen til roboten til et lav-nivå språk for å f.eks. kunne kontrollere moment i hver enkelt ledd individuelt. Her kan robotarmen beveges i et "closed-loop"⁴ oppsett der roboten responderer på sensor input mens den beveger seg, dvs. at robotens bane er ikke bestemt før robotens bevegelser starter. [24]

Endeffektoren er styrt via en ekstern kontroll-enhet som har interface mot GUI-nivå, og Skript-nivå gir ikke noe mer kontroll i den generelle styringen av robotarmen. Det er for denne oppgaven valgt å bruke GUI-nivå. Via teach pendanten programmeres vendepunkter, I/O kontroll og styring av endeffektoren. Vision-enhet har TCP/IP socket-kommunikasjon med en PC, med et *Python*-program som tar i mot data fra FH-1050, her blir dataene tolket/prosessert og kommandoer blir sendt via USB til Arduino UNO som sender analoge utgangssignaler til robot controlleren for å kunne kontrollere om vision-testen er godkjent eller ikke.

Standard for punkt-til-punkt bevegelsen til UR-5 er lik mange andre industrielle robotarmer, nemlig at den har en trapesisk hastighetsbane fig. 3.14a. For å unngå stopp ved robotens vendepunkter er flere av disse justert

³C programmed Application Programming Interface

⁴responstid på bare 12ms kan oppnås



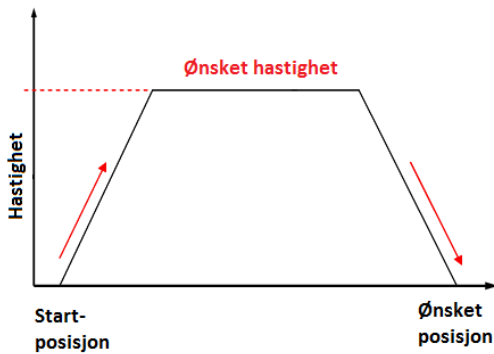
Figur 3.13: Oversikt over komponentene i robot-cellen og kommunikasjonen mellom disse

med en parameter kalt *blandingsradius* fig. 3.14b. Roboten kan da avvike fra det programmerte vendepunktet innenfor blandingsradiusen og roboten trenger derfor ikke å de-akselerere til stopp ved vendepunktet. Dette justeres individuelt for hver av vendepunktene og fører til at roboten holder en konstant fart og kjører gjennom sin bane raskere. Det negative ved blandingsradius er at det anbefales at den er på mellom 5-10 cm, noe som påvirker nøyaktigheten. Derfor er det valgt å bruke en blandingsradius der millimeterpresisjon i bevegelsene ikke er veldig viktig. Eksempler:

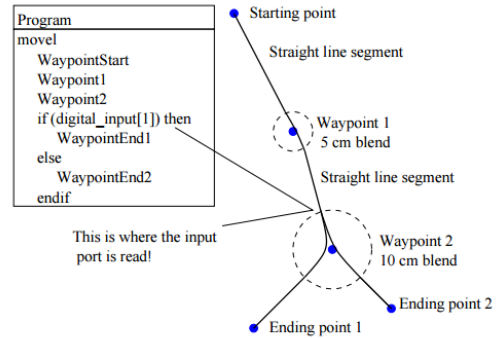
- Når hjulet skal orienteres etter dekselmontering før det skal inn i lagermonteringsfiksturen.
- Flytting av hjulet fra lagermontering til vision-stasjonen
- Bevegelse fra vision-stasjonen til sammenstillingsfiksturen (både for hjul og gaffel)

3.3.3 Kontroll av griperen

For å kommunisere med griperen brukes en Robotiq-controller^{3.15} som er koblet eksternt til robot-kontrolleren via Modbus TCP [2.3.4]. Griperen får instruksjoner om posisjon, kraft og fart fra roboten via kontrolleren. Kraft og fart som griperen bruker kan justeres via programmet og dermed unngå skade og eller feil i presisjon på grunn av kompresjon av objektene som griperen flytter rundt.

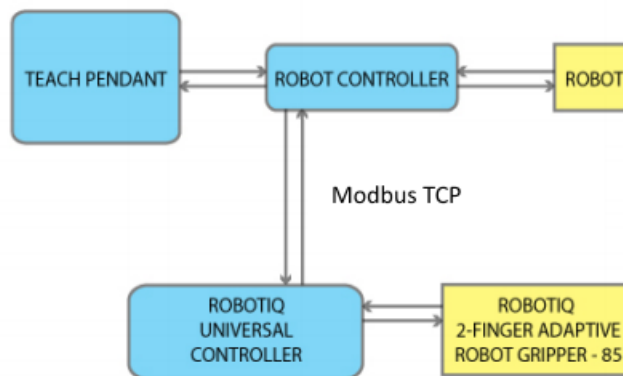


(a) Roboten akselerer til en begrenset hastighet, holder denne i maksimal tid, for deretter å de-akselerere til stopp når den når det angitte punktet



(b) Implementering av blandingsradius av ulik størrelse

Figur 3.14: Robotens hastighetsbane kan justeres ved hjelp av blandingsradius



Figur 3.15: Kontroll-logikken mellom griper og robot

Griperen kan ved hjelp av force-feedback gi en tilbakemelding til roboten om den har grepet et objekt. Denne er nøyaktig ned til 2mm, objekt tynnere enn dette er vanskelig å detektere. Tilbakemeldingen fra griperen gjør den spesielt gunstig i oppgaven da det gripes en rekke objekter av ulik størrelse slik som deksel, friksjonsbrems og fjør. Et godt grep i delene kan være vanskelig å få til, og dermed kan tilfeller med uriktig fiksering lede til at griperen mister grepet i objektet.

Forhåndsdefinerte griperinnstillinger

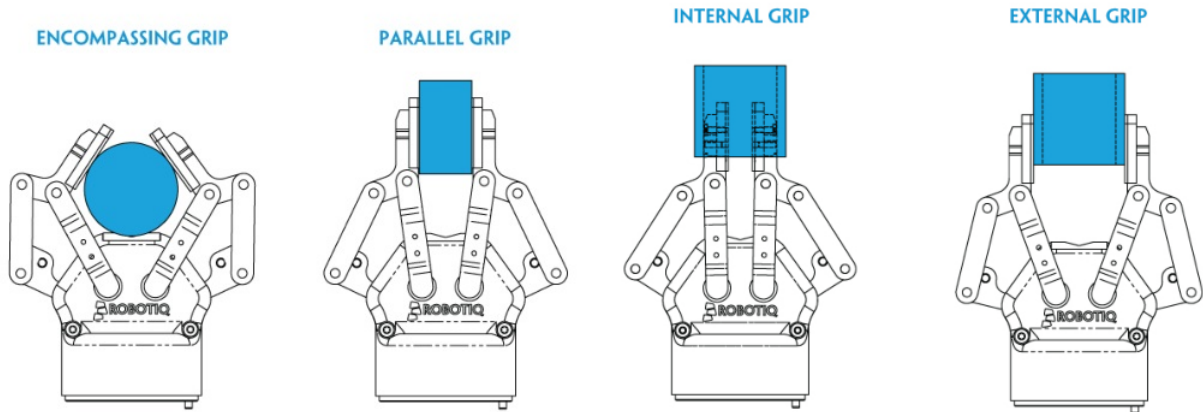
Griperen har tre hovedparameter som kan stilles med verdier fra 0 – 255:

1. **Posisjon 0** er full åpning og 255 er helt lukket

2. **Kraft** Maks kraft er 100 N, så (0-255) gir 0.4-100 N. [25]

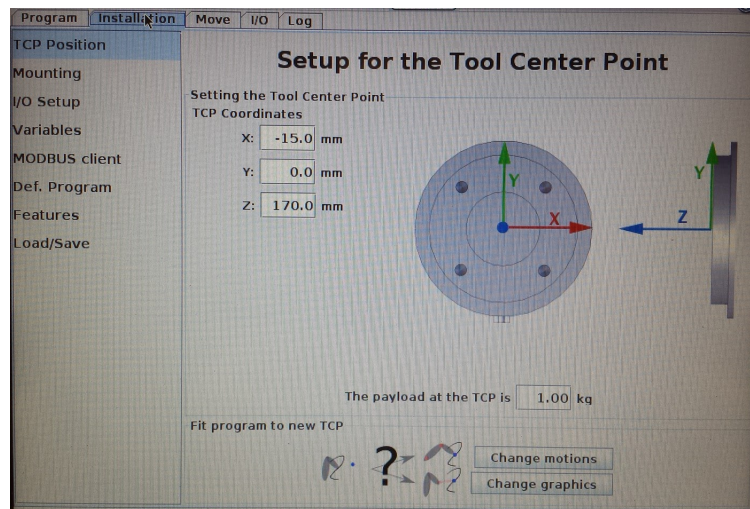
3. **Fart** Maks er 100 mm/s, så (0-255) gir 0.4-100 mm/s.

Griperen vil forsøke å nå angitt posisjon, men vil stoppe bevegelsen om den blir påført en kraft større eller lik en angitt kraft. Et eksempel er at griperen kan være innstilt på "*Posisjon* = 255" og "*Kraft* = 255" griperen vil da forsøke å nå fullstendig lukket posisjon, men møter den et objekt og trykker med en kraft på 100 N, vil den stoppe bevegelsen når den påfører den oppgitte kraften, selv om angitt posisjon ikke er nådd. Dette er det som gjør at griperen kan kalles *adaptiv*, den kan tilpasse seg endret geometri hos objektene.



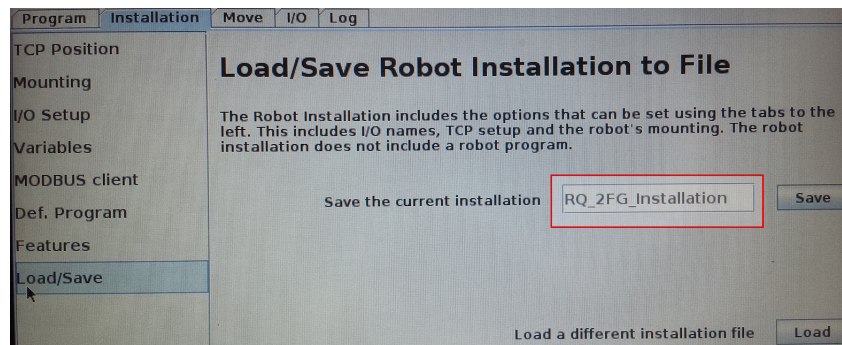
Figur 3.16: De fire forskjellige måtene griperen kan gripe et objekt

Ved å sette på en endeffektor vil robotens konfigurasjon endre seg. Senterpunktet for verktøy forflyttes og robotens egenvekt øker, dette må derfor justeres. Endringen implementeres i "Installation"-menyen på robot GUT'en.



Figur 3.17: Med Robotiq griperen blir senterpunktet for verktøy forflyttet 170mm i Z-retning og -15mm i X-retning. Ny payload blir i tillegg ca. 1 kg, dette inkluderer hurtigskifter av griper.

Installasjonsfiler for Robotiq-griperens oppsett av Modbus TCP kommunikasjon til Universal Robot kan finnes på Robotiq Universal Software package. Disse lastes inn i teach pendanten på installasjonsmenyen som i fig. [3.18]. Ved bruk av en USB-minnepenn og ved innlasting av program med valgt installasjonsfil vil man bli møtt med en melding om å laste inn denne installasjonsfilen ved hver oppstart.



Figur 3.18: Innlasting av installasjonsfil for griper

3.3.4 Online/Offline(ROS) programmering

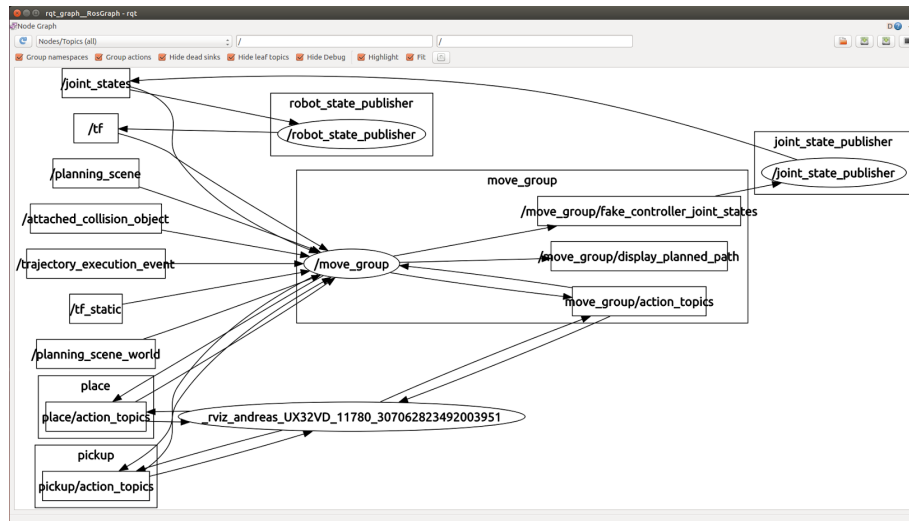
Programmering av robotarm skiller ofte i online- eller offline-programmering. Online programmering utføres ved bruk av en teach pendant [3.22a] som gir operatøren tilgang til posisjonsbestemmelse, I/O kontroll og logikk.

Offline-programmering utføres ved at robotprogrammet blir skapt på en datamaskin i sin helhet og deretter lastet opp på robot controlleren via kommunikasjonsprotokoller eller bærbar enheter. Dette kan ofte være en mer behagelig måte å opprette et robotprogram på da en slipper å jogge robotarmen fysisk og programmeringsløsningene kan være bedre både funksjonsmessig, men også i form av kvaliteten på grensesnitt.

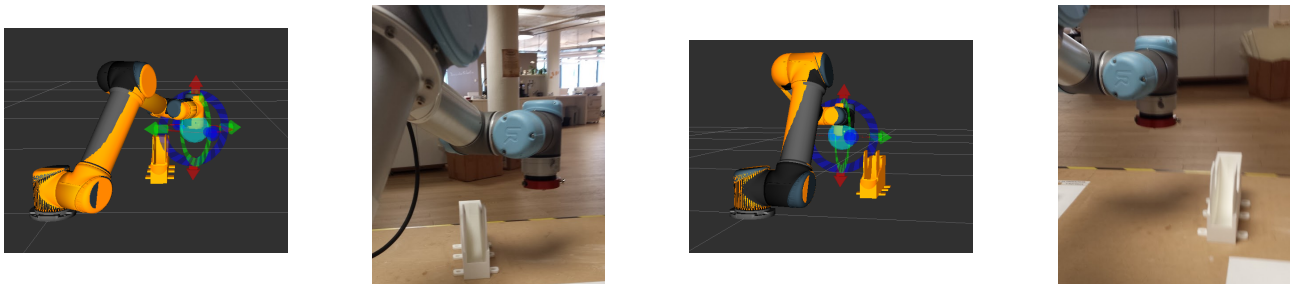
Det ble i løpet av prosjektet prøvd på å utforme robot-programmet via ROS(Robot Operative System) utviklet ved Stanford University og senere Willow Garage. Dette er et operativ-system for styring av mange ulike roboter, blant andre industrielle manipulatorer slik som UR-5. Universal Robots har som en av få produsenter av industrielle roboter støtte for ROS, de andre er ABB, Adept, Fanuc og Motoman.

Kjernen i ROS er noder, dette er små programmer skrevet i Python eller C++. Disse utfører en enkel oppgave eller prosess. Noder kan bli startet og stoppet uavhengig av hverandre og de kommuniserer med hverandre ved å utveksle meldinger. En node kan *publisere* eller *abonnere* på et *tema* eller tilby *tjenester* til andre noder. Et tema vil sende ut data kontinuerlig med en viss frekvens, mens en tjeneste kan bli spurt etter og gir svar når det behøves. ROS har dermed en veldig modulær oppbygning der man bruker det man trenger når man måtte trenge det. Avanserte ROS-noder vil abonnere på et antall tema og tjenester, kombinere dataene den får fra disse og kanskje publisere meldinger eller tilby tjenester selv. Det første en gjør når en bruker ROS er å dele opp den ønskede oppførselen i uavhengige funksjoner som kan bli håndtert av separate noder. [26]

Et eksempel er at UR-5 bruker et webkamera eller dybdesyn-kamera slik som Kinect, da vil en node koble seg til kameraet og publisere bildet og/eller dybde dataene slik at andre noder kan bruke disse. Roboten må også kunne kommunisere med endeffektoren så den må også ha sin egen node. Robotiq griperene har støtte for bruk av ROS, men denne er på nåværende tidspunkt eksperimentell, og kan finnes på <http://wiki.ros.org/robotiq>. En oversikt over noder og tema som er i bruk kan finnes ved å bruke en rqt-graph som i fig. [3.19], denne viser oversikten over hvilke tema nodene abonnere på og hvilke tema de publiserer. For å simulere UR-5 ved bruk av *Gazebo*(ROS-støttet simulerings-program) eller visualisere roboten ved bruk av *rviz*(ROS visualization) som i Fig. [3.20]. Til *rviz* er det også mulighet for å last ned og bruke en "cartesian path planner"⁵ som gjør at man kan produsere effektive og kollisjonsfrie baner for roboten. Dette ble forsøkt implementert, men på grunn av lite dokumentasjon og problemer med kompileringen av programmet ble det forkastet.



Figur 3.19: Oversikt over noder og temaer i en simulering av et ROS-program



Figur 3.20: Rviz brukt til å generere robot-bane, med CAD tegning av fikstur i arbeidsområdet

Med bakgrunn i manglende kunnskaper i bruk av ROS og Linux generelt, og den forholdsvis bratte læringskurven det innebærer å sette seg grundig inn i dette, ble det av tidsmessige årsaker besluttet å bruke online-programmering av robotarmen.

Programmering av UR-5 i prosjektet er utført online på GUI-nivå [3.3.2] ved hjelp av en teach pendanten på fig. [3.22a]. Robotens vendepunkter (punkter i robotens arbeidsområde) blir lært til roboten ved å forflytte robotens endeffektor til posisjoner ved hjelp av "Move-menyen" [3.22c] på pendanten. Her kan man flytte robotens *endeffektor* med hensyn til en referanseramme [3.22b]. De tre standard referanserammene er *view*⁵, basen eller verktøyet som referanse. Roboten kan også jogges ved å endre vinklene i hvert enkelt ledd individuelt.

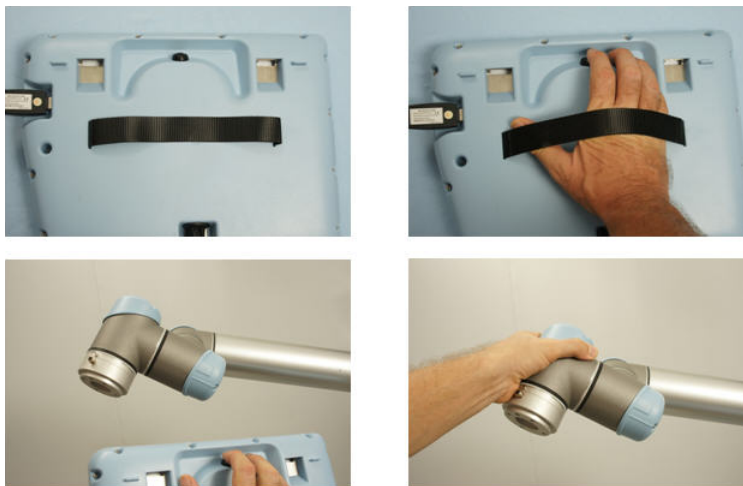
For at roboten skal unngå å kollider i monteringsfiksturene er det viktig at det programmeres nok vendepunkt slik at robotens bane er forutsigbar. For å kunne plassere vendepunkt må de være plassert under en "Move"- kommando med enten "moveJ" eller "moveL" [2.3.1]. Lineære bevegelser er stort sett benyttet der det er nødvendig med høy presisjon, mens raskere leddbevegelser er brukt der det er mindre fare for kollisjoner og presisjon ikke er kritisk. Hver av "Move-kommando" blokkene har sine delte parametre for fart og akselerasjon, for leddbevegelse er disse angitt i vinkelhastighet med henholdsvis $^{\circ} s^{-1}$ og $^{\circ} s^{-2}$, mens for lineære bevegelser

⁵http://wiki.ros.org/moveit_cartesian_plan_plugin

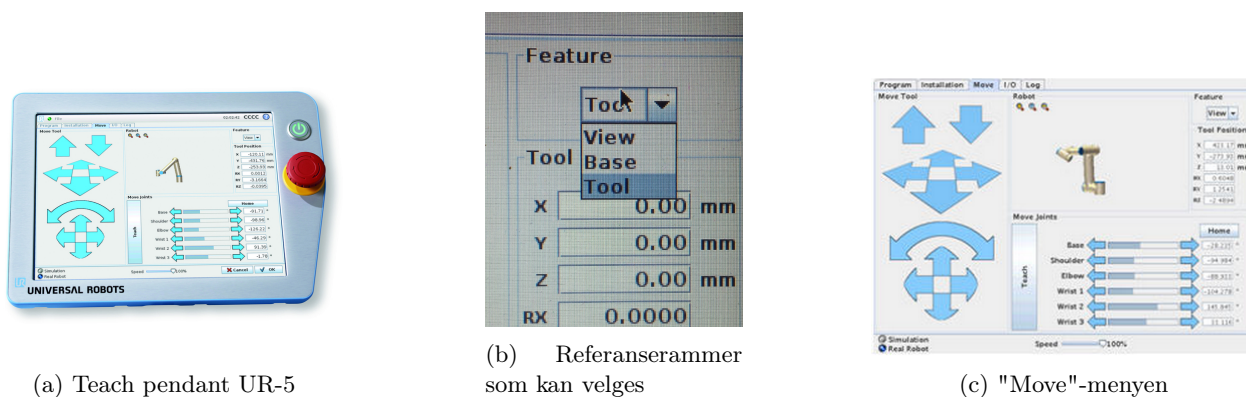
⁶hvordan du ser roboten, om roboten er montert på et bord tilsvarer dette base

er de mm s^{-1} og mm s^{-2} . Alle disse parameterene kan justeres individuelt for hvert enkelt vendepunkt, da slipper en å lage en ny "Move-blokk" om et vendepunkt i programflyten skal ha en annen innstilling enn øvrige vendepunkt i blokken.

Universal Robots pendanter har en teach knapp [3.21], denne er nyttig når roboten skal flyttes fra et område på bordet til et område et stykke unna, eller når en ønsker å bevege roboten for deretter å finjustere ved å jogge den i riktig posisjon og orientering.



Figur 3.21: Knapp på baksiden av teach-pendanten frigjør bremsene i leddene til robotarmen og robotarmens posisjon og orientering kan justeres fysisk



(a) Teach pendant UR-5

(b) Referanserammer som kan velges

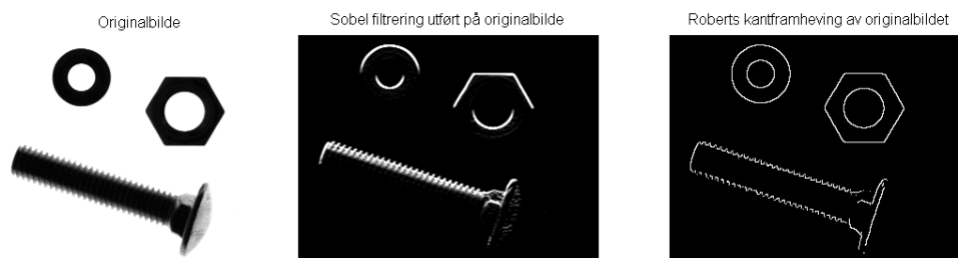
(c) "Move"-menyen

Figur 3.22: Teach pendanten brukes til posisjonsbestemmelse for UR-5

3.3.5 Metoder for kvalitetssikring med maskin-vision

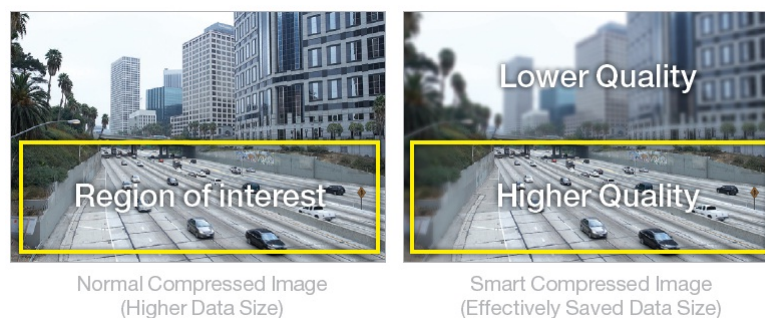
Innenfor feltet maskin-vision så er det en tommelfingerregel at bildebehandling utgjør 1/3 og lyssetting 2/3 av resultatet. Hvis omrisset av objektet er det eneste av interesse er bakgrunnsbelysning den optimale løsningen.[27]
Steg for vision testing:

- **Anskaffe bilde** - henter bilde fra kilden, vanligvis et kamera, og gjør det om til et håndterbart medium. Ingen prosessering er gjort på bildet og forholdene bør være innenfor gitte rammer slik at et bilde kan reproduseres tilnærmet nøyaktig likt.
- **Pre-prosesserer** - bildet korrigeres for forvrengning, nedbrytning og støy som blir introdusert i prosessen ved å anskaffe bildet. Det korrigerte bildet får verdier så nær som mulig strålingsenergien i det originale motivet, både geometrisk og radiometrisk.[28]
- **Trekke ut detaljer** - for å kunne gjenkjenne objekter må en ha noen referansepunkter. Dette handler om å trekke ut distinkte detaljer i bildet slik som linjer og kanter. Kanter er en stor endring i pikselverdi, altså der endringen i gråtoneintensitet er størst. For å trekke ut kantene fra et bilde må en først fremheve disse. Dette gjøres ved bruk av diverse matematiske metoder slik som *Sobel-filtrering* eller *Roberts-kantfremheving*.



Figur 3.23: Metode for å fremheve kanter på et objekt

- **Segmentering av viktige deler av bildet** - i stedet for å prosessere hele bildet, kan man trekke ut en ROI (Region of Interest). Da sparer man datakraft og prosesseringen kan utføres raskere. Man kan da velge spesifikke områder i bildet, eller forhåndsdefinere punkter som er interessant og trekke ut områdene ved disse punktene.



Figur 3.24: Her vises hvordan ROI skiller mellom viktige og uviktige deler av bildet

- **Tung prosessering** - når ROI er valgt, vil man bruke diverse prosesseringsteknikker for å kunne estimere posisjon, orientering og størrelsen til objektet.
- **Avgjørelse** - til slutt vil det tas en avgjørelse på om objektet stemmer overens med originalbildet og om den vil passere testen eller bli forkastet.

3.3.6 Omron Vision-Verktøy

[29]

Camera image Input FH



For å kunne laste inn et bilde og analysere det må man velge et *Image Input*-verktøy som samsvarer med det kameraet som anvendes. I denne oppgaven er det et FH-SC kamera. Verktøyet har også ansvaret for å kalibrere kameraet til lys-omgivelsene som benyttes.

Camera Settings

Camera settings tar seg av *Shutter speed* og *Gain* til kameraet. FH-SC kameraet som anvendes kan ha en *Shutter speed* mellom 25 - 100.000mikrosekunder. Hvilken verdi man velger avhenger hvordan måle-objektet beveger seg. Om måle-objektet passerer kamera-linsen i stor fart er et gunstig å øke *Shutter speed* for å redusere diffuse bilder. *Gain* kan settes til verdier mellom 0-255 og kan brukes til å lyse opp bildet om man ikke oppnår ønsket lysstyrke gjennom andre metoder. *Mirror an Image* anvendes når man ønsker og flippe bildet om x-aksen eller y-aksen.

White Balance

I *White Balance* manipulerer man fargene rød, blå, og grønn for å få hvite objekter i bildene til å se hvite ut. Ved å gjøre dette blir kameraet mer robust for mindre lysendringer. *White Balance* kan også gjøre bildet lysere. Jo høyere RGB-verdier, desto lysere blir bildet.

Shape Search III



Shape Search III-verktøyet er funksjon som detekterer brukerdefinerte figurer for å estimere objektets posisjon, likhet, og orientering. Man kan si at dette verktøyet er det verktøyet som imiterer menneskeøyet på best måte blandt verktøyene vi bruker.

Model

I *Model*-feltet fanges opp et aktuelt objekt som man ønsker å gjenkjenne og lagrer karakteristikken til figuren. Når man har registrert et objekt dannes et sentral-koordinat av modellen som også blir deteksjons-koordinaten til figuren. Etter en slik modell har blitt dannet kan man justere toleransen til objektgjenkjenningen i *Detail setting*. Her kan man justere *Smoothing level*, *Mask size*, *Edge level*, og *Noise removal level*. *Smoothing level* kan økes for å få et objektsøk som er mer robust mot endringer med tanke på lysomgivelsene, men dette går igjen utover detaljnivået til modellen. I *Mask size* kan man velge mellom 3x3, 5x5, og 7x7 filtermatriser. Antall elementer i matrisen avgjør hvor godt kantdeteksjonen utføres. Om bildet er av dårlig oppløsning eller diffust anbefales det å bruke en større matrise. Det siste parameteret i *Model* er *Edge level*. *Edge level* avgjør kantdeteksjonens toleranse. I bilder hvor det er lav kontrast og vanskelig å finne kanten som skiller bakgrunnen fra objektet er det lurt og sette ned *Edge level*. Om man opplever mye støy i bildet kan man sette opp *Edge level* for å redusere støyen.

Measurement

I *Measurement* spesifiserer man betingelsene for at målingene skal være godkjente eller underkjente. I *Shape Search III* er det mye man kan konfigurere, men det mest sentrale i dette verktøyet er å sette *Correlation LV*. *Candidate LV* kan settes til en verdi mellom 0 – 100, og avgjør om et objekt er likt nok modellen til å kunne måles. Om det oppdages falske deteksjoner eller godkjeningsprosessen holder seg stabil bør man øke *Candidate LV*. Er godkjeningsprosessen ustabil bør *Candidate LV* settes ned. *High-Prec* øker presisjonen til objektgjenkjenningen, men går på bekostning av prosesseringstiden. Om presisjonen i målingene er god kan man la være å huke av *High-Prec* og spare tid, men om man ikke er tilfreds med presisjonen bør man huke av *High-Prec*. *Rotation* hukes av om man vil tillate at objektet måles til tross for at det har annen orientering enn den opprinnelige modellen. Hvor mange grader man vil tillate at objektet er orientert spesifiseres i *Angle range*, og kan være en verdi mellom -180 og 180 grader. I *Measurement* er det en fane som heter *Judgement*. Her evalueres aktuelle kandidater. For å bli godkjent må de gjennom noen brukerdefinerte vurderings-kriterier som er satt på forhånd. *Count* bestemmer hvor mange deteksjoner det er tillat og ha i bildet og kan settes til en verdi mellom 0 – 32. *Search angle* spesifiserer hvor mye objektet kan være orientert og fortsatt bli godkjent. En verdi mellom -180 og 180 grader kan velges her. Fra -180 til 180 lar for eksempel måleobjektet bli godkjent uavhengig av orientering. *Correlation* er det viktigste parameteret man setter i *Shape Search III*. Det er dette parameteret som måler likheten mellom kandidaten og den predefinerte modellen. Man kan sette *Correlation* til en verdi mellom 0 og 100 avhengig av hvor streng man ønsker å være i måle prosessen. Om kandidaten skårer under den gitte verdien vil resultatet bli NG (not good), og OK om kandidaten tilfredstiller kriteriene.

Variabler	Funksjon
Judge JG	Helhetlig vurderings resultat
Correlation value CR	Kandidatens likhets resultat
Position X	X-koordinaten til kandidaten
Position Y	Y-koordinaten til kandidaten
Angle TH	Orienteringen til kandidaten

Tabell 3.6: Variabler

Edge Position



Dette verktøyet regner ut posisjoner for hvor det oppstår fargeforandring i måleobjektet. Ved å bruke to *Edge Position*-verktøy kan man bruke koordinatene til å finne avstanden mellom kantene ved hjelp av vektorregning.

Region

I *Region* oppretter man det aktuelle måleområdet som skal brukes. Man bruker et rektangel-verktøy til å markere området man ønsker å måle i. Retningen på rektangelet definerer målingens startpunkt og endepunkt hvor en pil representerer endepunktet.

Measurement

I *Edge Positions Measurement*-felt justerer man og stabiliserer målingen. Målingen er representert ved hjelp av en graf i display-vinduet og gir representere utslagene av fargedifferansene i det predefinerte måleområdet. *Edge level* måler prosentvis fargeutslag i måle området og kan settes til verdier mellom 0 - 100. Her kan man justere *Edge Upper* og *Edge Lower* for å presisere hvilke kant en ønsker å detektere. Om histogrammet inneholder mye støy kan man filtrere måleresultatet i ved å justere *Filter strenght*, slik unngår man feilaktige kantdeteksjoner i profilen.

Variabler	Funksjon
Edge position X	X-koordinaten til kanten
Edge position Y	Y-koordinaten til kanten

Tabell 3.7: Variabler

Circular Scan Edge Width



Dette verktøyet brukes til å måle avstanden mellom to kanter i et sirkulært objekt. Kantene detekteres på akkurat samme måte som i *Edge Position*, ved hjelp av farge differanser i måleområdet. *Circular Scan Edge Width* kan måle enten diameter eller omkrets.

Region

I *Region*-feltet bruker man et tegneverktøy og former en ellipse eller sirkel, alt etter som om de to radiene er like eller ikke. Etter man har plassert tegneverktøyet rundt måleobjektet velges *Width measure type*. Her kan man velge om man skal måle objektets diameter eller omkrets. Om det velges å måle diameter må en også spesifisere retningen til måleområdet, det vil si om det skal måles utenfra og inn eller omvendt. Hvor mange diametere som ønskes og detektere avgrenses i *divide number*.

Measurement

I *Measurement* justerer man og stabiliserer måleverdiene til objektet. Et histogram blir opprettet i display-vinudet og beskriver profilen til målingen. *Edge level* måler prosentvis fargeutslag i måle området og kan settes til verdier mellom 0 - 100. Her kan man justere *Edge Upper* og *Edge Lower* for å presisere hvilke kant en ønsker å detektere. Om histogrammet inneholder mye støy kan man filtrere måleresultatet i ved å justere *Filter strenght*, slik unngår man feilaktige kantdeteksjoner i profilen.

Variabler	Funksjon
Edge width Max. MAXW	Maksimum måle-verdi
Edge width Min. MINW	Minimum måle-verdi
Edge width Ave. AVEW	Gjennomsnittlig måle-verdi

Tabell 3.8: Variabler

Set Unit Figure



Set unit figure er også en type kompenseringstøyt. Her manipulerer man måleområdet til framtidige måleverktøyer. Dette kan for eksempel gjøres ved og sette referansekoordinatene i søkeverktøyet lik referansekoordinatene i måleverktøyet.

Parameter setting

Før man kan gjøre noe som helst må vi velge hvilken kamera-input vi skal få bilder fra. Etter man har krysset av for hvilke kamera som skal brukes velges hvilke måleverktøyer som en ønsker å manipulere i *Target-unit*. Velg så hvilket felt i måleverktøyet det ønskes å hente variabler fra. Deretter endrer man verdiene til hva man ønsker i de variablene i måleverktøyet som skal manipuleres.

Position Compensation



Ved å bruke måleverdier fra *Shape Search III* kan man kompensere for ulike posisjoneringer i måleobjektet. Dette blir gjort ved at man sammenligner verdiene mellom referansekoordinaten til *Shape Search III* og de målte koordinatene. Ved og bruke differansen mellom de to koordinatene kan vi kompensere bildet, og slik forsatt få gode måleresultater.

Scroll Method

I *Method* kan vi velge mellom 4 kompenseringmetoder. Den som er mest brukt er *1 unit scroll*. Ved å velge *1 unit scroll* utføres kompenseringen umiddelbart etter *Shape Search III* har analysert seg ferdig. Referansekoordinatene blir hentet ut og bildet blir flyttet differansen mellom koordinatene. Om man vil kompensere for eventuelle rotasjoner av måleobjektet kan man huke av etter et *Rotation*.

Data Output



I *Output Data*-verktøyet brukes til å sende brukerdefinerte resultater til eksterne enheter som PLS-er og PC-er.

Setting

I *Setting* kan man opprette output-variabler og sette de lik variabler fra måleverktøyer man har anvendt tidligere i en målesekvens. Man kan også sette sammen uttrykk av forskjellige målevariabler og skaleringer for å oppnå verdien eller enheten man er ute etter.

Format

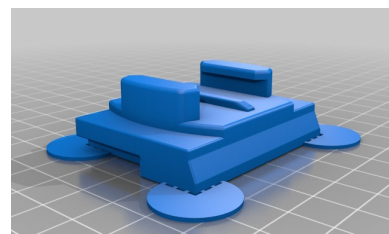
I *Format* konfigureres måten meldinger skal sendes på. Dette innebærer hvilke kommunikasjonsmetode som skal brukes, formatet som meldingen skal være på, hvor mange digits som skal brukes, om man skal separere felt med komma osv. Det anbefales å sette *Field separator* og *Record separator* til *Comma*, da dette gjør det enkelt å splitte verdisamlingen som sendes.

3.3.7 Produktutvikling og bruk av 3D-printing

3D-printing er en måte å framstille 3D-modeller på. Dette foregår ved at en lager en 3D-modell ved hjelp av et 3D-modellerings-program og eksporterer det til et støttet fil-format for 3D-printere. 3D-printeren vil lese filen å avgjøre hva som er inside og utside, og derav dele 3D-modellen opp i horisontale lag med en spesifikk høyde, som regel 1/10mm. Deretter vil 3D-printeren starte og tilføye lag for lag til modellen er ferdig. 3D-printing er brukt mye til prototyping, og det mest brukte materialet å printe med er plast, enten i flytende form eller pulverform.

MakerBot

Makerbot er et selskap som lager kommersielle 3D-printere. Disse kommersielle printerene lager 3D-modeller av god kvalitet, men det dette går ikke alltid like feilfritt. Kjente problemer med bruk av MakerBot er *warping*. Dette skjer når det underste laget i 3D-modellen begynner å kjøles ned. Når den varme plasten kjøles ned og ikke har god nokkontakt med konstruksjonsflaten begynner laget å bende seg. Dette er et velkjent fenomen. For å forhindre at dette skjer må man optimalisere designet. Dette kan bland annet gjøres ved å unngå store kontaktflater med konstruksjonsflaten. Jo mindre kontakt det er mellom 3D-modellen og konstruksjonsflaten jo mindre sannsynlig er det at modellen blir deformert. Når det kommer til konstruksjonsflateteknikker finnes det ulike metoder, men alle har det samme formålet. Formålet til metodene er å holde igjen de underste lagene i det de begynner å kjøle seg ned og derav trekke seg sammen. Det man kan gjøre er å legge blå maskeringstape på konstruksjonsflaten, deretter påføre lim fra en limstift over det arealet 3D-modellen skulle printes. Men det kanskje sterkeste verktøyet man kan bruke er hjelpeskiver(se. 3.25). Ved å sette hjelpeskiver i alle hjørner av modellen minsker man deformasjons-sannsynligheten kraftig.



Figur 3.25: Eksempel på
Hjelpeskiver

SLS (Selective Laser Sintering)

SLS er en type 3D-printer som benyttes til rapid prototyping i industrien. Den fungerer ved at man først fyller opp maskinens lager med PA2200-pulver (se. 3.2.7). Maskinen ruller så ut et tynt lag av dette pulveret over en varm overflate. Når laget med pulver er varmet opp til rett under smeltepunktet benyttes en pulserende laser til å smelte sammen den delen av pulveret som er beskrevet i CAD-filen. Den varme overflater flyttes 1/10 mm ned z-aksen, et nytt lag pulver rulles ut, og prosessen forsetter til hvert lag i CAD-filen er smeltet sammen[30] [31].

Designregler ved 3D-printing

Når man printer deler i plast må man ta hensyn til varmetvikling og deformasjon, toleranser og unøyaktighet. Videre følger et sett regler[?] utviklet av EOS, en bedrift som siden 1989 har spesialisert seg på rapid prototyping og additiv manufacturing.

Pulverfjerning

Husk at dette er pulverprinting og at alle tomme rom i delen må kunne tømmes for pulver etter print.

Filformat

Standard filformat for 3D-modeller som skal fremstilles med rapid prototyping er STL. STL står for Standard Tessellation Language, men man referer ofte til STereoLitography som er programvaren som generer informasjonen som bygger opp 3D-modeller i "stereolitography-maskiner" – 3D-printeren.

Tesselering er en matematisk metode for å fylle ut en flate med flere mindre flater uten gap eller overlapping. Det er dette som skjer når en eksporterer 3D-modellen fra, for eksempel en .prt fil, til en .stl fil. STL filen beskriver alle overflatene til 3D-modellen ved hjelp av triangeltesselering og et kartesisk koordinatsystem. Filstørrelsen og detaljgraden avhenger altså av antall triangler på overflaten.

Skrift

Skriftstørrelse 14 passer best til alle applikasjoner. Mindre skrifter kan brukes, men dette avhenger av oppbygningsretningen i printeren og høyden på inngraving/pregingen. Anbefalt skrift er Sans Serif.

Toleranser

Det er viktig å etterstrebe symmetriske toleranser.

Pasninger for bevegelige deler

EOS anbefaler å bruke 0,1 mm åpning for alle bevegelige deler.

3.4 Utvikling av prototyper og konsepter for operasjoner til pilotcellen

Ved arbeid med utvikling av fikstur- og metodekonsepter er fokuset lagt til å teste og prøve ut alt av ideer så tidlig som mulig. Rapid prototyping er sentralt i dette arbeidet og hjelper til med å speede opp prosessen fra idé til konsept. Som nevnt i [3.1] begynte arbeidet med å kartlegge muligheter og utfordringer. Det er dette kapitlet som danner bakteppet for det som er gjort videre i konseptutviklingen og kapitlet vil følge listen over målsetningen for pilot cellen. Listen er å finne i kapittel 3.1.4, men for ordens skyld repeteres denne listen her.

Oversikt over målsetning for operasjoner i pilotcellen

1. Formontering gaffel
 - (a) Måle kritisk mål på overstøpt aksel
 - (b) Montere friksjonsbrems
2. Formontering hjul
 - (a) Kontrollere rundhet hjul
 - (b) Montere lager
 - (c) Montere deksel
3. Sluttmontering
 - (a) Montere bolt med skru

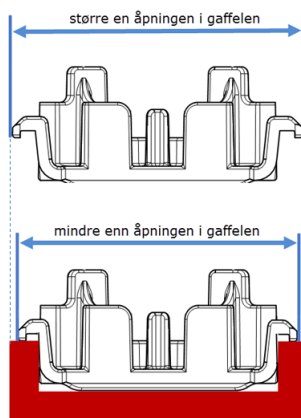
3.4.1 1a: Måling av kritisk mål overstøpt aksel

En kritisk del av produktet er aksel-lengden. Denne lengden har en toleranse på $\pm 0.2\text{mm}$. Ved hjelp av vision-systemet som ble tilført dette prosjektet kan vi benytte oss av *Edge Position*-verktøyet som følger med FH-1050 (se. 3.3.6). Om man klarer å detektere kantene i enden og ved basen på akselen kan man få ut de tilhørende koordinatene, og ved hjelp av disse regne ut hvor lang akselen er.

3.4.2 1b: Montering av friksjonsbrems

Montering av friksjonsbremsen ble i begynnelsen (se kap. 3.1.3) ansett som vanskelig på grunn av et design med snap-fit montering. Denne krever at man trykker sammen endene på friksjonsbremsen for å montere friksjonsbremsen i sporet i gaffelen. For en menneskelig operatør er dette ikke et problem, men med en denne robotgriperen er dette noe mer problematisk på grunn av en veldig liten trykkflate. Et mål er å unngå bytte av verktøy på roboten gjennom hele prosessen i cellen.

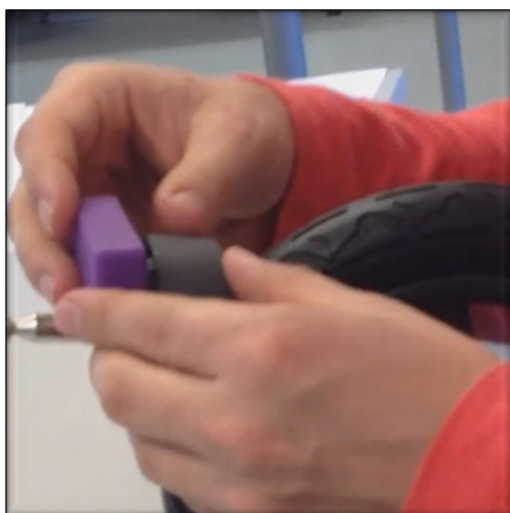
For å få bukt med denne utfordringen ble det utviklet en form som friksjonsbremsen settes i før montering på gaffel. Formen presser sidene i friksjonsbremsen sammen, tilstrekkelig nok til å kunne montere friksjonsbremsen ved å trykke gaffelen normalt ned i formen. I figur 3.26 er dette konseptet forklart.



Figur 3.26: Konsept for friksjonsbremsmontering

En test av konseptet ble gjort med en enkel 3D-printet modell. Denne ble printet med MakerBot (se kap. 3.3.7). Friksjonsbremsen plasseres i formen i klossen og hele klossen presses mot gaffelen.

*Friksjonsbremsen ligger i den lille klossen.
Denne blir trykt på gaffelen.*

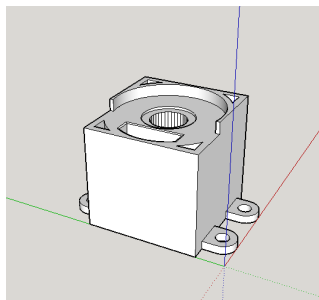


Friksjonsbremsen er montert



Figur 3.27: Verifisering av konsept for montering av friksjonsbrems

Konseptet fungerte stabilt og uten problemer. Videre bør en nå lage en fikstur som kan monteres i bordet for å kontrollere at robotarmen kan produsere samme resultat som denne testen. Ikke minst er dette også viktig for å sjekke om friksjonsbremsen kan plukkes opp og plasseres i denne fiksturen av roboten.



Figur 3.28: Fikstur for montering av friksjonsbrems

En viktig designendring av fiksturen videre er å legge til rom for akslingen som stikker ut på toppen av gaffelen, den overstøpte akslingen. Her er dette løst ved å løfte opp fiksturen og lage et stort hult rom innvendig. Ved montering av friksjonsbremsen ser en at bevegelsen ikke er rett ned og opp, for å montere friksjonsbremsen trengs det også noe bevegelse og trykk sidelengs. Derfor er det hule rommet under nødt til å være såpass stort, dette er dog også bra med tanke på materialbesparelser.

Som ved alle andre montering er det viktig at posisjonene til delene som roboten skal gripe er nøyaktig lik for hver syklus. Holder til gaffel, friksjonsbrems og fjør er konstruert. Ved testing av plukking av friksjonsbrems merkes det at prosessen er ustabil, 8 av 10 feiler og roboten griper friksjonsbremsen på forskjellige måter hver gang. Det antas at dette kommer fra for lite rom mellom friksjonsbrems og holderformen, formen gir robotgriperen for mye motstand friksjonsbremsen ender opp med å skli litt i grepet til griperen. I noen tilfeller fører dette til at friksjonsbremsen ikke blir plukket opp i det hele tatt, men sitter igjen i formen. Ved den neste friksjonsbremsholder er det altså økt pasning for å eliminere dette problemet.

3.4.3 2a: Kontrollere hjulets rundhet

Hjulets rundhet blir kontrollert i dagens montering. Metoden er manuelt utført av operatør ved bruk av måleklokker, se figur 3.29. Legg merke til at hjulene går på et samlebånd etter godkjent kvalitetskontroll.

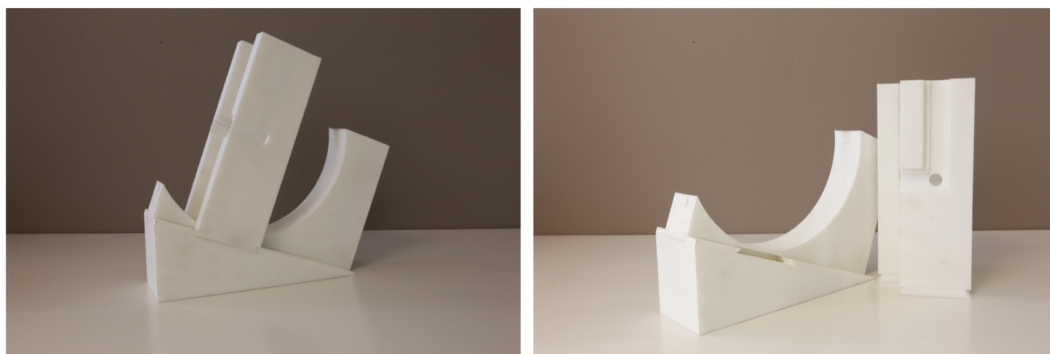
Det gruppen vil gjøre i dette prosjektet er å kontrollere hjulets rundhet ved hjelp av vision-systemet. Vision-systemet har et verktøy som heter *Circle Scan Edge Width* (se. 3.3.6) som kan brukes til å måle diametere. Dette verktøyet har 2 variabler av interesse, *MAXW* og *MINW*, som inneholder maks diameter og minste diameter. Ved hjelp av disse variablene kan man kalkulere ut differansen mellom de og derav finne vandringsen til hulet.



Figur 3.29: Manuell kontroll av rundhet

3.4.4 2b: Lagermontering

Konseptet brukt i prototyp utvikling var en fikstur som besto av en seng til hjulet med to vegger med innebygde lagermagasin og hull til sylindere for montering. Robotarmen plasserer hjulet i fiksturen og to sylindere aktiveres og monterer på lager. For å spare material er prototypen satt sammen som puslebrikker, tanken er at når endringer må gjøres – det blir alltid endringer – kan en enkelt endre og printe gjeldende del fremfor hele fiksturen. Denne metodikken blir bare brukt i prototyp utviklingen, dersom fiksturen og metoden er utprøvd og godkjent vil det bygges en ny hel fikstur.



Figur 3.30: Første prototyp lagermontering

Erfaringer etter første prototyp

- Puslebitene ser ut til å ha liten klaring, men etter avgrading av kanter er pasningen god. Bør legges til avgradede kanter i modell før print.
- SLS-modeller bør aldri være store og solide på grunn av potensiell varmeutvikling. Varmeutviklingen kan føre til deformasjoner og/eller feilmelding ved printing. Med denne modellen oppsto det ingen problemer, men det bør legges inn en uthuling før neste print.
- Korrekt sentrering er viktig for å kunne montere lagre. Forskjellig trykk i dekkene og variasjoner i plaststøp kan føre til hjul som ikke er egnet for denne fiksturen. Her kan man potensielt skape en stor skrapandel uten at delene egentlig er defekte. En mulig løsning kan være å bruke en styring til forhøyningen i plastfelgen rundt lageret. Ved en slik type styring vil en eliminere feilmontering som kommer av feilkilder nevnt over.
- Etter montering av lager er det viktig at det er laget et spor som leder hjulet med lager ut av fiksturen uten at sporene eller resten av fiksturen hindrer dette. I denne første prototypen er sporet laget 90° på lagermagasinet, men sengen til hjulet har en kant som ikke tillater fjerning av hjulet med lager ut av fikstur. Neste prototyp bør dette sporet ligge 45° på magasinet.
- Lagermagasinet er her laget uten noen vegg som hindrer lager å falle ut av magasinet. Tanken var å lime på et pleksiglass for å unngå dette, men innsynet et pleksiglass vil gi her er ikke praktisk eller nødvendig. Neste prototyp bør ha vegger med godt nok rom til at lager kan gli fritt nedover i magasinet.

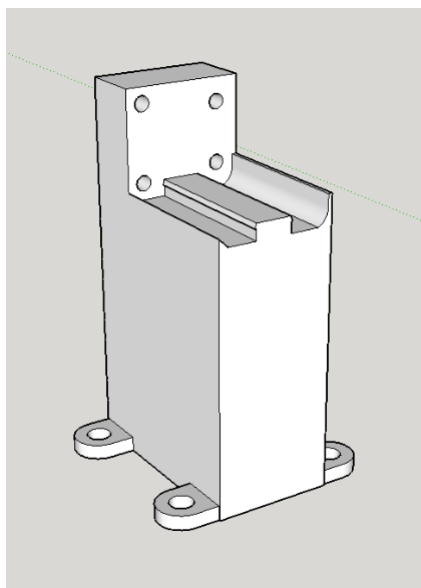
Videre

De påfølgende tre prototypene forsøkes disse feilene å rettes opp. Den største utfordringen er deformasjon i magasinveggene som her er i ett med resten av fiksturen. Designet av fiksturen viser seg problematisk å printe fordi risikoen for at veggene drar seg innover er stor. Den neste største utfordringen er å justere pasningen og veggtykkelsen til lagermagasinene slik at lager kan gli lett gjennom magasinet.

Når det gjelder sentreringen av hjulet er dette ikke fokusert på i prototypeutviklingen hittil. Sentrering av hjulet ved å bruke en styring på plastfelgen viser seg utfordrende med tanke på designet av plastfelgen. Felgen har stor variasjon på de to sidene og har ikke en optimal styringskant. Med hensikt å se på forslag til redesign for å gjøre denne sentreringsmetoden potensiell stabil og korrekt ble dette punktet satt på vent ved videre arbeid på fiksturen.

For å montere lager benyttes det to kompakte sylindere på hver side av fiksturen. Som en første prototyp og for å raskt teste monteringsmetoden er to frittstående holdere designet for å gi korrekt høyde på stampelet. Fiksturene plasseres på siden av prototypen av den nyeste lagermonteringsfiksturen og slaglengden justeres for hånd ved å skru fast holderen til sylindere ved siden av fiksturen.

Ettersom alt utstyret nå er på plass starter funksjonstester av konseptet. Begge lager blir montert samtidig ved hjelp av de to pneumatiske sylindere. Denne robotarmen er ikke utstyrt med kamera og er altså blind for feil som kan oppstå i monteringen – med mindre man forteller robotarmen at lagerene ikke er montert eller er feilmontert vil monteringsprosessen fortsette. Funksjonstestene viser at prosessen og fiksturene gir et ustabil monteringsresultat. Den vanligste feilen er å montere lagerene feil, for eksempel dersom trykket er for lite og lagerene ender opp med å stikke ut. Akkurat denne feilen kan føre til stopp i monteringen fordi hjulet blir forsøkt plassert i neste fikstur uten å faktisk passe i fiksturen. Stopp i monteringen er kostbart, men enda mer kritisk er kvaliteten på det monterte produktet. Et hjul uten lager kan i teorien gå gjennom hele monteringsløpet uten at dette skaper stopp i monteringen. Det er derfor kritisk å kontrollere at denne prosessen er korrekt utført. For å forsikre at slike problem ikke oppstår bør man kvalitetssikre monteringen. I prosessen er det allerede brukt vision-system til å godkjenne rundheten på innkommende hjul, mulighetene for å bruke dette bør utforskes.



Figur 3.31: Sylinderholder prototyp

Å verifisere om kulelagerene er korrekt montert er en smal sak for vision-systemet da dette kun krever objektgjenkjenning. FH-1050 har et verktøy som heter *Shape Search III* (se. 3.3.6) som kan lagre karakteristikken til et måleområde som viser korrekt kulelager montering. Ved å sette korrelasjonsverdien i dette søket relativt høyt kan vi detektere om alle kulelagerene er der eller ikke.

Mot slutten

Etter videre utprøvinger av fiksturene og robotmontering av hjulet oppstår det flere forbedringsmuligheter.

- Deformasjonen i magasinveggene skaper problem ved innsetting av hjulet. Det ble forsøkt løst ved å gjøre manuelle endringer i fiksturen, men over tid drar veggene seg sammen igjen og problemet gjenoppstår. En designendring bør gjøres for å hindre dette.
- Posisjoneringen av sylinderholdere ser ustabile ut. Det er ikke målt noen endringer i stabiliten til monteringsmetoden, men man antar at de relativt små bevegelsene som oppstår under monteringsoperasjon kan gi variasjoner og problemer ved montering over tid.
- For å få bukt med de to overnevnte problemene er det foreslått å gjøre om fiksturen og de to holderene til en hel fikstur. Da kan man bygge inn forsterkninger som hindrer at veggene drar seg sammen og at holderene beveger seg, samtidig som holderene har en konstant fiksert posisjon i forhold til resten av monteringsstasjonen.
- Angående sentreringen av hjulet i stasjonen er det fortsatt ikke foretatt endringer. Avgjørelsen ble tatt i samråd med kunden, Stokke, med bakgrunn i et samtykke om at en designendring er nødvendig for at denne sentreringsmetoden skal være suksessfull. Pilotcellen vil altså ha en fikstur hvor sentreringen er lagt på til dekket og ikke plastfelgen som med en designendring vil være mer stabil.

3.4.5 2c: Dekselmontering

For å montere dekslet ble det tidlig foretatt en videoanalyse (se vedlegg 14) av ulike tilnærminger for montering. Resultatet var tydelig, for å montere dekslet måtte det trykkes på midten av eikene. Figur 3.32 illustrerer denne bevegelsen. Dette dannet bakgrunn for et verktøy som har en stor ring som treffer midten av hver eik og et håndtak slik roboten kan gripe verktøyet. Ved å lage et verktøy som griperen enkelt kan gripe unngår man tidskrevende operasjoner for å skifte endeeffektor under prosessen. Til monteringen fungerte dette verktøyet uten feil.



Figur 3.32: Trykkpunkt for montering av deksel

Figur 3.33: Verktøy for montering av deksel

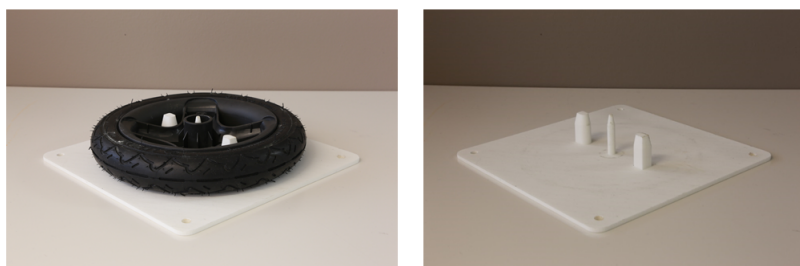


Figur 3.34: Testing av verktøy med robotarm

Ved robotmontering oppdager man fort hvor viktig det er at deler og lignende ligger i helt nøyaktig lik posisjon ved hver syklus. Det ble derfor designet en holder til verktøyet. Holderen sentrerer verktøyet utifra

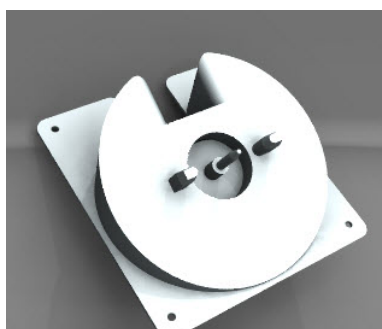
ringen, eller veggene i koppen, og har store avgraderinger for å styre verktøyet på plass. Veggene på verktøyet er 4 mm tykke, noe som er sterkt nok for operasjonen den er designet for, men dersom robotarmen misser på holderen er sannsynligheten stor for at veggene kan knekkes før robotarmen stopper bevegelsen.

Når det gjelder nøyaktige posisjoner gjaldt dette naturligvis også for selve dekket under monteringen av dekslet. Første prototyp er en plate med en styrepinne til senter av hjulet og to som kiles mellom to eiker plassert ovenfor hverandre. Det er tatt høyde for variasjoner i griping av hjulet ved at alle styrepinnene har store avgraderinger for å styre hjulet på riktig plass.



Figur 3.35: Første prototyp fikstur for dekselmontering

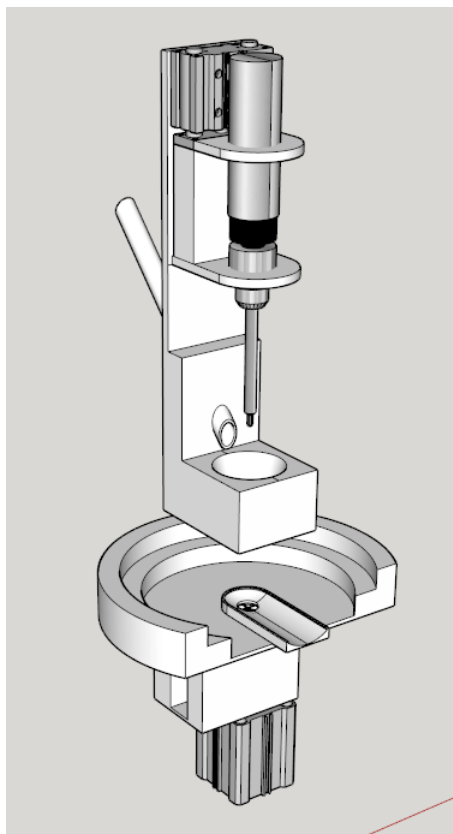
Ved utprøving av prototypen såg man at hjulet ikke lå stabilt fordi platen er helt flat og hjulet hviler på forhøyningen i midten av felgen. I tillegg krever flytting av hjulet til neste operasjon et godt grep om dekket – noe som var vanskelig når hjulet lå flaten på platen uten noe rom for griperen til roboten. Styrepinnen til senterhullet hadde var for beskjeden og burde vært større. Styrepinnen mellom eikene hadde ingen kontakt på med selve eikene, selv om dette fungerer som sikring mot å plassere hjulet i feil orientering er det som sagt et høyt behov for presisjon og disse bør altså utvides til de har kontakt på begge sider.



Figur 3.36: 3D-modell av ny fikstur for dekselmontering

3.4.6 3a: Montering av gaffel til hjul

Etter avgjørelsen om en overgang til aksling med skru ble det jobbet med flere nye konsepter. Det ble utarbeidet tre konsepter ved hjelp CAD-programmer. Avgjørelsen om hva som skulle tas videre til en funksjonstest ble tatt på bakgrunn av potensiale til konseptet, estimert tid for videreutvikling av konseptet og hvilke ekstrautstyr disse konseptene krevde. Det ene konseptet som ikke ble tatt videre i prosessen er vist i figur 3.37.



Figur 3.37: Tidlig konsept for montering av gaffel til hjul

Tanken bak konseptet i figur 3.37 er at robotarmen legger hjulet i en base som holder hjulet. Robotarmen henter deretter gaffelen og holder gaffelen slik denne er sentrert med hjulet. En pneumatisk sylinder i fiksturen vil da tre gjennom akslingen og gi signal til en sylinder som styrer den pneumatiske *push-to-start* skrutrekkeren. Skrutrekkeren skrur skruen til et angitt moment.

Konseptet byr på utfordringer med tanke å sikring av sentreringen, her trengs det mest sannsynlig en form for sensor som sikrer at aksling og skru kan monteres. Med bakgrunn i dette velges konseptet å forkastes.

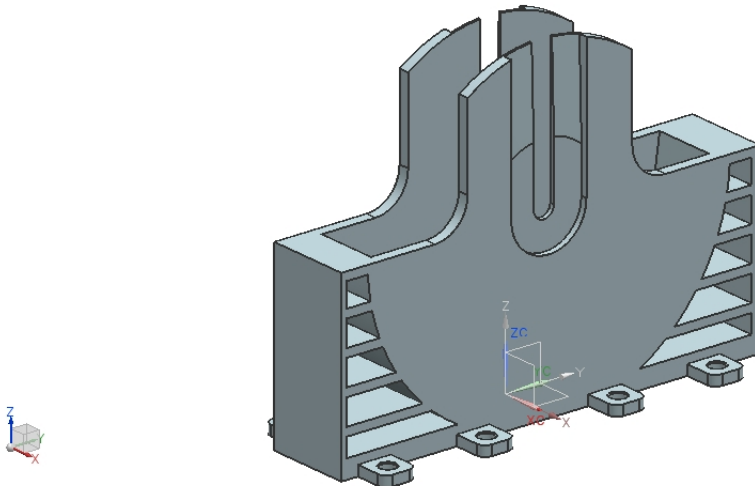
Figur 3.38 og 3.39 er to av de konseptene som ble printet, begge disse baserer seg på at roboten fungerer som et mothold ved hjelp av et bitsverktøy med magnet. Hjulet blir plassert i fiksturen etter lagermonteringen er ferdig, når friksjonsbremsen er ferdig montert settes gaffelen i fiksturen og det er nå klart for siste monteringsoperasjon.

Forskjellene på de to fiksturene ligger i hvordan gaffelen føres inn i et spor på fiksturen. Figur 3.38 føres gaffelen inn sidelengs, i figur 3.39 føres gaffelen vertikalt ned over hjulet. Ved utprøving av fiksturene oppdages

det at fiksturen i figur 3.38 gir en lav repeterbarhet ved plassering av gaffelen, ved den andre fiksturen i figur 3.39 gir sporet til gaffelen 100% kontroll ove sentreringen i forhold til hjulet.

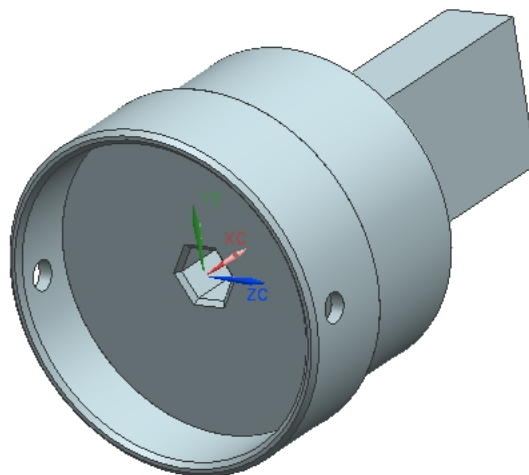


Figur 3.38: Konsept 2 for montering av gaffel til hjul



Figur 3.39: Konsept 3 for montering av gaffel til hjul

Hvis robotarmen skal fungere som et mothold trenger griperen et verktøy som kan holde akslingen. Akslingene bør ha for eksempel et innvendig sekskantspor. I og med mating ikke er en del av prosjektet utvikles det et konsept som krever at akslingen blir plassert på verktøyet innen start av monteringsprosessen. En neodymmagnet inne i verktøyet holder akslingen inntil den blir montert, bitsen er en avkappet unbraconøkkel som passer det innvendige sekskantsporet i akslingen.



Figur 3.40: Bitsverktøy med magnet

3.5 Redesign av komponenter

Ved redusering av komponenter reduseres man også omfatningen av cellen. Komplikasjonsgraden synker og man klarer seg med mindre utstyr og operasjoner. Dette kan brukes til å regne ut lønnsomheten i et eventuelt bytte av komponenter. Selv om innkjøpsprisen for delene ofte stiger betyr det nødvendigvis ikke at totalprisen på produktet stiger hvis man tar i betraktning redusert monteringskostnad.

Et annet moment som er viktig å nevne ved redesign av komponenter er kvalitet. Her igjen vil man kunne se besparelser med tanke på vrakprosent og reduksjon i reklamasjoner. De endringene som er gjort i denne oppgaven er først gjort for å få en mer kontrollert og repeterbar montering. Effekten av disse endringene er økt kvalitet. En lite repeterbar monteringsprosess gir økt risiko for variasjoner og feil i monteringen.

3.5.1 Lager med forlenget innerring

Dagens produkt består av to lager med to distansestykker. Disse ble funnet vanskelig å montere med robot da delene er små og montering av akselen krever nøye oppstilling av distansestykkene. Ikke minst skaper dette sløsing med tid når disse delene også skal mates inn til cellen.

I oppgaven er det i diskusjon med kunden bestemt at disse fire komponentene skal byttes ut med to komponenter. Dette er to lager med en innerring som er forlenget og fungerer som et distansestykke. Dette er ikke en standard komponent, noe som betyr at prisen gjerne øker.

Fordeler med utbytting av lager er at man reduserer antall komponenter fra fire til to. Dette er bra med tanke på mating av deler og monteringsprosessen kompleksitetsgrad og tidsbruk.

3.5.2 Aksling med gjengelåsing

Akslinger med innvendige gjenger er ikke standard komponenter og må spesialbestilles. Tingstad opplyser at denne type skru krever bestillinger med store volum, minimum 100 000. I konseptutviklingen av metoder og fiksturer til pilotcellen er det antatt at produktet har en skrumontering. Dette betyr at prototyper av de nye akslingene må fremstilles for at monteringen i pilotcellen skal gjennomføres. Vekst Ålesund tok på seg oppdraget med å modifisere standardskruer til å tilfredstille de viktige målene i tegningen.

3.5.3 Gaffel

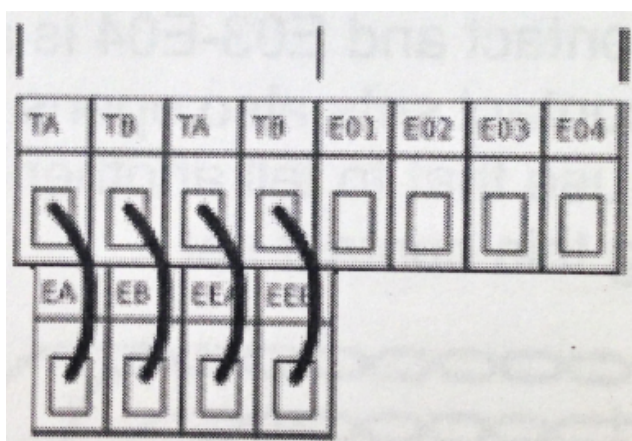
På innsiden av gaffelen er det i dag skjært ut et spor som skal lette monteringen av gaffelen til hjulet ved å styre distansestykkene i senter. Med den fiksturen vi har laget i denne oppgaven entrer gaffelen i en rett linje ovenfra og ned. Når det i dag er laget et spor som ikke stemmer overens med denne bevegelsen så hindrer dette sporet gaffelen fra å gli ned til posisjon i fiksturen og gaffelen stopper ved distanseringen og trenger et ekstra trykk fra robotarmen for å gå helt til posisjon for montering av aksling. En løsning er å flytte dette sporet slik at det stemmer overens med den nye monteringsbevegelsen. Dersom man på den andre siden fjerner dette sporet vil man få samme problem i prosessen, gaffelen vil fortsatt stoppe opp. Sporets funksjon er ikke bare å styre og sikre korrekt sentrering, den hjelper også med entring. Gaffelen er støpt plast og gaffelåpningen er utsatt for variasjon.

3.6 Sikkerhet

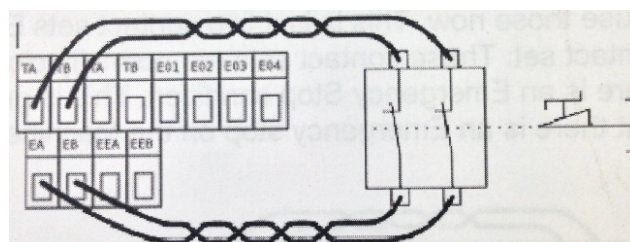
Robotarmen brukt i dette prosjektet har en forsinkelse på 100 ms, dette er tiden det tar før armen stopper bevegelsen fra den møter motstand fra for eksempel et menneske. Andre industriroboter har gjerne 30 ms reaksjonstid. Tallet 100 ms er ikke et nøyaktig tall da dette fra leverandøren ikke er mer nøyaktig. UR 5 er en robot som i utgangspunktet har lov til å operere i miljø med mennesker, men med en gang en installerer en endeeffektor på robotarmen så forsvinner dette CE-merket/denne garantien. Det sier seg selv at ansvaret frafaller Universal Robots når man i teorien kan installere en sabel i armen. Endeeffektor eller ikke er det

uansett fornuftig å se på sikkerheten ved bruk av UR-5. En robotarm med det momentet den kan oppnå i fart er risikofyllt når det tar 100 ms før den stopper opp, uavhengig av hva som befinner seg på enden av armen. Det er helt klart nødvendig å være bevisst på dette, informasjon bør bli gitt til alle tilskuere og eventuelle brukere. Både i form av merking/skilting og muntlig informasjon. Det er planlagt å lage en GUI for å styre pilot-cellen.

Det er derfor pålagt å implementere en ekstra nødstoppbryter. Kablingsskjema for implementering av ekstern nødstopp til UR-5 er vist under.



(a) Fabrikkny, ingen eksterne nødstopper



(b) En ekstern nødstopp implementert

3.7 Oppbygging av forretningsplan

Kalkulasjoner til forretningsplanen bør vise hva kostnader en robotisert løsning medfører. Disse er listet opp nedenfor. Under hver av kostnadene følger underpunkter som beskriver de dataene som må innhentes for å sette opp forretningsplanen.

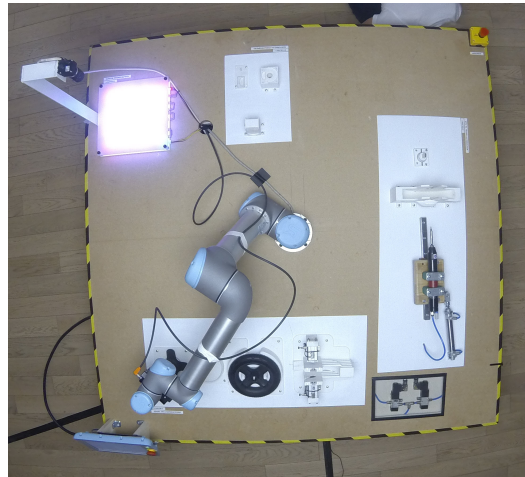
- Investeringskostnader
 - Priser på alt utstyr brukt i cellen
 - Antall timer for utvikling og timepris
 - Programmeringstimer med timepris
 - Reservedeler
 - Materialkostnad prototypeutvikling
- Driftskostnader
 - Strømkostnader basert på pris pr kW, strømforbruk, monterings tid per hjul og antall hjul
 - Vedlikeholdskostnader
 - Kostnad for en operatør som utfører daglig vedlikehold
- Materialkostnader
 - Priser for nye redesignede deler
 - Priser på originale deler, hvor aktuelt
- Monteringskostnader
 - Driftskostnader fordelt på hvert hjul
- Vrak-kostnader
 - Vrakprosent i den nye robotiserte monteringen
- Total pris per hjulsett (altså to fremhjul)
 - Basert på overnevnte data

Data for tradisjonell montering, altså dagens montering, bør hentes inn for å sammenlignes med kostkalkylen for en robotisert løsning. Fabrikkkostnadene blir ikke tatt med i sammenligningen da disse vil være tilnærmet like.

KAPITTEL 4

RESULTATER

4.1 Oversikt over pilotcellen



Figur 4.1: Oversiktsbilde av pilotcellen

4.1.1 Oversikt over endelige operasjoner i pilotcellen

1. Formontering gaffel
 - (a) Kontrollere kritisk mål på overstøpt aksel
 - (b) Montere friksjonsbrems
2. Formontering hjul
 - (a) Kontrollere rundhet hjul
 - (b) Montere lager
 - (c) Montere deksel
3. Sluttmontering
 - (a) Montere aksling med skru

Operasjoner fra målsetningen som har gått bort er:

- Kontrollere fjørstivhet for å sjekke at korrekt fjør er montert
- Kontrollere overstøpt aksel med en pulltest
- Kontrollere hardhet dekk
- Kontrollere totalvekt

4.1.2 Stasjoner i pilotcellen

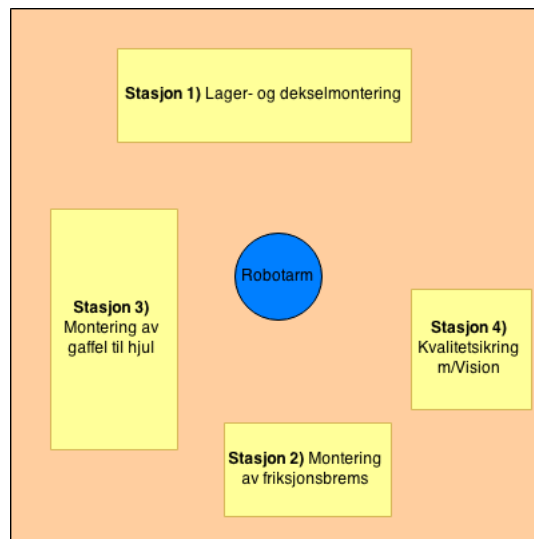
Robotcellen er delt opp i fire stasjoner. Tre av disse utfører monteringsoperasjoner og den siste er et lysbord med kamerastativ som brukes til kvalitetstesting av komponenter og montering. De tre monteringsstasjonene har som oppgave å montere sammen hjulet og er delt opp i to stasjoner som fungerer som en "pre-assembly" og klargjør delene til siste monteringsstasjon som setter sammen gaffelen og hjulet med en skru og aksling.

Stasjon1: Montering av deksel og lager

Stasjon2: Montering av friksjonsbrems

Stasjon3: Montering av gaffel til hjul

Stasjon4: Kvalitetssikring m/vision



Figur 4.2: Oversikt over stasjoner i pilotcelle

4.1.3 Monteringstider

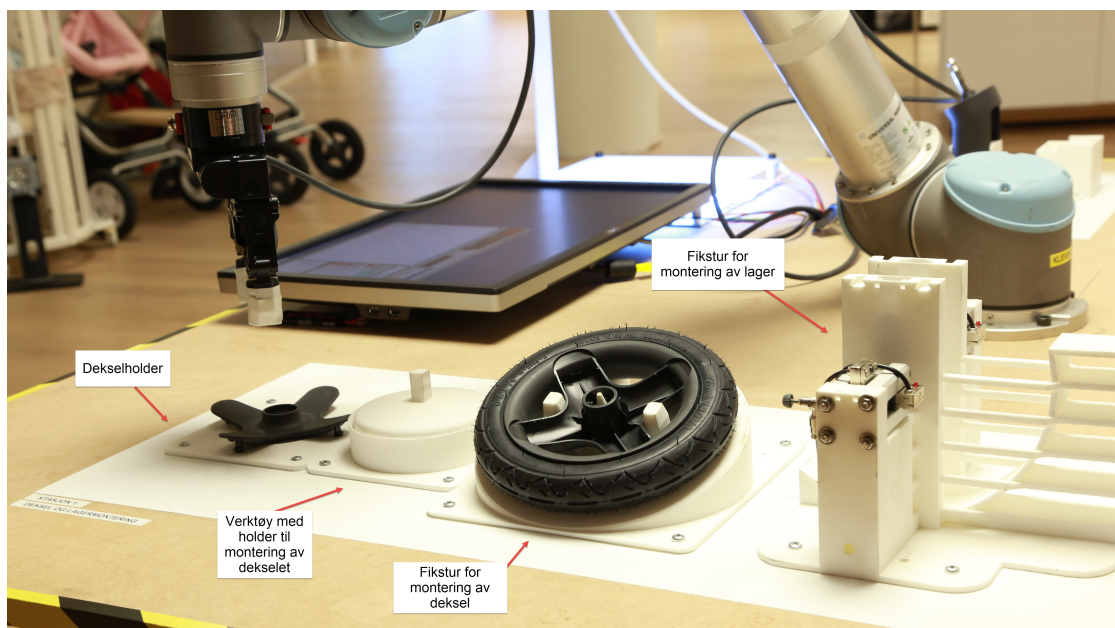
For å kunne sammenligne med tabell 2.1 med dagens takt-tider er tidene satt opp som tider for montering av et helt sett fremhjul, altså to hjul. En syklus i pilotcellen monterer ett hjul.

Tabell 4.1: Monteringstider automatisert montering

Aktivitet	Stasjon	tid pr (s)	antall	tid (s)
Montering av friksjonsbrems	2	40	2	80
Lager og dekselmontering	1	36	2	72
Montering av gaffel til hjul, høyre	3	35	1	35
Montering av gaffel til hjul, venstre	3	35	1	35
Kvalitetskontroll av rundhet	4	1	2	2
TOTAL TID				224 sek

4.2 Beskrivelse av stasjoner og fiksturer

4.2.1 Stasjon 1: Montering av deksel og lager



Figur 4.3: Stasjon 1: Montering av deksel og lager

Dekselholder

Platen har nedfelte spor til hver av snap-fit krokene. Rundingen i midten er felt ned for at dekkelet skal hvile på krokene og ikke bulingen i midten av dekkelet.

Verktøy med holder til montering av dekkelet

Verktøyet er formet som en kopp med holder som roboten kan gripe i. Koppen har en diameter som treffer midt på eikene til dekkelet. Holderen til verktøyet sikrer nøyaktig posisjon ved oppstart av hver syklus.

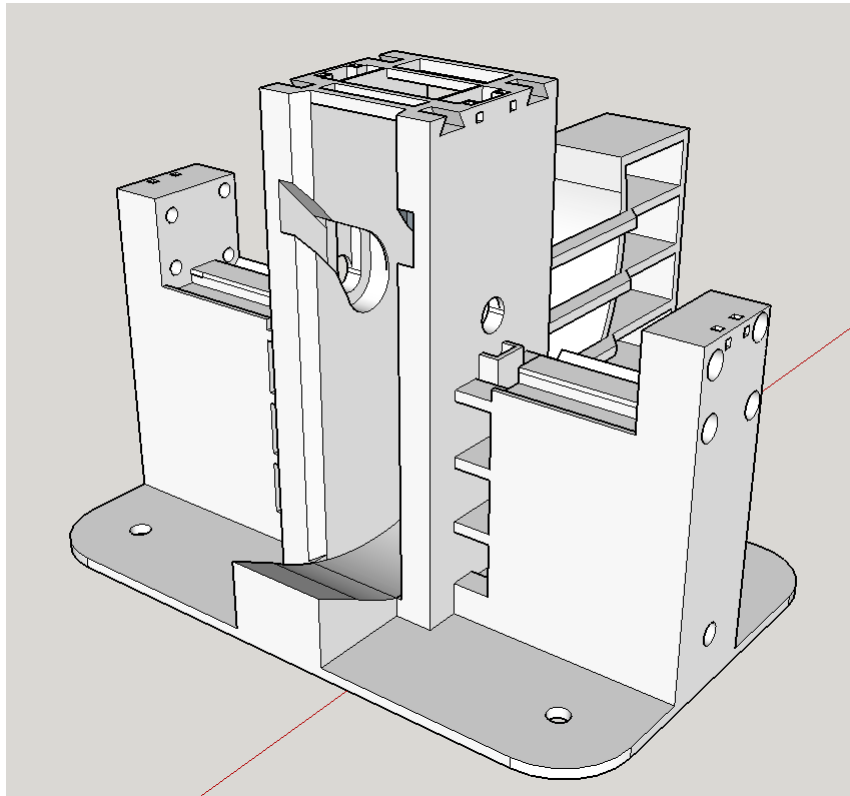
Fikstur for montering av deksel

Fiksturen skal gi en stabil flate til montering av dekkelet og samtidig sikre nøyaktig posisjon gjennom prosessen. For å sikre posisjonen er det lagt inn en senterpinne og to styringspinner som treffer mellom eikene. Fiksturen er nedfelt i midten for å unngå at hjulet vagler rundt på styringen til lageret og heller ligger flatt på gummidekket. Opphøyning med utfelt spor tilrettelegger for godt grep om dekket for roboten ved henting.

Fikstur for montering av lager

Veggene på fiksturen fungerer som magasin for lagerene. Hvert magasin rommer 10 lager. Fiksturen har en halvmåneformet seng hvor hjulet hviler under monteringsoperasjonen. Her er det lagt til en trykksensor som

gir signal når hjulet er plassert. Magasinveggene har hull til stempelet som presser inn lageret og et spor lagt til 45 grader for å styre og gi plass til å ta ut hjulet etter montering av lager. På utsiden av hvert lagermagasin er det plassert to sylindre som skal presse på begge lager. Holderen gir korrekt høyde til stempelet slik disse er sentrert med hjulet og lager og skaper bedre stivhet i hele fiksturen.



Figur 4.4: 3D-modell av fikstur for montering av lager

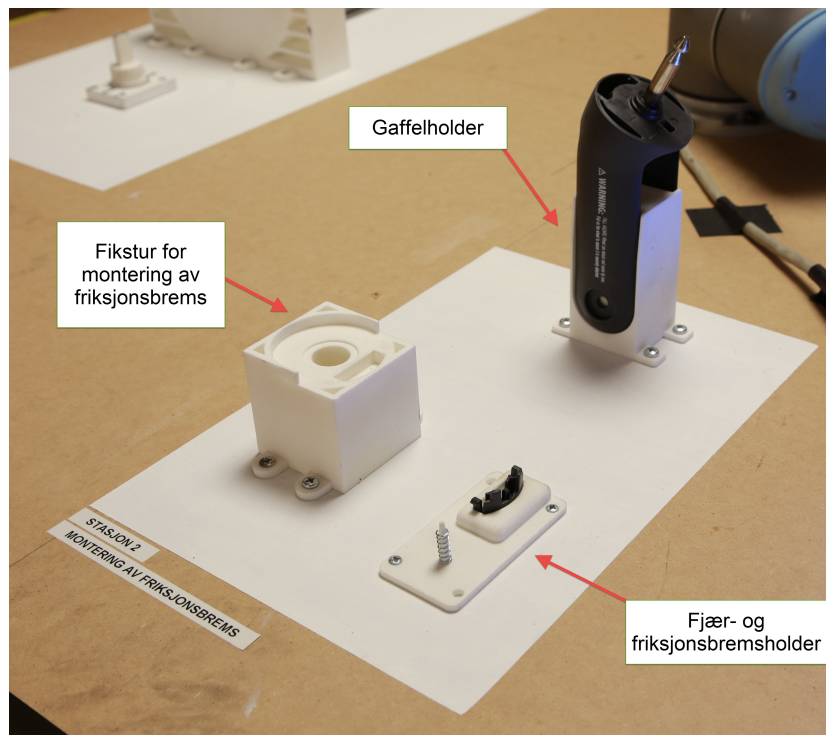
4.2.2 Stasjon 2: Montering av friksjonsbremse

Gaffelholder

Gaffelholderen er en hul kloss med spor formet etter avrundningene på endene til gaffelen. Funksjonen til fiksturen er å sikre nøyaktig posisjon av gaffelen for robotarmen å gripe ved hver monteringsprosess. Sporene til gaffelen er godt avrundet for å forsikre enkel entring ved plassering i fikstur.

Fjær- og friksjonsbremseholder

Sikrer at fjær og friksjonsbremse holder samme posisjon ved hver syklusstart. Holderen til de to komponentene er lagt til samme del slik at posisjonen i forhold til hverandre er lik. Friksjonsbremseholderen har en rommere



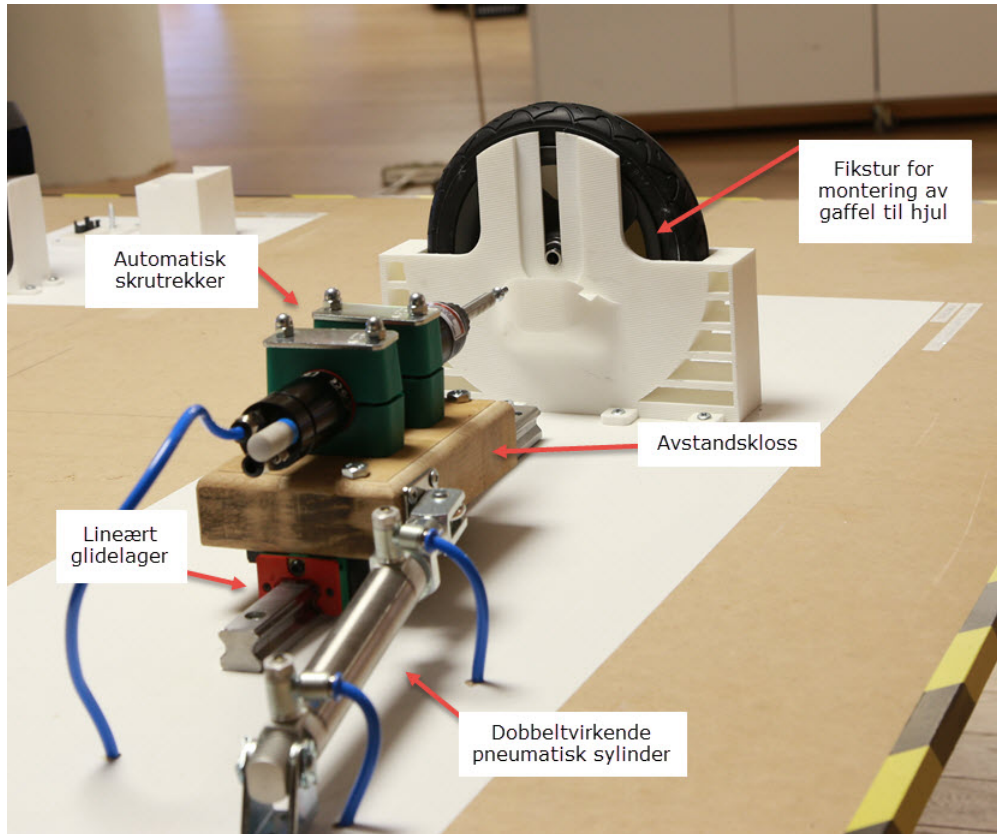
Figur 4.5: Stasjon 2: montering av friksjonsbrems

pasning for å sikre at griperen ikke har noe motstand når den henter friksjonsbremsen, motstanden fører til at friksjonsbremsen glir ut av griperen og forblir i holderen.

Fikstur for montering av friksjonsbrems

Nedfellingene til friksjonsbremsen kniper inn snap-fit kantene og muliggjør montering ved å presse gaffelen mot friksjonsbremsen. Avgradede kanter er lagt til for å styre friksjonsbremsen til nøyaktig posisjon. Fiksturen er hul og bygd opp for å gi rom til akslingen i gaffelen. Det innvendige hulrommet og hullet til akslingen er generøst for å gi rom til de store bevegelsene ved monteringen.

4.2.3 Stasjon 3: Montering av gaffel til hjul



Figur 4.6: Stasjon 3: montering av gaffel til hjul

Fikstur for montering av aksling i hjul og gaffel

Funksjonen til denne fiksturen er å sentrere hjulet, gaffelen og akslingen. Hjulet og gaffelen har statiske posisjoner i fiksturen, men akslingen har et spor som sikrer god sentring og entring. Hjulet har godt med rom rundt dekket for å sikre at hjulet ikke hviler på dekket og hindrer hjulet å hvile på innerringen til lageret – noe som er hensikten. Gaffelen har spor som ligner de i gaffelholderen, med så store avgraderinger som hjulets bredde tillater. Den skjelettliggende strukturen på sidene av fiksturen er lagt til for å spare material uten å gå på bekostning av styrke.



Figur 4.7: Fikstur for montering av gaffel til hjul

Sleidefikstur for skrutrekker

Sleidefiksturen er satt sammen av et lineært glidelager, en dobbeltvirkende pneumatisk sylinder med fester, en pneumatisk skrutrekker med push-to-start-funksjon, og en monteringskloss som sikrer korrekt senterhøyde på skruen. Push-to-start betyr at skrutrekkeren begynner å skru når endestykket blir trykt ned. Sylindren kjører frem monteringsklossen med skrutrekkeren på signal og skrutrekkeren vil da begynne å skru til skruen til et gitt moment.

4.2.4 Stasjon 4: Kvalitetssikring m/vision

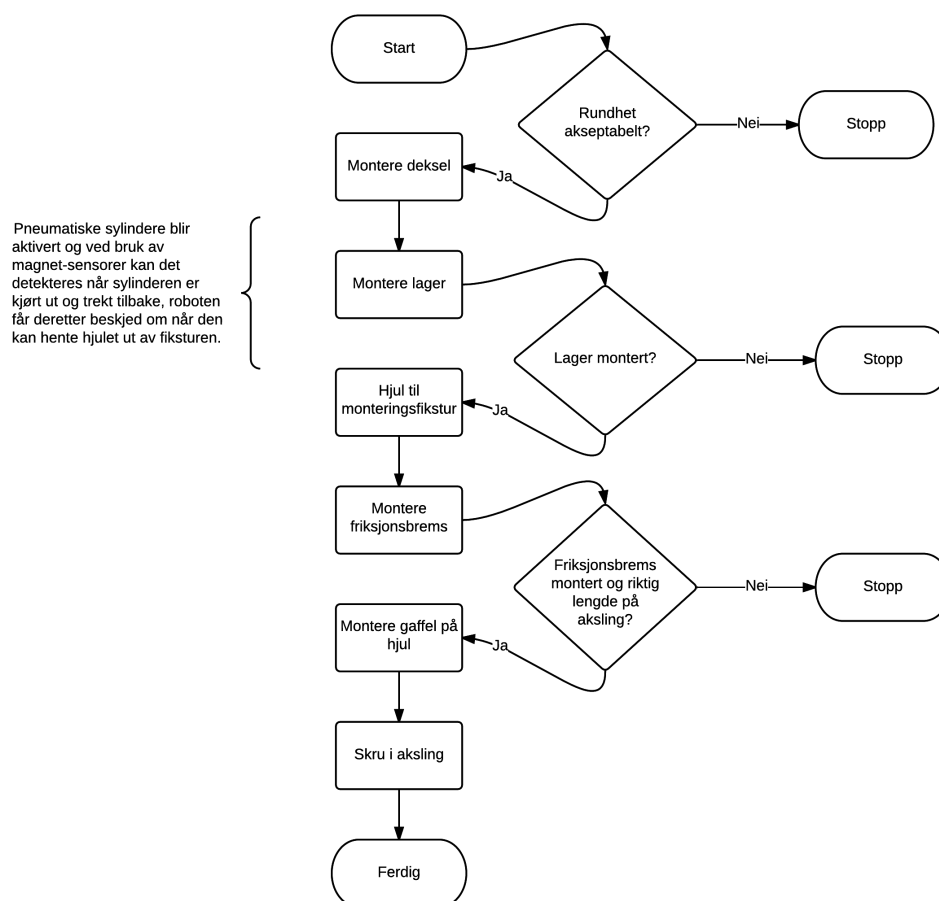
Kamerastasjonen er laget av laserskjærte stålplater som er sveiset sammen til en bunnplate med et fiksert kamerastativ. Tegningene av disse er å finne i vedlegg 10. Lysbordet er bygd opp av sammenkoblede led-lyslister i bunnen med et pleksiglass med ene flaten malt hvit og frost-folie på toppen. Lysbordet og kamerastativet er boltet ned i platen. For å skape tilstrekkelig distanse mellom lyskilde og pleksiglass for frosten er det laget distansestykker av dreide aluminiumsrør hvor bolten går gjennom. Lysbordet er lyst opp ved hjelp av 81 LED-RGB i et 9x9 matrise. Ved hjelp av Adafruit-WS2801.h biblioteket vi har implementert i Arduino kan vi lett styre LED-RGB-matrisen. Hvilke bilder matrisen skal utføre avhenger av verdier hentet inn fra FH-1050-vision gjennom klient-programmet [4.3.2] som kjøres på PCen.



Vision-stasjon

4.3 Styringsprogram for pilot

4.3.1 Prosessoversikt i pilotcellen



Figur 4.8: Prosessoversikt i pilotcellen

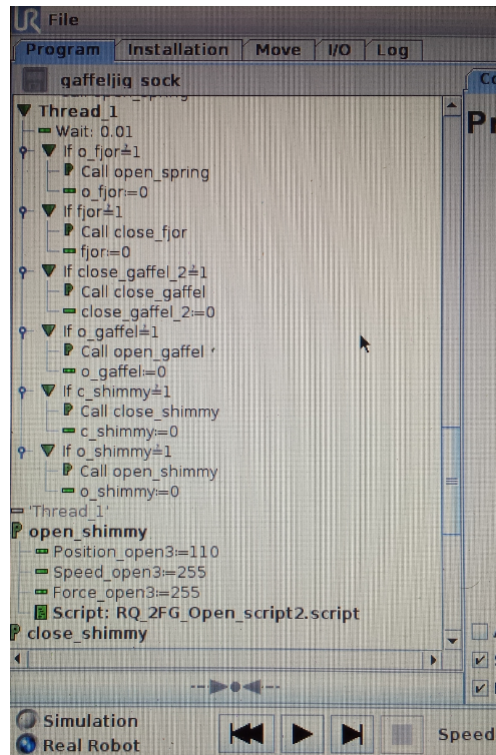
4.3.2 Teach-in program

For at programmeringen av robotarmen skulle bli mer oversiktlig på teach pendanten ble det valgt å lage to separate program, ett program for montering av deksel og lager, og ett for montering av friksjonsbrems og aksling. Dette gjør det også mulig å tenke at robotcellen kunne inneha to robotarmer som gjorde disse monteringen samtidig, og dermed kutte takttiden betraktelig.

Hver av programmene starter med et aktiveringsskript for griperen [32], som en forsikring av at griperen er aktivert og klar til bruk.

For at griperen skal kunne operere effektivt ble det opprettet forhåndsdefinerte program med gitte parameter

[3.3.3] for hjul, kopp, fjør og gaffel slik at disse ble håndtert på best mulig måte og for å senke takttiden. Griperens bevegelser ble styrt i en egen *tråd*¹ fig. [4.9] slik at griperens operasjoner kunne skje samtidig som robotens bevegelser ble utført. Posisjon er justert for hver av objektenes tykkelse og fysiske spesifikasjoner.



Figur 4.9: Tråd for styring av griperen

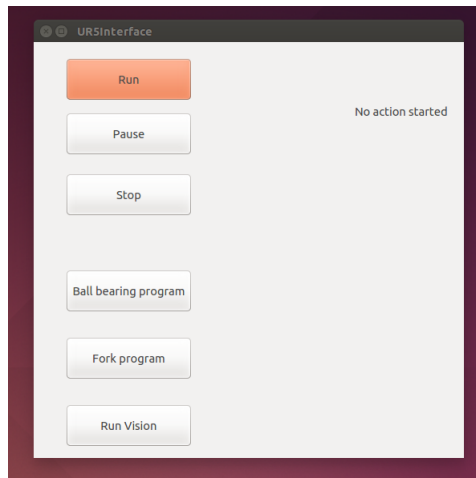
Program 1 - Deksel- og lagermontering

Robotens startposisjon er rett over dekselholderen [4.2.1], griperen kjøres til maks åpning for å hente deksel og dekslet plasseres på hjulet ved de-akselererte lineære bevegelser for nøyaktig plassering. Deretter blir verktøy for dekselmonteringen

Program 2 - Gaffel- og akslingmontering

Robotens startposisjon er rett over friksjonsbremsen, roboten beveger seg ikke ned før griperens posisjon er korrekt i forhold til grepsbredden som trengs for å plukke opp friksjonsbremsen. Friksjonsbremsen plasseres i holderen for friksjonsbrems [4.2.2] og dyttes deretter ned i holderen ved bruk av griperen (med åpning beregnet for plukking av fjøren) som dytter i en bestemt vinkel for å orientere friksjonsbremsen riktig. Fjøren hentes deretter og plasseres i friksjonsbremsen. Gaffel blir hentet, forflyttet og rotert 180 ved bruk av `moveL`, for å kunne plasseres riktig i forhold til fjøren. Gaffelen blir plassert hvilende på friksjonsbremsen. Robotarmen presser på med 30 N, ved hjelp av griperen, på friksjonsbremsen og henter gaffel ut av fiksturen før den sjekkes for eventuell feilmontering eller feilstøpt aksling vha. vision. Når signal for godkjent er mottatt blir gaffelen

¹en tråd er et program som eksekveres ved siden av hovedprogrammet



Figur 4.10: GUI lagd vha. Qt for å enkel styring fra PC

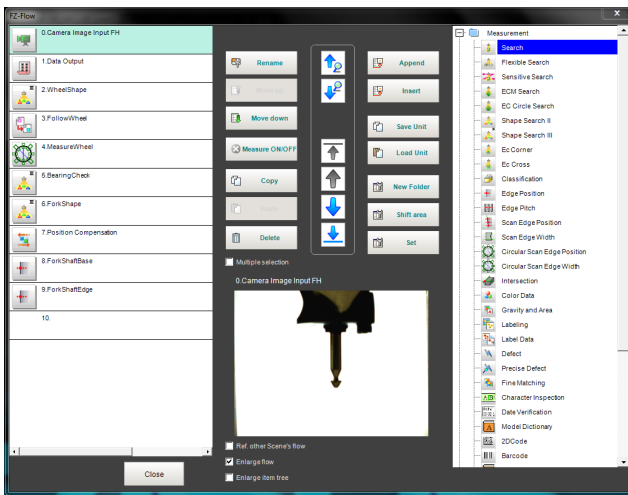
plassert i sluttsammenstillingsfiksturen sammen med hjulet. På grunn av et spor på innsiden av gaffelen er det nødvendig med en dytt på gaffelen når den er plassert i fiksturen for å sikre korrekt plassering. Robotarmen vil så gripe bitsverktøyet med aksling og plassere denne i navet på hjulet og ved korrekt posisjon blir sylinder med påmontert sleide og desoutter-skrutrekker aktivert og sylindere blir satt til å være utstrakt i 5 sekunder, noe som er nok tid til å skru akslingen på plass. Roboten presser med 75 N i mot desoutteren vinkelrett på griperen. Etter akslingen er skrudd på setter roboten fra seg bitsverktøyet og forflytter seg til startposisjonen for "Program 1" klar til ny syklus.

Klient-program og GUI

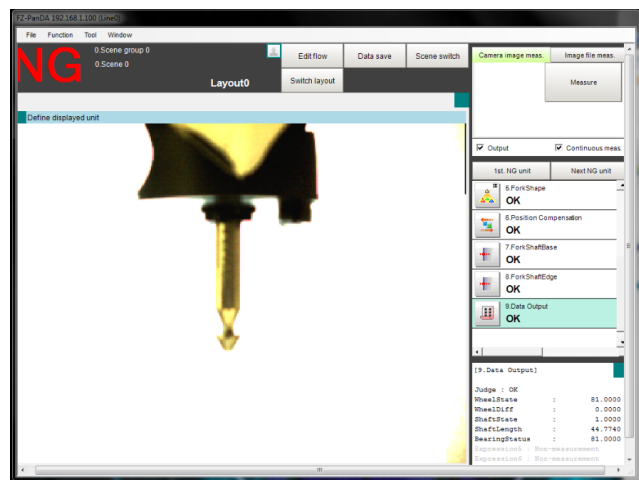
For å ta i mot og prosessere dataene fra FH-1050[3.2.4] er det lagd et program i programmeringsspråket Python. Dette er valgt pga. likheten til URScript og mulig læring i forhold til programmering av roboten vha. ROS. Python gjør det enkelt å implementere TCP protokollen, som robotarmen og FH-1050 bruker for å kommunisere med over Ethernet. Python er blant de mest brukte programmeringsspråkene i verden og har derfor stor mulighet for støtte. Hvis det skulle trenge matematisk prosessering har Python også god støtte for dette gjennom biblioteker og er et godt "open source" alternativ til utregningsverktøyer slik som Matlab. Til GUI-programmering har Python sitt eget *tkinter* bibliotek, men det er valgt i oppgaven å bruke *Qt*, med *PySide* bibliotek for å enkelt kunne designe applikasjon. GUIen lagd i dette prosjektet er responsiv selv ved kjøring av TCP/IP kommunikasjon og seriell kommunikasjon da hver av disse har fått sin egen tråd for å ikke blokke CPUen. Innholdet er enkel med bare det mest nødvendige som vist i fig. 4.10. Kildekode og UML-klassediagrammer til program og GUI er vedlagt på CD.

4.3.3 Vision-program for pilot

Formålet til vision-programmet var å kunne kvalitetssikre så mye som mulig. Det gruppen endte opp med å kontrollere var rundhet, lengde på aksling, og verifisere om montering av kulelager- og friksjonsbrems var korrekt utført. For å programmere sekvensen til visionoppsettet ble det for det meste benyttet Omrons *FH-1050 Remote Operation Tool*. Dette verktøyet er et klientprogram som imiterer hovedprogrammet som fulgte med med det kompakte FH-1050 vision-systemet. På denne måten kunne man enkelt gå inn å gjør endringer så lenge man var på samme subnet. Grundige forklaringer på verktøyene brukt i dette prosjektet kan finnes i metode(se. 3.3.6).

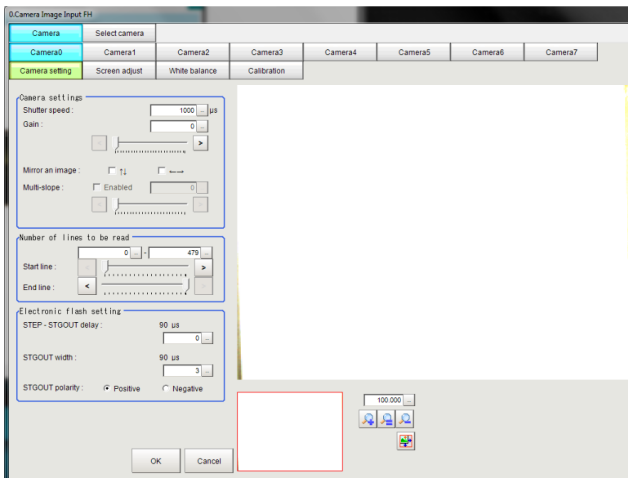


(a) Programflyt

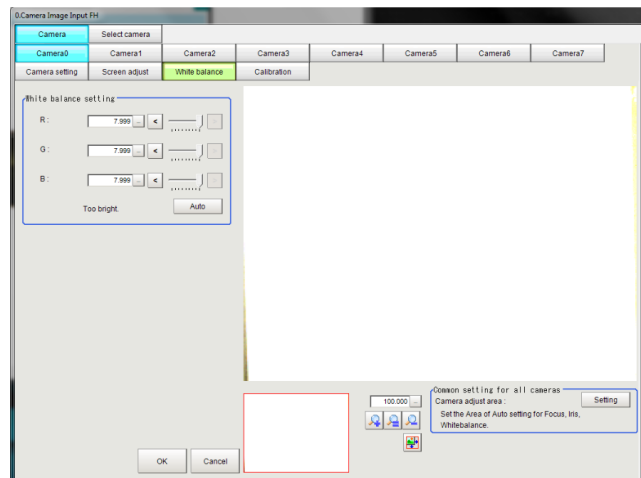


(b) Data Output variabler

I bildet til venstre kan du se den endelige sekvens-rekkefølgen til vision-systemet. Sekvensen kan deles opp i 4 seksjoner. Første seksjon inneholder blokkene *Camera Image Input FH*, og *Data Output*. Det første som blir gjort er å hente inn bilder fra kameraet og gjøre de klar til kommende analyser. Deretter kommer output-blokken. Denne ble satt så høyt i programflyten og ikke i enden simpeltent fordi det var ønsket å ha et display-vindu som var upåvirket av posisjonskompensering. I *Data Output* er det laget 5 variabler som er avgjørende for produksjonsprosessen, de er: *WheelState*, *WheelDiff*, *ShaftState*, *ShaftLength*, og *BearingStatus*. Den andre seksjonen tar seg av forberedelse/måling av hjulet og inneholder blokkene *WheelShape*, *FollowWheel*, og *MeasureWheel*. *WheelShape* detekterer hjul, *MeasureWheel* måler hjul diameterer, og *FollowWheel* binder senter-punktene i *WheelShape* og *MeasureWheel* sammen slik målingen følger hjulet. Den tredje seksjonen består kun av *BearingCheck*. Her utføres en verifisering på om monteringen av kulelager var suksessfull eller ikke. Den fjerde og siste seksjonen tar for seg måling av aksling og friksjonsbrems verifisering. Dette blir gjort ved å ta i bruk *ForkShape*, *Position Compensation*, *ForkShaftBase*, og *ForkShaftEdge*. *FollowWheel* detekterer gaffer og verifiserer om friksjonsbrems er korrekt montert, *Position Compensation* kompensere for rotasjon og translasjon av det detekterte objektet, og *ForkShaftBase* og *ForkShaftEdge* finner differansen i Y-verdi mellom hverandre og bruker dette til å estimere lengden.

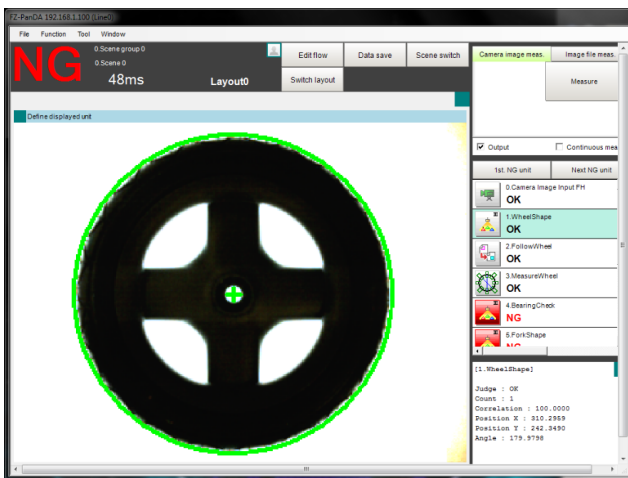


(a) Camera Image Input FH, Camera Setting

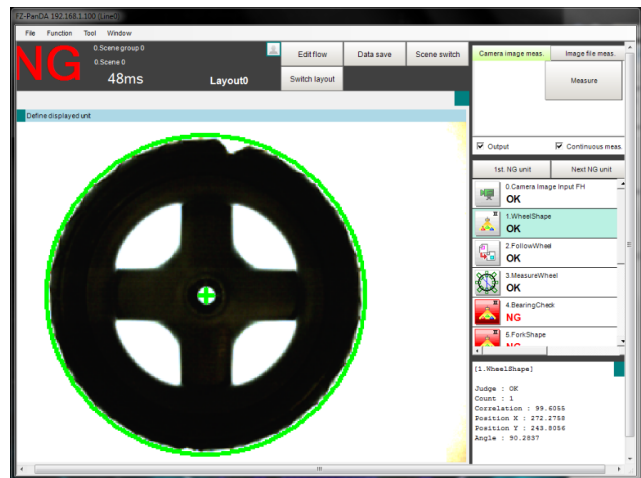


(b) Camera Image Input FH, White Balance

Kamerainstillingene gruppen endte opp med er et resultat av lysforholdene man befant seg i og ønsket om å få et så kontrastrikt bilde som mulig. *Shutter speed* ble satt til 1000 og *Gain* forble null siden det ble oppnådd ønsket lysstyrke ved å skru *White Balance*-verdiene til fullt. Dette gav et kontrastrikt bilde som var i stand til å gi konsistente måleresultater.

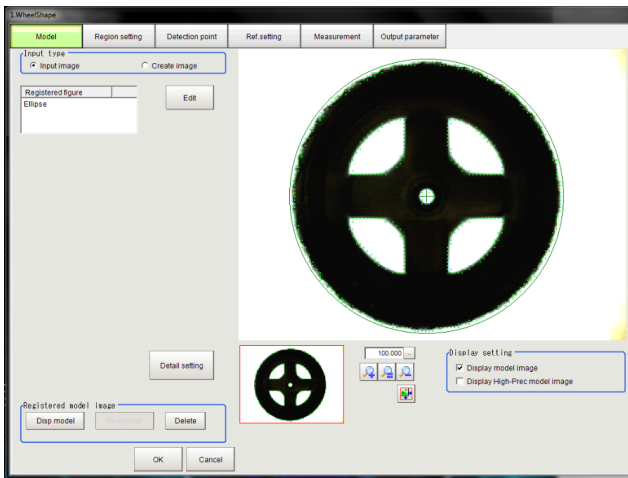


(a) Shape Search III, Hjul, Godkjent

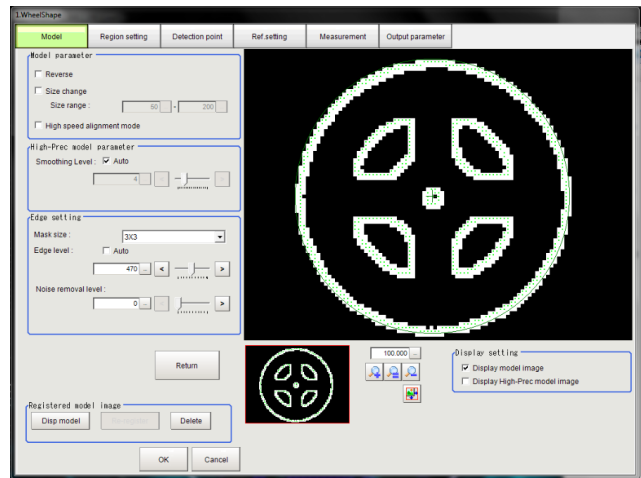


(b) Shape Search III, Hjul skadet, Godkjent

Figurene over viser resultater fra objekt-gjenkjenning av hjul. Legg merke til at det skadede hjulet også blir godkjent, da begge disse hjulene skal undersøkes nærmere senere. Hovedpoenget her er å detekterer hjul-lignende objekter lik vi kan benytte oss av senter-koordinaten til objektet senere i prosessen.

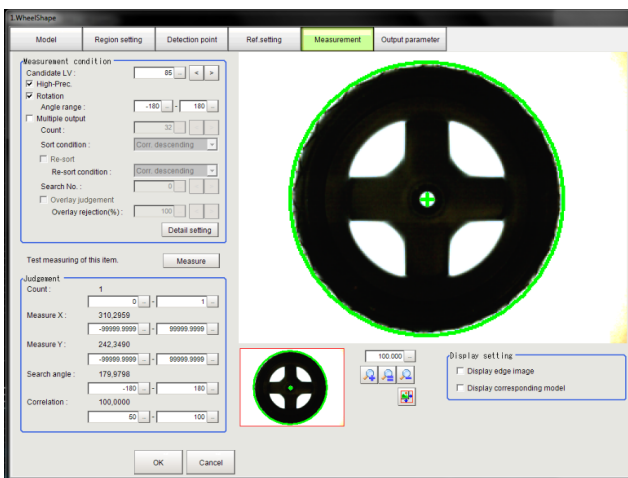


(a) Shape Search III, Model, Hjul

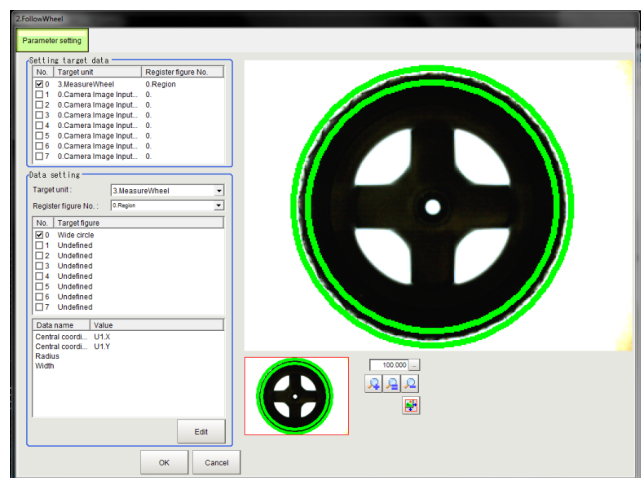


(b) Shape Search III, Model details, Hjul

Første bildet viser den registrerte karakteristikken til et normalt forhjul. Dette ble utført ved å bruke ellipseverktøyet i *Model*. I *Detail Setting* ble *Edge Level* satt til 470 siden det var god kontrast mellom overgangen til kantene, men også fordi det var en del støy i målingene. Dette kommer av at hjulet så vidt passer inn i rekkeviddet til kameraet, som medfører at man mister målinger i toppen/bunnen av hjulet om hjulet ikke er ideelt plassert.

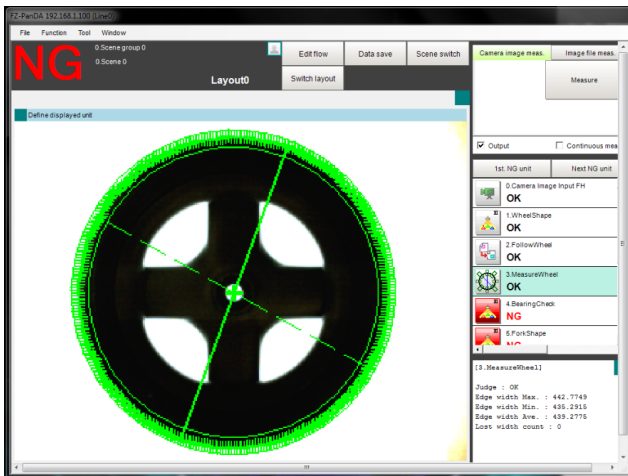


(a) Shape Search III, Measurement, Hjul

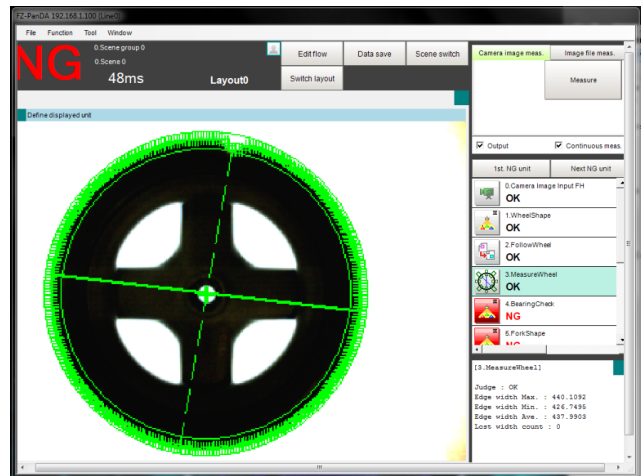


(b) Set Unit Figure, Parameter setting, Hjul

Figuren til venstre inneholder målekriteriene til hjul-gjenkjenningen. Legg merke til at korrelasjonsverdien er satt meget lav. Dette er fordi formålet med dette søket var å finne hjul, derfor var det ikke nødvendig å være streng i dette steget. Videre tillates det at objektet kan være av annen orientering enn malen. I figuren til høyre benyttes *Set Unit Figure*. Formålet med å bruke dette verktøyet her var å få *Measure Wheel*-målingen til å følge et eventuelt hjul i bildet. Derfor velges *MeasureWheel* i *Target unit*, og *Wide Circle* i *Target figure*. Deretter manipulerer man sentral-koordinatene til *MeasureWheel* ved å sette de til samme verdi som sentral-koordinaten i *WheelShape*.

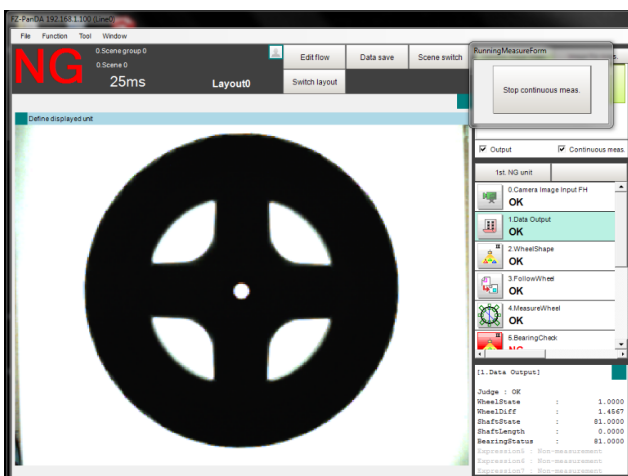


(a) Circle Scan Edge Width, Hjul

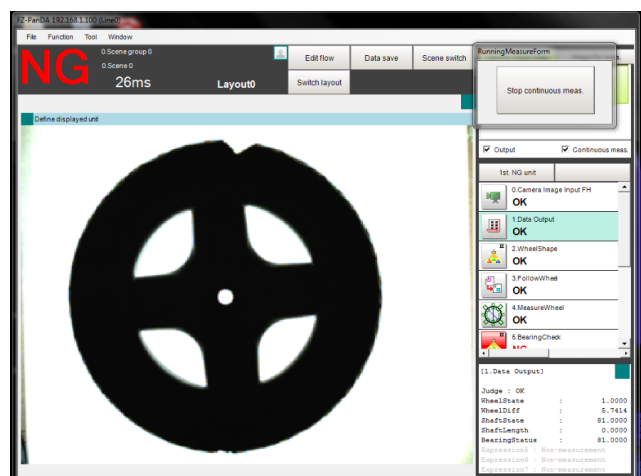


(b) Circle Scan Edge Width, Skadet Hjul

Figurene over viser først målingen av et uskadet hjul, deretter et skadet hjul. Den striplede linjen representerer minste diameter, og den solide linjen representerer maks diameter i målingen.

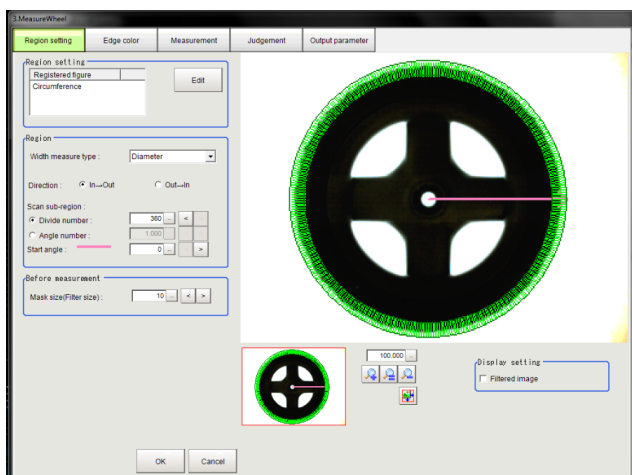


(a) Data Output, Vandring, Hjul

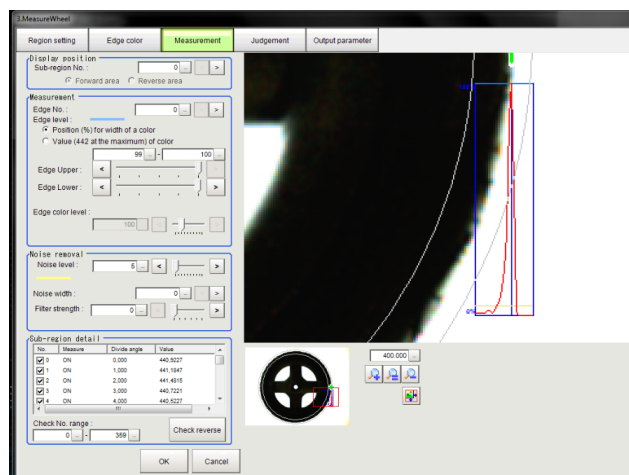


(b) Data Output, Vandring, Skadet Hjul

De to figurene over viser vandingen til to hjul i millimeter. Bildet til venstre er et friskt hjul og har en vandring på 1.46mm, mens bildet til venstre er av et skadet hjul og har en vandring på hele 5.74mm.

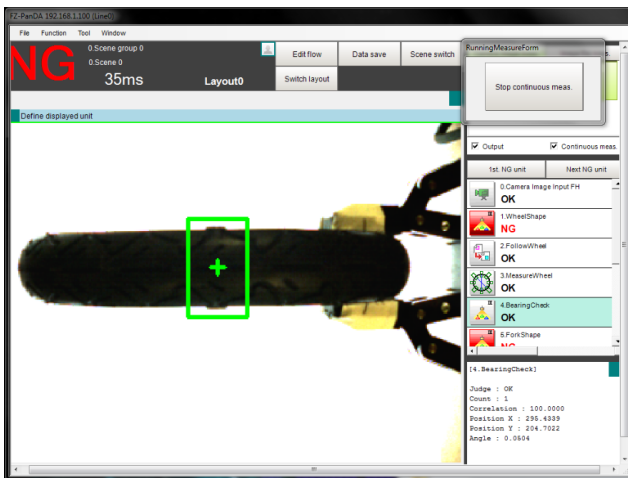


(a) Circle Scan Edge Width, Region setting, Hjul

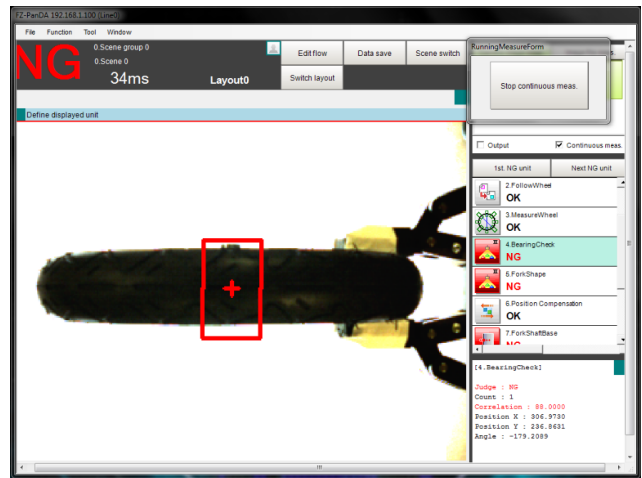


(b) Circle Scan Edge Width, Measurement, Hjul

Figuren til venstre beskriver måleområdet til *MeasureWheel*-målingen. Her benyttes *Circumfrence*-verktøyet for å spesifisere inner-radie og ytter-radie, som sammen utgjør måleområdet. For å finne rundheten til hjulet velges diameter i *Width measure type*-feltet, og måleretningen må settes til *In-Out*. Videre settes *Divide number* settes til 360, slik får vi et målepunkt per grad som er mer enn nok. Figuren til høyre viser målekriteriene til *MeasureWheel*-målingen. Som man kan se dannes et utmerket histogram som er lett å arbeide med på grunn av den fine kontrasten i bildet. Som resultat av dette kunne *Edge Lower* skrues opp til 99 og fortsatt framstille et stabilt måle-resultat.

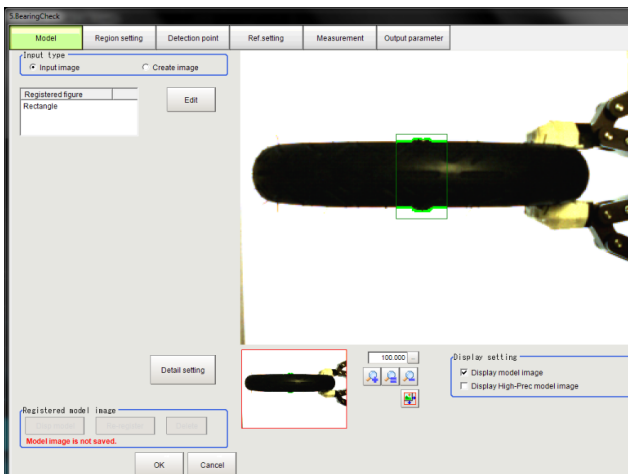


(a) Shape Search III, Kulelager, Godkjent

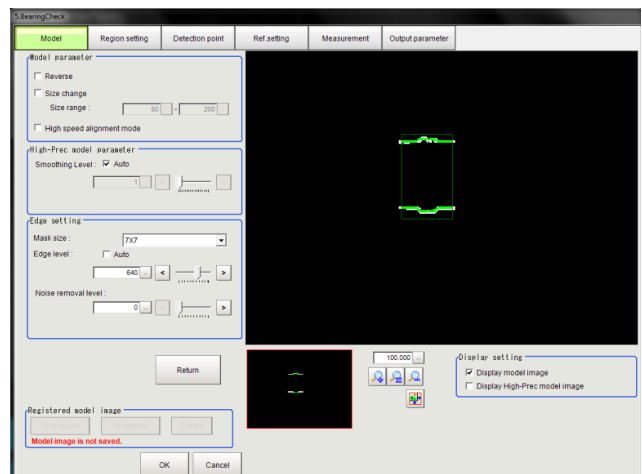


(b) Shape Search III, Kulelager, Underkjent

I figurene over brukes *Shape Search III* til å verifisere kulelager monteringen. Første figuren viser 2 kulelager montert korrekt, mens det motstående bildet viser kun ett montert kulelager, og blir derfor underkjent.

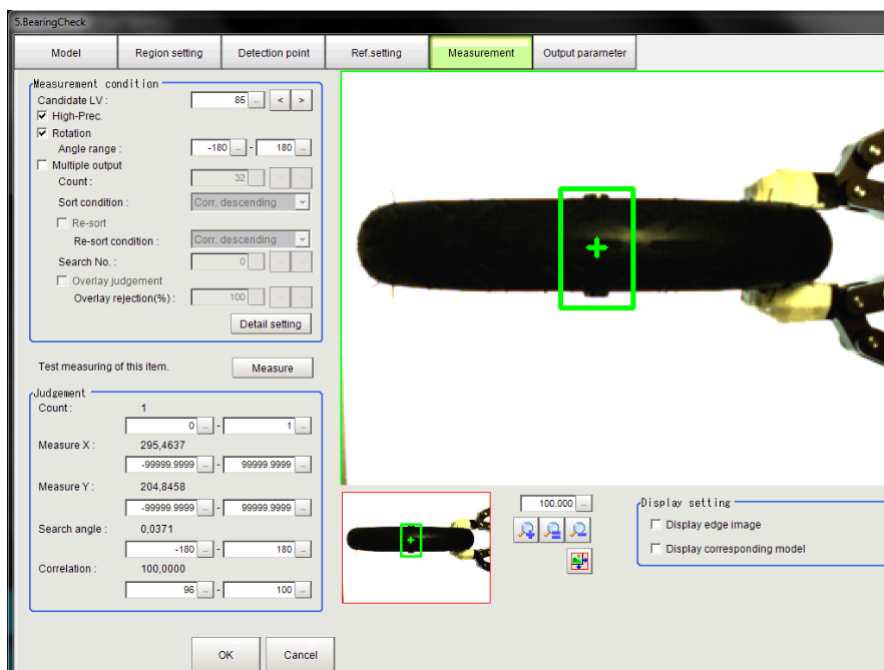


(a) Shape Search III, Model, Kulelager



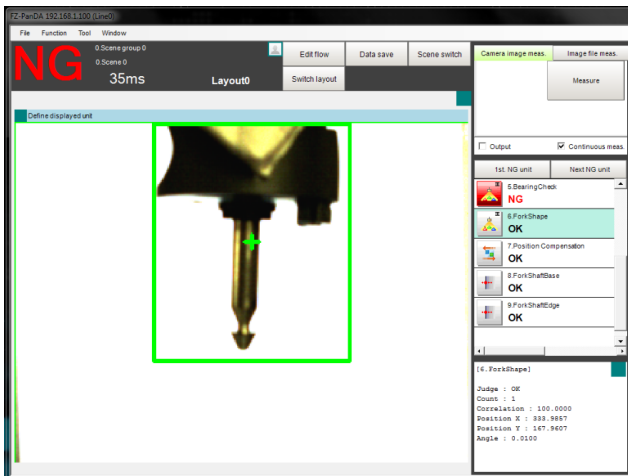
(b) Shape Search III, Model details, Kulelager

I høyre figur blir *Rectangle*-verktøyet bruk til å tegne opp måleområdet og lagre karakteristikken til objekt-gjenkjenningen. *Detail setting* ble i dette steget satt opp til 640, og *Mask size* ble satt til 7x7. Dette ble gjort fordi måleområdet- og kantene var defust og relativt dårlig oppløsning på (se. 3.3.6).

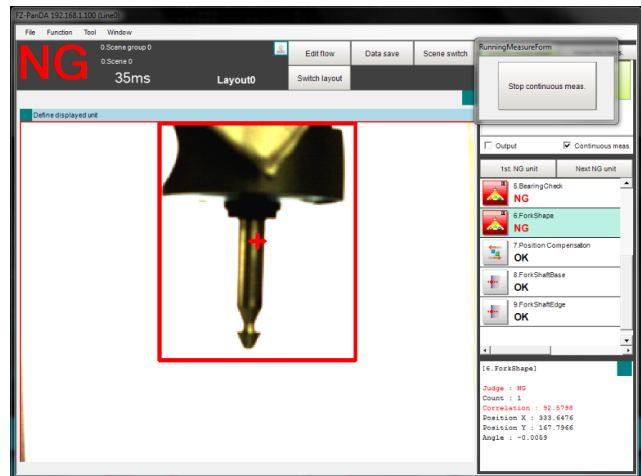


Figur 4.21: Shape Search III, Measurement, Kulelager

I *Measurement* ble det lite forandring fra forrige *Shape Search III* (se. 4.14a). Eneste forskjellen her er at korrelasjonsverdien er satt til 96. Dette er nødvendig fordi man ikke kan under noen omstendigheter ha feilmonteerte kulelager.

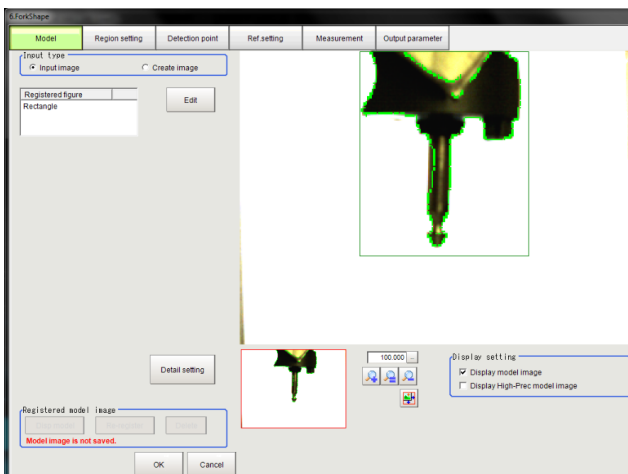


(a) Shape Search III, Gaffel, Godkjent

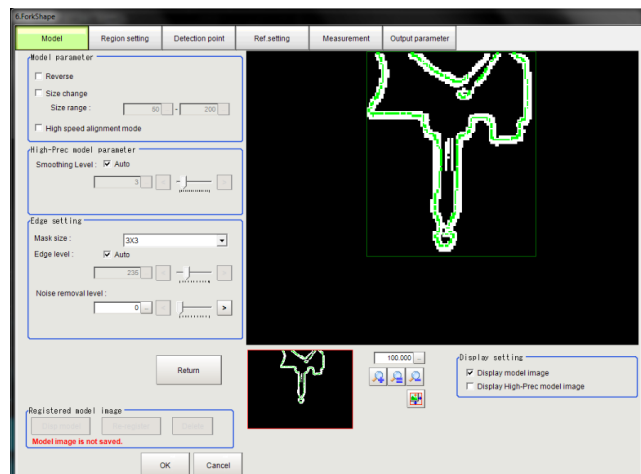


(b) Shape Search III, Gaffel, Underkjent

Figurene over viser resultater fra objekt-gjenkjenning av Gaffel. Første bildet samsvarer 100 prosent med malen, mens bilde nummer to har vært gjennom en feilaktig friksjonsbrems-montering og er derfor underkjent.

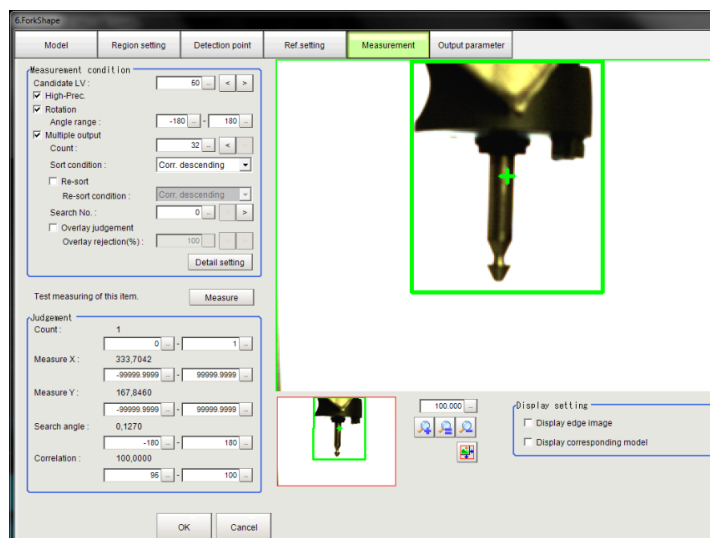


(a) Shape Search III, Model, Gaffel



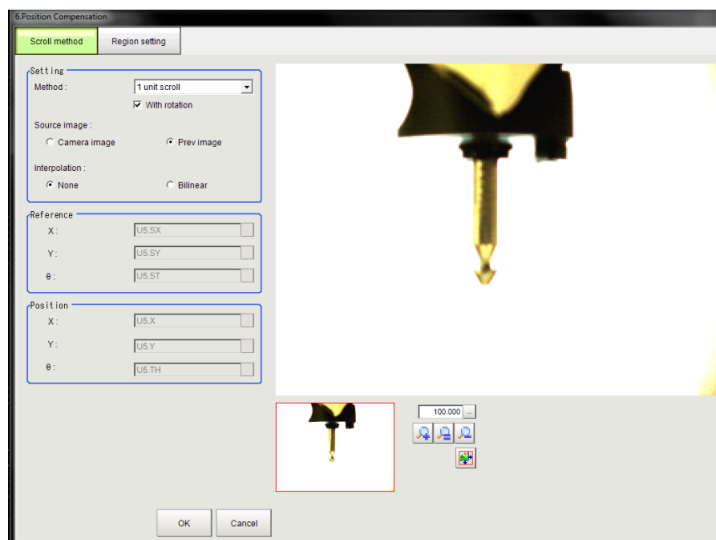
(b) Shape Search III, Model details, Gaffel

I høyre figur blir *Rectangle*-verktøyet bruk til å tegne opp måleområdet og lagre karakteristikken til objekt-gjenkjenningen. *Detail setting* ble i dette steget satt til default, som er auto. Dette ble gjort fordi kontrasten var bra og vi har god klaring i motsetning til det som var tilfellet i første *Shape Search III* (se. 4.14a).



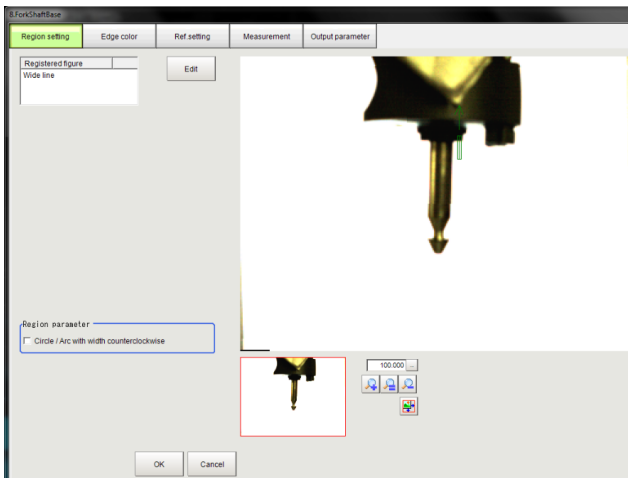
Figur 4.24: Shape Search III, Measurement, Gaffel

For å kunne verifisere om objektet hadde korrekt montert friksjonsbrems ble korrelasjonsverdien satt til 95. Som man kan se i figur (4.22b) er dette en fornuftig verdi, da korrelasjonsverdien uten friksjonsbrems er 92.56.

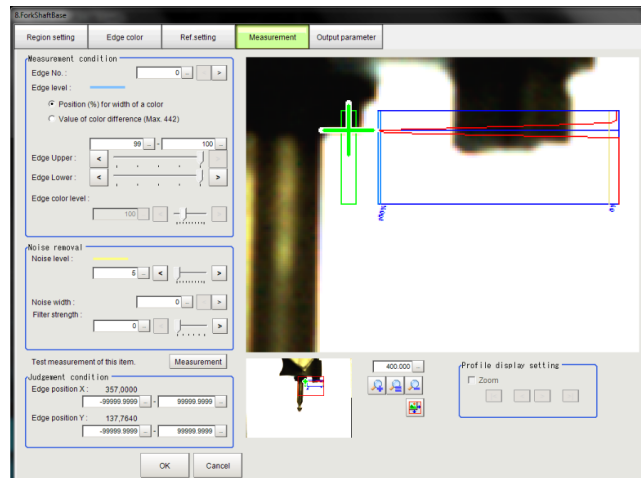


Figur 4.25: Position Compensation, Gaffel

Det neste som ble brukt er posisjonskompensering. Grunnen til at dette måtte implementeres er fordi robotarmen sletter gaffelen når den skal trykke inn friksjonsbremsen. Når robotarmen så skal gripe gaffelen igjen er det ingen garanti for at griperen griper gaffelen på nøyaktig samme måte ved hver anledning. Ved å kompensere bildet med både rotasjon- og translasjon-avviket fra forrige *Shape Search III* eliminerer man denne usikkerheten.

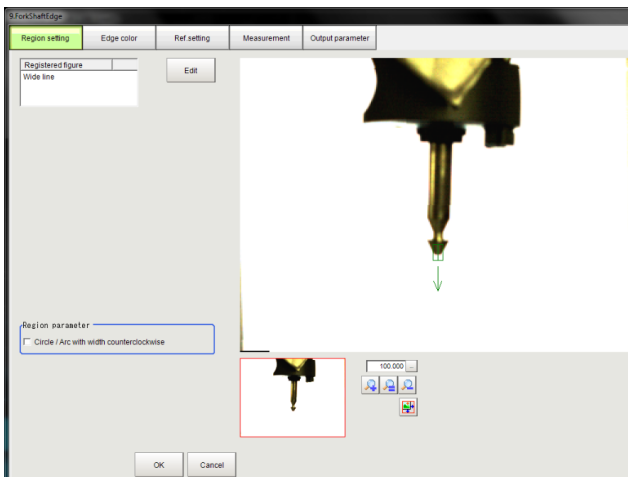


(a) Edge Position, Region, Akslingfeste

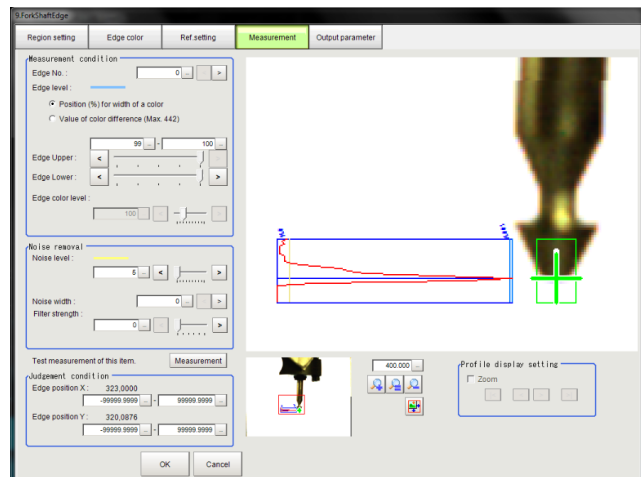


(b) Edge Position, Measurement, Akslingfeste

Figuren over viser kanten til akslingfestet. Verktøyet som blir benyttet her er *Edge Position*, og regner ut X- og Y-koordinatene til kanten. Figuren til venstre bestemmer måleområdet. Dette ble gjort med *Wide line*-verktøyet. I *Measurement* ble det valgt en *Edge Lower*-verdi på 99 av samme grunn som nevnt i *Measurement Wheel*(se, 4.18b), god kontrast og ryddig histogram.

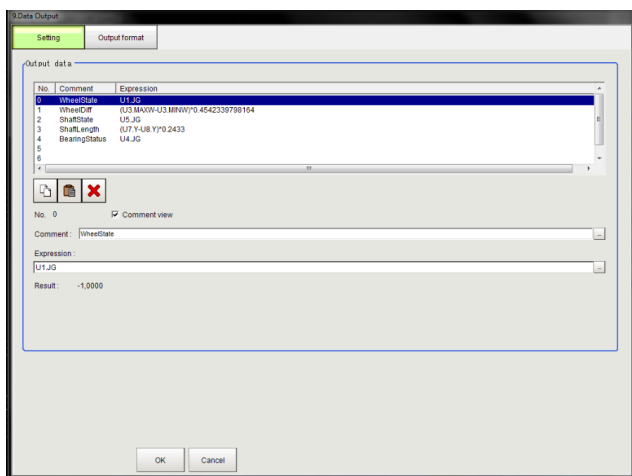


(a) Edge Position, Region, Akslingende

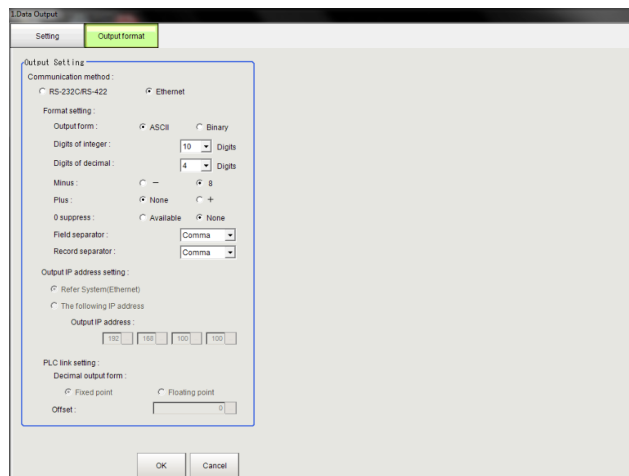


(b) Edge Position, Measurement, Akslingende

Figuren over viser kanten til akslingenden. Verktøyet som blir benyttet her er *Edge Position*, og regner ut X- og Y-koordinatene til kanten. Figuren til venstre bestemmer måleområdet. Dette ble gjort med *Wide line*-verktøyet. I *Measurement* ble det valgt en *Edge Lower*-verdi på 99 av samme grunn som nevnt i *ForkShaft-Base*(se. 4.26b).



(a) Data Output Setting



(b) Data Output Format

I *Data Output* ble det i alt 5 variabler, *WheelState* som henter dommen fra *WheelShape*, *WheelDiff* som beregner differansen mellom maks diameter og minste diameter med verdier i fra *MeasureWheel*-målingen, *ShaftState* som henter dommen fra *ForkShape*, *ShaftLength* som finner differansen mellom Y-koordinatene i *ForkShaftBase* og *ForkShaftEdge*, og til slutt *BearingStatus* som henter dommen i fra *BearingCheck*. I *Output Format* brukes TCP/IP som kommunikasjonsprotokoll for å sende meldinger i ASCII-format til klient-programmet (se. 4.3.2). Det sendes arrayer som inneholder 5 verdier, hver verdi er separert med komma, og hver array er separert med komma. Dette ble gjort for å kunne spitte arrayen i klient-programmet på en skånsom måte.

Variabler	Beskrivelse
WheelState	1 om hjulet er innen for korrelasjonsverdien, 81 ellers.
WheelDiff	Maks diameter minus minste diameter.
ShaftState	1 om Gaffelen er innen for korrelasjonsverdien, 81 ellers.
ShaftLength	Y-verdi i akslingfeste minus Y-verdi akslingende
BearingStatus	1 om kulelagrene er innen for korrelasjonsverdien, 81 ellers.

Tabell 4.2: Forklaring på Output-variabler

4.4 Sikkerhet

Pilotcellen har tydelige sperrelinjer langs bordkanten og en nødstoppbryter montert i hjørnet av cellen. Ved demonstrasjon blir følgende sikkerhetsinfo gitt til alle tilskuere. *"Dette er en såkalt Collaborative robot. Dette*

betyr at roboten kan brukes i miljø med mennesker uten fysiske sperringer som hindrer kontakt mellom menneske og robot når roboten er i bruk. Robotarmen vil stoppe dersom den møter motstand, men den har en reaksjonstid på 100 ms. For å unngå kollisjoner med roboten bes alle legge merke til sperrelinjene langs bordkanten og holde seg utenfor dette området under demonstrasjonen. Cellen er utstyr med en nødstoppknapp i hjørnet av cellen."

4.5 Resultat av designendringer på produktet

De endringene som er foreslått er:

- Gaffel: Endret plassering av det innvendige sporet
- Gaffel: Ny avgradet kant i hullet til gjennomgående aksling
- Felg: Ny avgradet kant hvor lagrene skal monteres
- Aksling: Ny aksling med innvendige gjenger (se vedlegg 9)
- Skru: Ny skru for å låse sammenstilling
- Lager: Nye lager med innebygd distansestykke

4.6 Forretningsplan for en ferdig utviklet celle

Av hensyn til konfidensialitet for Stokke er resultatet av forretningsplanen fremgitt i prosenter. Kostnader for dagens komponenter, vrakandel og monteringsmetode er satt til 100% for å vise hvordan kostnadene for en robotmontering sammenlignes med dagens kostnader. To fremhjul følger hver vogn, derfor er kostnadene satt til per to hjul.

	Manuell montering	Robotmontering
Materialkostnader	100%	103%
Monteringskostnader	100%	38%
Vrakkostnader	100%	93%
Total pris per to hjul	100%	93%

Tabell 4.3: Sammenligning enhetspris

Resultatet av beregningene viser at en robotmontering av fremhjulene kan gi en kostnadsbesparelse på 7% per vogn.

Når det gjelder investeringskostnadene er det tatt hensyn til at pilotcellen krever videre utvikling. Investeringskostnaden for dagens produksjon er 10 000 NOK, og en robotcelle vil koste 1,5 M NOK.

Manuell montering	Robotmontering
10 000 NOK	1 530 000 NOK

Tabell 4.4: Investeringskostnad

Basert på antall vogner solgt per år tar det 1 år før investeringen i en robotcelle er inntjent. De fullstendige beregningene er undratt rapporten.

KAPITTEL 5

DRØFTING

5.1 Fysisk utforming av cellen

Generelt for hele cellen

Bordplaten i pilotcellen er en MDF-plate. Ved testing av monteringsoperasjonene opplevdes variasjonen mellom syklusene uten at det var gjort noen endringer i programmet eller fiksturer. Det ble oppdaget at innfestningen av basen til robotarmen over tid hadde blitt løs og gjorde at senterpunktet til robotarmen kunne forskyves manuelt. Boltene til basen ble strammet til og variasjonene i monteringen forsvant.

Bordplaten bør ved videre arbeid fremstilles i for eksempel aluminium for å unngå dette problemet.

Stabiliteten i cellen er ikke god. Programmet kan maks kjøres på omtrent 60 % av full hastighet før bevegelser i selve cellen forhindrer repeterbarheten i monteringen. Pilotcellen er bare en bordplate som er festet i toppen av en transportkasse i tre. Det er ingen rammeverk som støtter opp om konstruksjonen – dette bør gjøres ved videre arbeid med cellen.

Som et resultat av arbeidet med denne oppgaven er det nå utarbeidet og bevist metoder og fiksturer som fungerer. Videre arbeid kan se på mulighetene til å kunne kombinere flere operasjoner i en stasjon. Et eksempel er lagermonteringsfiksturen, denne kan kombineres med monteringen av aksling og skru for å spare betraktelig med operasjoner for roboten og altså redusere monteringstiden.

Et forslag er å bruke fiksturen til lagermonteringen som utgangspunkt, men å sette sylindere på translatoriske skinner. På de samme skinnene står systemet for skrumontering. Skinnene kan styres med for eksempel pneumatiske sylindre. I posisjon en vil lagermonteringen foregå, i posisjon to vil skrumonteringen montere gaffelen til hjulet. Med dette slipper robotarmen å flytte hjulet og kan gå direkte til stasjon 3 for å klargjøre gaffelen.

Når dette er nevnt bør det også ses på mulighetene ved å benytte flere roboter og øke automatiseringen i stasjonene og fiksturene. Med slike løsninger er det muligheter for å drastisk kutte monteringstiden.

Stasjon 1: Montering av lager og deksel

I fiksturen for lagermontering opplever det et problem med monteringen lagrene. 2 av 10 kulelager på motsatt side av dekselet til felgen trykkes ikke helt inn. I kapittel 3 ble det manuelt målt en nødvendig kraft på 75 N for å montere et lager. Fiksturen tar også hensyn til variasjonene i avstand fra sylinder til hjulet på begge sider. Fiksturen er også forsøkt stivet opp med å konstruere alt i en del og det kan ikke ses noen defleksjon i sylindrefiksturene under montering som kan forklare hvorfor ene lageret ikke presses helt inn.

Når akslingen og skruen blir montert vil dette ene lagrene bli presset helt inn. Derfor kan det diskuteres om dette monteringsproblemet innebærer noen risiko.

Stasjon 2: Montering av friksjonsbrems

Overflaten i toppen av gaffelen har en konveks flate, men overflaten på fiksturen for montering av friksjonsbremsen er flat. Dette gjør at gaffelen ligger ustabil mot underlaget når friksjonsbremsen monteres. Overflaten på fiksturen bør korrigeres mot flaten til gaffelen for å unngå dette.

Designet av gaffelholderen hindrer ikke en operatør i å sette gaffelen feil vei. Det er to muligheter for hvordan man plasserer gaffelen i holderen, men bare en av disse er korrekt. Dersom gaffelen settes på plass i feil retning ved start av monteringsprosessen vil en få stopp i montering når robotarmen forsøker å montere friksjonsbremsen. Hullet til friksjonsbremsen kommer på motsatt side av selve friksjonsbremsen. Dette vil bli detektert i kvalitetssikringen som kontrollerer at friksjonsbremsen er montert før gaffelen plasseres i siste monteringsfikstur.

En enkel løsning for å senke risikoen kan være en visuell påminnelse i form av et enkelt bilde som viser feil og korrekt montering av gaffelen. Dette fungerer bare for en menneskelig operatør og innebærer fortsatt en for stor risiko for feil. Skal en operatør ta seg av denne matingen av deler bør holderen designes på en måte som bare tillater en type montering av gaffelen – den riktige.

Det optimale er å legge hele denne operasjonen til en robot. En løsning kan være å la robotarmen plukke opp og orientere gaffelen selv ved bruk av for eksempel bildebehandling.

Et problem under utviklingen av metoden for monteringen av friksjonsbremsen var plukking av friksjonsbrems fra holderen. Friksjonsbremsen endte opp med å gli i griperen fordi holderen holdt for stramt igjen på friksjonsbremsen. Pasningen i holderen ble da utvidet for å være sikker på at griperen ikke hadde noe motstand ved griping av friksjonsbremsen. Høy repeterbarhet i posisjonering av deler er viktig for å sikre en stabil montering. Etersom griperen nå har en mer ru overflate og bedre grep bør det testes om holderen kan ha en mindre pasning. En mindre pasning vil senke risikoen for posisjonsvariasjoner i syklusene.

Når gaffelen presses ned mot fiksturen for å montere friksjonsbremsen ser hele operasjonen vaglete og ustabil ut. Dersom man som nevnt endrer overflaten på fiksturen slik den passer overens med gaffeloverflaten vil dette sannsynligvis hjelpe på stabiliteten. Man bør også se på muligheter for å styre gaffelen når denne blir trykt ned av robotarmen. Det er tre muligheter for styring av dette:

- Den største diameteren på toppen av gaffelen
- Det firkantede hullet i toppen av gaffelen
- Den overstøpte akslingen

Styring mot den største diameteren på toppen av gaffelen er allerede implementert i fiksturen. De to andre bør altså utforskes. Det anbefales å undersøke styring via det firkantede huller i gaffelen.

Stasjon 3: Montering av gaffel til hjul

Når skruen skal monteres mister bitsverktøyet motholdet sitt før skrutrekkeren har skrudd helt til til seg akslingen. Dette skjer fordi verktøyet er utformet slik at undeerkanten av hodet på akslingen ligger i flush med enden av verktøyet. En slik utforming krever at også flaten akslingen skal skrues i kommer i flush med verktøyet. Forsenkingen rundt akslinghullet er forsenket, men diameteren til verktøyet er større enn diameteren til forsenkingen. For å unngå unødige endringer av produktet bør verktøyet ha en diameter som er mindre enn forsenkingen.

Stasjon 4: Kvalitetssikring med Vision

Den sveisede konstruksjonen til kamerastasjon er veldig utsatt for vibrasjoner. Dersom stativet vibrerer betyr det av kameraet og vision-systemet ikke klarer å lese bildet før stativet er i ro. Stativet i pilotcellen har en lav stivhet og er ikke kraftig nok til å unngå å ta opp vibrasjoner fra bordet og roboten. I og med stasjonen er montert direkte på bordflaten i pilotcellen er dette et problem. Med tidligere nevnte forbedringer som kan øke stabiliteten til pilotcellen vil noe av dette unngås. Man bør uansett vurdere å sette kamerastasjonen separert fra resten av cellen, og eller forsterke konstruksjonen.

5.2 Sikkerhet

Nødstoppbryteren er plassert i et hjørne innen for det avgrensede området til pilot-cellen. Ideelt sett burde denne være montert ved en eventuell operatørstasjon utenfor det avgrensede området, men siden det per dags dato

ikke finnes en slik operatørstasjon ble den plassert lett tilgjengelig i det hjørnet av pilot-cellen hvor robotarmen ferdes minst.

Sperrelinjene som er limt til kanten av bordplaten til pilot-cellen er ikke veldig effektive. Der bør kjøpes sperre bånd og sette dette opp rundt pilot-cellen.

5.3 Redesign av komponenter

Ved monteringen av friksjonsbremsen er det et gjengående problem at fjæren kommer i klem mellom gaffelen og friksjonsbremsen. Dette fører til stopp i monteringen da friksjonsbremsen ikke blir montert. Dette problemet oppstår når fjæren bikker fremover. Utforming på styringspinnen i friksjonsbremsen burde utbedres for å umuliggjøre dette problemet. En større diameter og en lengre styring ville hatt bedre kontroll på posisjonen til fjæren inntil friksjonsbremsen er montert. En annen løsning kan være å kreve at fjæren monteres i friksjonsbremsen før denne kommer til monteringen. Da vil man også spare plukkeoperasjonen til roboten og redusere tiden i monteringen.

Under dekselmonteringen ses det at dekselet ikke ligger stabilt når det er plassert på felgen før verktøyet hentes for monteringen. Dekselet har ingen stabil posisjon å hvile på innen det blir montert. Dekselmontering er sårbar for posisjonsvariasjoner og dette høyner risikoen for at dekselet ikke blir montert korrekt. Felgen bør altså ha fire styringer til hver av snap-fit krokene slik at dekselposisjonen har mindre muligheter til å variere.

Når det gjelder felgen bør også en avgradning langs hullet til lagrene legges til for å styre monteringen av lagrene.

5.4 Kvalitetssikring

For å kunne kvalitetssikre produktet må man prøve å erstatte de kognitive evnene robotarmen og fiksturene mangler. Dette kan oppnås ved å implementere sensorer for å verifisere situasjoner, men man må også veie dette opp mot alle de potensielle feilmeldingene/stoppene disse implementeringene kan medføre i produksjonsprosessen. Sensortechnologien har kommet langt de siste årene og har blitt mer og mer brukt i industrien, men nå i senere tid har denne trenden avtatt. Dette har skjedd fordi man merket at når man introduserte en ny sensor til systemet introduserte man også en ny potensiell feilkilde. Man kan derfor ikke pøse på med sensorer for å kvalitetssikre, da dette kan medføre større negative utslag i oppetiden til pilot-cellen enn hva man innledningsvis tenkte. Det er derfor viktig å være kritisk ved bruk av sensorer. Stopp i produksjonen er dyrt, og et foreslått verktøy man kan bruke for å karlegge risiko for feilkilder i sensornettverket er FMEA(se.). Slik kan man luke ut sensorer som ikke er av produksjonsteknisk verdi. Et godt eksempel kan for eksempel være at kulelager fiksturen skyter inn kulelager, men hjulet mangler. Hva koster mest? Stoppe produksjonen eller sløse bort 2 kulelager? I bilindustrien blir ikke biler tatt ut av produksjonslinjen om en eventuell defekt skulle oppstå under monteringen. Bilen vil følge prosessen som planlagt, og alt inventar som er spesifikt plukket for akkurat denne bilen vil bli lagt i førersetet og kondemnert sammen med bilen i slutten av produksjonslinjen. Det

var i utgangspunktet tenkt at alle fiksturene skulle være godt utstyrt med enten fotoresistorer, trykksensorer, og endebrytere, men etter hvert som prosjektet avanserte ble det besluttet å forsake dette og heller fokusere på å konstruere så pålitelige fiksturer som mulig. Til tross for dette vil det foreslås 1 sensor som vil være med på å verifisere et kritiskepunkt i monteringsprosessen. Dette ligger i sammenmonterings-fiksturen. Det er kritisk at gaffelen blir dyttet langt nok ned i fiksturen da akslinghullene i gaffelen skal ha samme innretning som kulelagerene når akslingen skal monteres. Her bør det derfor implementeres en sensor for å verifisere når dette er tilfellet. En endebryter anbefales. I monteringen benyttes en pneumatisk skrumaskin, men det ble

også vurdert en elektrisk skrumaskin. Fordelen med en eventuell elektrisk skrumaskin er at man kan bruke en enkoder til å telle hvor mange omdreininger som er utført for å verifisere at akslingen er montert korrekt. Dette er et godt argument, men hvis vi sammenligner denne egenskapen med det pneumatiske glidesystemet har glidesystemet en lignende egenskap. Glidesystemet bruker nemlig magnetsensorer til å avgjøre om sylindere er sammentrukket eller forlenget. Denne verifiseringen er ikke like nøyaktig som den som er hos den elektriske skrumaskinen, men man får sjekket at skruen har blitt forflyttet til den posisjonen den må være for å bli skrudd helt inn. På grunnlag av dette ble det valgt å ikke bruke resurser på en elektrisk skrumaskin, da vi allerede hadde en pneumatisk som tilfredstilte operasjonen i en tilnærmet lik grad. Målingene fra visionsystemet kunne

vært mer nøyaktig om det ble brukt et kamera med høyere oppløsning. Det man må ta til høyde for her er at ved å øke oppløsningen på kameraet øker man også prosesseringstiden til systemet da det blir en større bildematrix å analysere i hver prosess.

5.5 Programmeringsmetode for robot

I prosjektets startfase ble det brukt mye tid på å sette seg inn i hvordan UR-5 roboten kunne styres og hvordan den kunne settes i en arbeidscelle med flere andre enheter som I/O sensorer, aktuatorer og vision-kamera. Det er viktig å tidlig sette seg godt inn i muligheter og begrensninger ved utstyr og software som man har til rådighet. Ut i fra oppgavens innhold med å montere et barnevognshjul så ville dette involvere en god del "pick and place" og unnvikelse av fiksturer i arbeidsområdet. Tilbakemeldinger i sanntid var unnværlige, dermed var C-API 3.3.2 styring allerede tidlig forkastet, da det også ikke var tilgjengelig på tidspunktet. Bruk av ROS (Robot Operating System) var en av metodene gruppen kom over halvveis i prosjektets fase, her ligger det til rette for en modulær interface og verktøy for simulering. ROS er tilrettelagt for Linux, og manglende kunnskaper til Linux gjorde oppsett og bruk lite produktivt.

Bruk av teach-in programmering på GUIen til roboten kan være til dels uoversiktlig og tungvint, og føles litt "låst". Muligheter for offlineprogrammering er til stede, men for å interface griper med roboten via offlineprogrammering var dette ukjent, så for å unngå mulige komplikasjoner ble det valgt å bruke noe som gruppen vet fungerer. For offline-programmering ble det også for gruppen kjent at det fantes et software-bibliotek for bruk i Python utviklet av Sintef Manufacturing Raufoss[33]. Biblioteket er lagd for å lett brukes i "pick and place" operasjoner, men er også blitt brukt til sveising og sensor-basert applikasjoner.

I fremtidig arbeid kan det være smart å se på bruk av smarte sensorer og dermed mer avansert styring av robotarmen. F.eks. ved hjelp av kamera-syn og ultralydsensor kan kamerakoordinater transformeres til basekoordinater slik at roboten kan plukke opp deler uavhengig av faste posisjoner og orientering. Robotcellen kan for eksempel inneholde et samlebånd der hjulene kan komme inn til cellen og inn på lysbordet, bli rundhets-testet av kameraet og posisjons-koordinatene til hjulet blir sendt til roboten som kan hente hjulet uavhengig av plassering på lysbordet.

5.6 Flyt i cellen

En mulighet for å få ned den totale monterings tiden kan være å bruke to robotarmer som arbeider sammen, der den ene robotarmen kan ta seg av lagermontering og den andre kan ta seg av gaffelmonteringen, slik at disse er ferdig samtidig. Dette vil spare roboten for store forflytninger i arbeidsområdet.

For å få ned flyttiden i cellen er det aktuelt å tenke på å kunne kombinere de forskjellige operasjonene.

- Lagermontering og sluttsammenstilling ved å skru på aksling kan skje i en og samme fikstur
- Deksel kan monteres av en pressende fikstur som er stasjonær på hjulfiksturen

5.7 Muligheter for Stokke AS

Resultater fra forretningsplanen (se kap. 4.6) viser at besparelsene per vogn er på 7%, inntjeningen av investeringskostnadene for en robotcelle tar et år. Besparelsene ligger ikke i materialkostnadene, men i vrak- og monteringskostnader. Det er viktig å også huske på de skjulte besparelsene. Med en høyere kvalitet og lavere vrakandel vil en også få et lavere antall reklamasjoner å håndtere.

Investeringskostnaden for en robotisert montering er høy. Dette krever at bedriften har et visst produksjonsvolum for å forsvare investeringen.

Fordeler og ulemper med en manuell montering:

- Priser per produktenhet avhenger av lokalt lønnsnivå
- Investeringskostnaden er lav
- Montering tar lengre tid
- Kvalitetskontroller avhenger av mennesker og gode rutiner. Dette innebærer risiko for variasjoner i kontrollene og prosessen er også tidkrevende.
- Mennesker har lav repeterbarhet og kan være syke, trette, og lignende
- Kunnskapen påkrevd for en manuell montering er relativt lav
- Ved introduksjon av nye produkter eller nye monteringsmetoder og utstyr krever det opplæring av personell, noe som er tidkrevende

Fordeler og ulemper med robotisert montering:

- Pris per produktenhet avhenger ikke av lokale lønnsnivå, men strømpris
- Investeringen er høy og krever et visst produktvolum for å forsvares
- Investeringskostnader for celle nummer to er langt lavere da denne ikke krever utvikling
- Montering er dobbelt så rask, med muligheter for ytterligere reduksjon
- Ved implementering av et system som kan håndtere og lagre data fra monteringen oppnår en høy sporbarhet i produksjonen
- Kvalitetskontroller øker investeringskostnaden, men ved bruk av vision kan man dekke flere kvalitetskontroller
- Kvalitetskontroller tar lite tid og har høy repeterbarhet når de først er implementert
- Roboter har høy repeterbarhet og gir derfor mindre variasjoner i monteringskvalitet
- Roboter trenger ikke ferie, sykmelding, permisjon og lignende
- Kunnskapen påkrevd er høy, man trenger programmeringskunnskaper
- Vedlikehold trenger også noe høyere kunnskap sammenlignet med tradisjonell montering

- Robotcellen er ikke avhengig lys og kan operer i temperaturområde fra 0 til 50°C [15]

Når det gjelder fleksibiliteten i en robotcelle kan dette diskuteres. Å programmere en robot er ikke tidkrevende, men det krever god planlegging av metoder og fiksturer. Man kan si at dersom produktetvarianter har få variasjoner vil fleksibiliteten i cellen være høy, men når større variasjoner som krever nye metoder og utstyr opptrer er robotmontering *ikke* fleksibel. Utvikling tar tid.

Roboter er ikke nødvendigvis den riktige veien å satse for en bedrift. Et suksessfull automatisering avhenger av god kvalitet på innkommende deler. Dersom man skal satse på en automatisert produksjon av flere produkter er det også et godt utgangspunkt dersom produktarkitekturen allerede er modulbasert med så lite variasjoner som mulig. Avgjørelsen om satsning bør tas med hensyn til hva bedriften ønsker å oppnå når det gjelder:

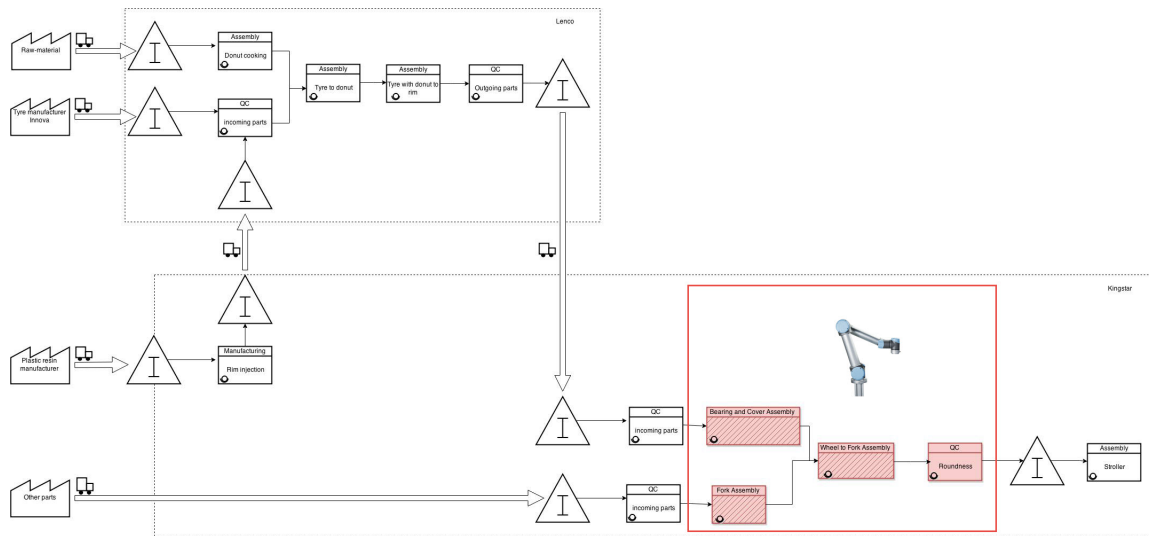
- Kvalitet og sporbarhet
- Fleksibilitet
- Logistikk

Muligheter angående kvalitet, sporbarhet og fleksibilitet med en robotcelle er nevnt. Når det gjelder logistikk er det viktig å huske på at robotcellen er geografisk uavhengig. Det eneste robotcellen trenger for å operer er en strømforsyning. Roboten kan også operere under helt andre miljømessige forhold enn mennesker. Cellen trenger ikke lys og kan operere i temperaturer fra 0 – 50°C uten at dette går utover kvaliteten.

Når cellen kan løsrives fra geografi på denne måten åpner dette for mange muligheter. Hjulene kan produseres nært markedet og man kan for eksempel minske tollkostnader ved da å bare frakte komponenter fremfor ferdig monterte hjul.

Et annet interessant innspill er å se på mulighetene for å designe prosessen slik at merking av produktet (for sporbarhet) skjer helt til slutt i robotcellen. Man har da kun artikkelnummer på hjul som er 100 % godkjent, med tilhørende kvalitetsdata lett tilgjengelig i systemet. Tidligere i rapporten, i kapittel 2.2, presenteres en

verdistrømanalyse av dagens produksjon. Operasjonene utført i denne pilotcellen dekker de prosessene som er markert i rødt. De to kvalitetskontrollene i forkant av cellen kan ved videre arbeid innføres i robotcellen.



Figur 5.1: Robotcellen i monteringsprosessen (bildet er nedskalert, se vedlegg 2 for full størrelse)

5.8 Videre arbeid

For å ta denne pilotcellen et steg videre mot en industriell prototyp er det viktig å oppdatere og vurdere de foreslåtte endringene i dette kapittelet. Prosessene har stort potensial til å forbedres for å øke besparelser. Det vil være en god ide å benytte flere simuleringstøytøyer ved en slik optimalisering. **Fleksibilitet i pilotcellen**

Ved montering av flere enn en hjultype kan vision-testing være med på å avgjøre hvilken hjultype som er ankommet monteringen og tilhørende program for denne hjultypen blir lastet inn på roboten. Her er også RFID-brikke i produktene en mulighet, da disse kan scannes og være med på å bestemme hjultype.

For sammenstilling av produktet er det helt nødvendig å bruke fiksturer. I mange tilfeller er tiden det tar å designe og tilverke en fikstur flaskehalsen i prosessen. Tett samarbeid i gruppen mellom programmering av roboten og tilverking av fiksturene er svært viktig slik at muligheter og begrensninger i roboten og fiksturer er kjent.

KAPITTEL 6

KONKLUSJON

Oppgavens overordnede målsetning var å vise at montering av produktet var mulig. Dette har vi vist ved å bygge en fullskala pilotcelle som utfører alle operasjoner fra dagens montering. Tidbesparelsene i den robotiserte løsningen er ikke spesielt store, men med de endringene som er foreslått under drøfting vil man ha et stort potensial til å halvere monteringstiden.

Tilbakemeldinger fra Stokke indikerer at bedriften har hatt et utbytte i form av kunnskap og innblikk i mulighetene og begrensningene robotmontering kan tilby. Det er ingen konkrete avgjørelser om en videre satsning på denne type montering, men dette var heller ikke meningen. Det som derimot kan sies er at oppgaven har satt igang nye tankeprosesser. Som diskutert her i oppgaven avhenger fremtidige robotløsninger av at nye og flere markeder kommer på banen og utnytter denne teknologien, men innovasjoner og satsninger krever kunnskap om slike løsninger. Pilotprosjekter som dette kan være med på å legge grunnlaget for satsninger hos bedrifter som har lite kjennskap til automatiserte løsninger.

Konseptutvikling er en lang og iterativ prosess. De fiksturene som er resultatet i denne pilotcellen er nok ikke de beste løsningene. For hver prototyp som har blitt utviklet i denne oppgaven er det alltid funnet forbedringspotensial, dette er også tilfellet hos de avsluttende fiksturene i denne oppgaven. Resultatet er ikke endelig, men det har lært oss mye om hvilke hensyn man må ta ved bruk av roboter.

Når det gjelder kvalitetskontroll i monteringen viser oppgaven at robotisering har mye å tilby. Kvalitetskontrollene som utføres i pilotcellen er gode, selv om den bare tar i bruk vision.

Når det gjelder kostnadene ved en automatisert løsning har beregninger av en forretningsplan vist at det kreves et høyt produktvolum for å dekke de store investeringskostnadene. Besparelsene ligger i kostnader for montering og vrak. Dette kommer av en redusert monterings tid, bruk av robot istedenfor operatør, og en høyere kvalitet i monteringen.

Oppgaven er løst på tvers av to fagdisipliner. Dette har vært en lærerik prosess begge veier og det har vist seg at kunnskaper fra begge parter – i tillegg til mye ny kunnskap innenfor fagfeltene – har vært like essensiell i utviklingen av pilotcellen.

LITTERATURLISE

- [1] Ukjent, “Industrial Robot.” http://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_robot, Mai 2015.
- [2] Ifr, “Executive Summary 1 . World Robotics 2013 Industrial Robots 2 . World Robotics 2013 Service Robots 1 . World Robotics 2013 Industrial Robots,” *World Robotic Report - Executive Summary*, pp. 10–21, 2013.
- [3] E. Fladberg, “Robotene roper på oppmerksomhet.” <http://www.tu.no/automatisering/nyheter/2013/03/01/robotene-roper-pa-oppmerksomhet>, 2013.
- [4] M. Iversen, “Asia i dag: Intelligente roboter inntar verden.” <http://www.dn.no/nyheter/2015/02/10/0549/Asia-i-dag/asia-i-dag-intelligente-roboter-inntar-verden>, 2015.
- [5] A. B. C. f. S. . M. t. F. Sander and M. Wolfgang, “the Rise of Robotics,” Tech. Rep. August, Boston Consulting Group, 2014.
- [6] Metra-Martech-Limited, “Positive Impact of Industrial Robots on Employment,” pp. 1–66, 2011.
- [7] Ukjent, “Trallfa Historie.” <http://trallfa.no/#historie>, Mai 2015.
- [8] K. Vildhammer, “Selger Stokke AS til sørkoreanere.” <http://www.smp.no/nyheter/article8799915.ece>, 2013.
- [9] N. Hart, “Dette er Norges mest solgte møbel.” <http://www.klikk.no/bolig/article510439.ece>, 2009.
- [10] E. Red, “Robotics Overview.” http://eaal.groups.et.byu.net/html/RoboticsReview/body_robotics_review.html.
- [11] J. F. Kurose and W. W. Ross, *Computer Networking, A Top-Down Approach*, vol. 1. 2013.
- [12] Ukjent, “Modbus.” <http://www.simplymodbus.ca/faq.htm>, 2015.
- [13] D. A. Shafer, *Successful Assembly Automation*, vol. 1. 1998.
- [14] S. M. Dr Baginski, “Future challenges in robotics for the automotive industry – a user perspective,” *World Robotics*, vol. Industrial, pp. 461–462, 2014.
- [15] Universal-Robots, “UR-5 spesifikasjoner.” http://files.mediastorage.dk/UR_Tech_Spec/UR5_N0.pdf, 2015.
- [16] Universal-Robots, “UR-5 Brukermanual.” http://www.universal-robots.com/media/8719/ur5_user_manual_no.pdf, 2015.

- [17] Robotiq, “Robotiq Universal Controller.” <http://support.robotiq.com/display/Home/Universal+Controller>, 2015.
- [18] Desoutter, *Desoutter SD series Service and Operating Instructions*. 2010.
- [19] Omron, “Xpectia FH Vision System brosjyre,” 2013.
- [20] Sparkfun, “Force Resistive Sensor.” <https://www.sparkfun.com/products/9375>, Ukjent.
- [21] WAGO, “WAGO Ethernet Coupler.” <http://www.wago.no/produkter/produktkatalog/components-for-automation/modular-io-system-series-750-753/fieldbus-coupler/ethernet/overview/index.jsp>, Ukjent.
- [22] Universal-Robots, “UR-scriptmanual 1.5.” http://www.wmv-robotics.de/home_htm_files/scriptmanual_en_1.5.pdf, 2013.
- [23] K. Hawkins, “UR C-API with ROS documentation.” http://wiki.ros.org/ur_c_api_bringup, 2015.
- [24] J. Schrimpf, “Sensor-based real-time control of industrial robots,” phd thesis, Norwegian University of Science and Technology, NTNU, 2013.
- [25] Robotiq, “Robotiq Adaptive 85 2-finger gripper.” <http://support.robotiq.com/download/attachments/1181172/2-FINGER-85-140722.pdf?version=1&modificationDate=1416509587000>, 2014.
- [26] P. Goebel, *ROS by Example*, vol. 1. 2015.
- [27] T. Moeslund, *Introduction to Video and Image processing*. 2012.
- [28] U. of Delaware, “Pre-Processing.” http://climate.geog.udel.edu/~tracyd/geog474/geog474_preprocessing.html, 1997.
- [29] Omron, “FH Processing Item Function Reference Manual,” 2013.
- [30] Ukjent, “Selective laser sintering.” http://en.wikipedia.org/wiki/Selective_laser_sintering, 2015.
- [31] C. Online, “SLS video.” <https://www.youtube.com/watch?v=wD9-QEo-qDk>, 2015.
- [32] Robotiq, “How to use the 2-finger adaptive gripper with Universal Robots controller.” <http://www.universal-robotiq-grippers.com/universal-robotiq-grippers-zacobria-how-to-use-adaptive-robot-gripper-on-ur/universal-robotiq-grippers-zacobria-how-to-use-adaptive-robot-gripper-on-ur.pdf>, 2013.
- [33] O. Roulet-Dubonnet, “Python-urx bibliotek.” <https://github.com/oroulet/python-urx>.

VEDLEGG

- Vedlegg 1 Forprosjektrapport
- Vedlegg 2 Value Stream Map
- Vedlegg 3 Fremdriftsrapporter
- Vedlegg 4 Logg
- Vedlegg 5 Møtereferater
- Vedlegg 6 Materialdatablad PA 2200
- Vedlegg 7 Oppgavebeskrivelse
- Vedlegg 8 Prosjektplakat
- Vedlegg 9 Maskintegning ny aksling
- Vedlegg 10 Tegninger kamerstasjon - laserskjærte plater
- Vedlegg 11 Bildeserie pilotcelle
- Vedlegg 12 Modeller fiksturer
- Vedlegg 13 Hand-out PowerPoint Presentasjon
- Vedlegg 14 Monteringsanalyse deksel

Vedlegg på CD

- Kildekode
- Vision-program
- STL-filer av fiksturer
- Prosjektplakat
- Monteringsvideo

Vedlegg med beregninger til forretningsplan er kun tilgjengelig for autoriserte og er ikke vedlagt rapporten.

Vedlegg 1 Forprosjektrapport

FORPROSJEKT - RAPPORT

FOR BACHELOROPPGAVE

TITTEL:

Automatisering av montering barnevognshjul

STUDENTNUMMER(E):

120179, 100607, 100230

DATO:	EMNEKODE:	EMNE:	DOKUMENT TILGANG:
30.01.15	IE303612	Bacheloroppgave	- Åpen
STUDIUM:	ANT SIDER/VEDLEGG:		BIBL. NR:
AUTOMATISERINGSTEKNIKK/PRODUKT- OG SYSTEMDESIGN	16/		- Ikke i bruk -

OPPDRA GSGIVER(E)/VEILEDER(E):

Stokke AS

OPPGAVE/SAMMENDRAG:

Stokke AS vil se på muligheter for å automatisere produksjon og kvalitetssikring av eksisterende produkt.

Fremhjulsammenstillingen på barnevognen SCOOT er valgt som ønsket pilotprosjekt.

Prosjektets hovedmål er å automatisere montering og kvalitetssikring av fremre hjul ved barnevogn. Oppgaven må løses innenfor flere fagområder skal en få dette til.

Denne oppgaven er en eksamensbesvarelse utført av student(er) ved Høgskolen i Ålesund.

Postadresse
Høgskolen i Ålesund
N-6025 Ålesund
Norway

Besøksadresse
Larsgårdsvegen 2
Internett
www.hials.no

Telefon
70 16 12 00
Epostadresse
postmottak@hials.no

Telefax
70 16 13 00

Bankkonto
7694 05 00636
Foretaksregisteret
NO 971 572 140

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon	2
1.1	Innledning - Sammendrag	2
1.2	Begreper	2
2	Prosjektorganisasjon	3
2.1	Prosjektgruppen	3
2.1.1	Oppgaver for prosjektgruppen	3
2.1.2	Oppgaver for prosjektleder	3
2.1.3	Oppgaver for sekretærer	3
2.2	Styringsgruppen	4
3	Avtaler	5
3.1	Arbeidssted og ressurser	5
3.2	Gruppenormer - samarbeidsregler	5
4	Prosjektbeskrivelse	6
4.1	Målsetting	6
4.1.1	Hovedmål	6
4.1.2	Delmål	6
4.1.3	Effektmål og Resultatmål	6
4.2	Krav til løsning eller prosjektresultat - spesifikasjon	7
4.3	Informasjonsinnsamling - utført og planlagt	7
4.4	Vurdering	7
4.5	Hovedaktiviteter i videre arbeid	8
4.6	Framdriftsplan - styring av prosjektet	8
4.6.1	Hovedplan	8
4.6.2	Detaljplan	8
4.6.3	Intern kontroll - evaluering	9
5	Dokumentasjon	10
5.1	Rapporter og tekniske dokumenter	10
6	Planlagte møter og rapporter	11
6.1	Møter	11
6.1.1	Møter med styringsgruppen	11
6.1.2	Prosjekt møter	11
6.2	Periodiske rapporter	11
6.2.1	Framtidsrapporter (inkl. milepæl)	11
7	Planlagt avviksbehandling	12
8	Utstyringsbehov/Forutsetninger for gjennomføring	13
	Referanser	14
A	Vedlegg - Gantt-diagram	15

1 Introduksjon

1.1 Innledning - Sammendrag

Stokke AS vil se på muligheter for å automatisere produksjon og kvalitetssikring av eksisterende produkt. Fremhjulssammenstillingen på barnevognen SCOOT er valgt som ønsket pilotprosjekt.

Case: Automatisere montering og kvalitetssikring av fremre hjul ved barnevogn. Oppgaven må løses innenfor flere fagområder skal en få dette til.

Utfordringer

1.2 Begreper

Prosjektgruppen

Prosjektoppgaven gjennomføres som et gruppearbeid. Prosjektgruppen bør fortrinnsvis bestå av tre deltakere, men kan bestå av mellom to og fire deltakere, avhengig av prosjektet sitt omfang. Bare unntaksvis vil det åpnes for prosjekt med bare en deltaker. Gruppen blir enig om en Prosjektleder og en Sekretær. Disse vervene kan deltakerne også bli enige om å dele på ”åremål”. Prosjektlederen vil ha ansvaret for koordineringen av prosjektarbeidet. Sekretæren vil ha ansvaret for å organisere dokumentasjon, og skrive møteinnkallinger og møtereferat.

Styringsgruppen

Prosjektgruppen etablerer en Styringsgruppe bestående av interne og eventuelt eksterne veiledere. Prosjektgruppen skal forholde seg til Styringsgruppen som skal påse at prosjektarbeidet gjennomføres i henhold til tidsplan og prosjektspesifikasjon (Forprosjektrapporten). Alle beslutninger som har konsekvens for det videre prosjektarbeidet skal avklares med og godkjennes av Styringsgruppen.

Jig

En ”Jig” refererer til en arbeids-stasjon som forenkler monteringsprosessen.

Griper

Når vi snakker om ”Griperen” refererer vi til robotarmens griper.

2 Prosjektorganisasjon

2.1 Prosjektgruppen

Navn	Studentnr.	Adresse	Mobil	E-post
Andreas Paulsen	100230	Fjellgata 12	416 39 553	andreas.sorheim.paulsen@stud.hials.no
Daniel Tafjord	100607	Naustveien 40	482 09 530	daniel.skuseth.tafjord@stud.hials.no
Karoline Strand	120179	Nørvegata 7a	454 20 410	karoline.strand@stud.hials.no

Tabell 2.1: Prosjektgruppen

2.1.1 Oppgaver for prosjektgruppen

Automatisere montering og kvalitetssikring av framre hjul på en av Stokkes barnevogner.

Deloppgave	Ansvarlig
Redesign av komponenter	AMO/AIR
Tekniske spesifikasjoner, kvalitetskrav	AMO
Monteringsprosess	AMO/AIR
Robotstasjon/-utstyr	AMO/AIR
Dokumentasjon, behandling av innsamlet data	AIR
Programmering	AIR

Tabell 2.2: Ansvarsmatrise

2.1.2 Oppgaver for prosjektleder

Karoline Strand.

Arbeidsoppgaver: Kontakt Stokke. Møteinnkallelser.

2.1.3 Oppgaver for sekretærer

Daniel Tafjord.

Arbeidsoppgave: Loggføring

Andreas Paulsen.

Arbeidsoppgave: Møte-referat

2.2 Styringsgruppen

Navn	Adresse	Mobil	E-post
Andreas Paulsen	Fjellgata 12	416 39 553	andreas.sorheim.paulsen@stud.hials.no
Daniel Taffjord	Naustveien 40	482 09 530	daniel.skuseth.taffjord@stud.hials.no
Karoline Strand	Nørvegata 7a	454 20 410	karoline.strand@stud.hials.no
Hans-Cato Slotterøy	Stokke, Parkgata 6	928 56 601	hans-cato.slotteroy@stokke.com
Ottar Osen	Hials, B311	70 16 12 83	oo@hials.no
Eike Matthias Garbe	Hials, F412b	70 16 15 27	maei@hials.no
Ola Jon Mork	Hials, B420	70 16 14 90	om@hials.no
Paul Steffen Kleppe	Hials, B417	70 16 16 16	pakl@hials.no

Tabell 2.3: Kontaktinformasjon for styringsgruppen

3 Avtaler

3.1 Arbeidssted og ressurser

Fast arbeidsplass er Stokke, alternativt L101 ved skolens lab-bygg. Tilgjengelige ressurser ved skolen og stokke er robotarmer, 3D printere, diverse labber for materialtilvirkning, elektronikk og produktutvikling.

Prosjektgruppen har signert konfidensitetsavtale ved Stokke AS og plikter å følge denne avtalen.

For deling av data benyttes Stokkes egne datalagringsystemer.

3.2 Gruppenormer - samarbeidsregler

- Gruppen har vedtatt kjernetid mandag-fredag kl. 9-15. Manglende oppmøte til kjernetid, kl. 09:00, resulterer i bot på 20kr/t. Boten forfaller dersom manglende oppmøte er meldt fra om til gruppen kvelden i forveien. Boten kreves inn av prosjektleder og går til et felles vedtatt formål ved prosjektets slutt.
- Alle ideer skal drøftes av hele gruppen før en endelig beslutning blir tatt. Full enighet skal etterstrebnes. Hvis ikke vil flertallet bestemme.
- De som ikke møter fram til gruppemøtene kan ikke regnes som fullverdige medlemmer av gruppen, og kan ikke få navnet sitt på prosjektrapporten.
- Den som oppdager problemer har ansvar for å ta dette opp til diskusjon med gruppen.

4 Prosjektbeskrivelse

Stokke AS vil se på muligheter for å automatisere produksjon og kvalitetssikring av eksisterende produkt. Fremhjulsammenstillingen på barnevognen SCOOT er valgt som ønsket pilotprosjekt.

4.1 Målsetting

Overbevise STOKKES ledelse om at automatisering av deres produkter er mulig å gjennomføre.

4.1.1 Hovedmål

Demo av helautomatisk montering med etterfylling av magasin for STOKKE.

4.1.2 Delmål

- Et fungerende program som monterer fremhjulsammenstillingen
- Et fungerende program som styrer kvalitetssikring av fremhjulsammenstilling
- Utstilling av robotcelle med fungerende demo, en ved Høgskolen og en ved Stokke
- Stasjon for montering av friksjonsbrems
- Stasjon for montering av lager
- Stasjon for endelig sammenstilling med starlock
- Spesifiser kvalitetskrav og metode.
- Stasjon/-er for kvalitetssikring, eventuell inkorporering i monteringsstasjoner. Se liste over ønskede tester, vurder gjennomførbarhet.
- Valgbar: Automatisk mating av deler i robotcelle
- Fullføre innkjøp av nødvendige deler
- Planlegge og opprettholde fremdrift

4.1.3 Effektmål og Resultatmål

Effektmål:

Starte diskusjon innad i stokke for å igangsette automatisering.

Resultatmål:

Funksjonell demo av automatisert forhjul-assembly.

4.2 Krav til løsning eller prosjekresultat - spesifikasjon

Som resultat av denne oppgaven skal gruppen ha kommet frem til en fungerende demo av montering og kvalitetssikring av fremhjulsammenstillingen. Demoen skal settes opp i lokalene til Stokke AS i Parkgata 6, og ved Høgskolen i Ålesund.

Et utvalg av følgende kvalitetssikringer bør være utført:

1. Pulltest på overstøpt aksel
2. Måle lengde overstøpt aksel, kritisk dimensjon
3. Fjorstyrke i friksjonsbrems for å sjekke korrekt montering og riktig spesifikasjon fjorstyrke
4. Pulltest star-lock, sjekke korrekt montering
5. Rundhet dekk
6. Hardhet gummidekk (shoreverdi)
7. Korrekt deformasjon i hjul
8. Måle vekt, avdekke underkjent materialkvalitet eller feilproduksjon

Angående kvalitetssikringer skal det fremlegges dokumentasjon med begrunnelse på hvorfor ulike kvalitetskrav er satt. Her bør gruppen forske seg frem til godt begrunnede kravspesifikasjoner og vurdere testbarheten.

Mating av komponenter kan skje fra en gitt posisjon og ikke ved et system som mater inn deler lik hvordan en ferdig utviklet robotcelle ville hatt. Dette for å forenkle arbeidet med oppgaven og holde fokus på selv monterings- og kvalitetssikringsprosessen.

Det skal også foreligge dokumentasjon på forslag til eventuelle forbedringer i produktdesignet. Her skal det komme frem hvilke komponentendringer Stokke AS kan foreta seg for å tilrettelegge produktet for automatisert produksjon. Forslag til hvordan løse den høyre-/venstre orienterte sammenstillingen er også ønsket. En kan også se på mulige endringer for å minske shimmy-faktoren i hjulene.

4.3 Informasjonsinnsamling - utført og planlagt

- Utforske ulike aktuator løsninger
- Spesifikasjon for aktuator (evt slanger og ventiler for et pneumatisk)
- Valg av Styringsystem
- Utforske ulike sensorer som kan hjelpe med testene.
- Innhente tegninger av delene som skal monteres
- Fordype seg i vision-basert testing av deler.
- Møte med Amatec og Omron der det ble diskutert og fremlagt utstyr/løsninger på kritiske deler av montering. Omron har tilbudt sin vision-løsning Xpectia FH Vison System [1]

4.4 Vurdering

Prosjektgruppen har stort spillerom ved løsning av denne oppgaven da hovedmålet er en fungerende demo. Det mest vitale kriteriet for suksess er da styrt av hvordan demonstrasjonen oppleves for en utenforstående tilskuer. Omfanget av demonstrasjonen og dens tekniske utforming kommer i annen rekke.

Det er dermed ikke sagt at prosjektgruppen står fritt disponibel til å velge et behagelig utvalg av egenskaper. De viktigste punktene for at demonstrasjonen skal være suksessfull er:

- Full montering
- Pull-test av StarLock

Løsning av disse to punktene bør være mest vektlagt.

De største utfordringene i oppgaven blir å løse mating av komponenter, pull-test av StarLock som angivelig trenger 1500 N, og selve sluttmonteringen hvor gaffel og hjul settes sammen. En annen utfordring blir å montere selve friksjonsbremsen da denne trenger fin motorikk og presisjon.

4.5 Hovedaktiviteter i videre arbeid

Nr	Hovedaktivitet	Ansvar	Kostnad	Tid/omfang
1	Funksjonelle Jigger	Karoline/Daniel	??	??
1.2	Statiske Deler	Daniel/Karoline	??	??
1.2.1	CAD-modellering	Daniel/Karoline	??	??
1.2.2	Prototyper - 3D printing	Daniel	??	??
1.2.3	Prototyper - Maskinering	Karoline	??	??
1.3	Dynamiske Deler	Alle	??	??
1.3.1	Aktuator research	Daniel	??	??
1.3.2	Aktuator innkjøp	Alle	??	??
1.4	Verifisering	Alle	??	??
1.4.1	Sensor research	Andreas/Daniel	??	??
1.4.2	Sensor innkjøp	Alle	??	??
2	Robotarm	Andreas	??	??
2.1	GUI program	Andreas	??	??
2.2	Implementere I/O aktuatorer og sensorer	Andreas/Daniel	??	??
2.3	Vision-basert testing	Andreas	??	??
2.4	Optimalisere program	Andreas	??	??
3	Styringsystem	Daniel/Andreas	??	??
4	Kravspesifikasjoner	Karoline	??	??
4.1	Pull-test metode og krav	Karoline/Daniel	??	??

Tabell 4.1: Planlagte hoved- og delaktiviteter

4.6 Framdriftsplan - styring av prosjektet

4.6.1 Hovedplan

Hovedtrekk i gjennomføringen Beskrivelse av planlagte hovedaktiviteter

1. Funksjonelle Jigger
2. Robotarm
3. Styringsystem

Milepæler

- Underveispresentasjon Sukkertoppen, 23.mars kl 12.15-14.00
- Sluttpresentasjon Kaupangen, 28.mai kl 8.15-15.00

Beslutningsprosess - viktige beslutningspunkter (når, om hva, av hvem)

4.6.2 Detaljplan

kort beskrivelse av planlagte underaktiviteter

For å produsere statiske deler til jiggene benytter vi 3D printerne som skolen har å tilby. 3D printere er ikke "plug-and-play" og en del prøving og feiling kreves for å tilslutt oppnå et plettfritt resultat. 3D design gjøres forøvring i NX og SketchUp. Utfordringene her er å skalere riktig. Etter mange forsøk er det funnet at 0.2mm er den perfekte avstanden mellom print og

monterings-komponent. Etter å ha fått printet ut en jigg og gruppen er fornøyd med resultatet vil den endelige prototypen sendes til pulver printing.

For at jiggene skal oppføre seg slik vi ønsker må vi implementere dynamiske deler. Det finnes et hav av aktuatorer ute på markedet, og mye "research" må gjøres for å finne den som er mest formålstjent for vårt prosjekt. Når disse delene er funnet vil et evt. innkjøp bli utført. Helst hos en aktør som har alt vi trenger.

1.4 Testing 1.4.1 Sensor research 1.4.2 Sensor innkjøp

nettverk eller gantt-diagrammer (husk evt. logiske sammenhenger)

4.6.3 Intern kontroll - evaluering

Innen prosjektgruppen vil de ukentlige fremdriftsrapportene fungere som en intern kontroll på fremdrift i arbeidet. I fremdriftsrapporten fremgår planlagte aktiviteter og faktiske aktiviteter, ved gjennomgang i ukeslutt vil en da se hva som ikke ble fullført som planlagt og prosjektgruppen plikter å evaluere årsaker til dette.

Under møtene med styringsgruppen vil det fremgå hvorvidt arbeidet har nådd ulike delmål i løpet av semesteret.

5 Dokumentasjon

5.1 Rapporter og tekniske dokumenter

- Maskintegninger av aktuelle komponenter
- Testrapport StarLock

6 Planlagte møter og rapporter

6.1 Møter

6.1.1 Møter med styringsgruppen

Møtefrekvens er lagt til én gang i måneden, der skal prosjektgruppen rapportere utviklingen i arbeidet, mål som er oppnådd og hvilke tiltak som må settes i verk for å oppnå videre mål. Her skal også viktige veivalg for arbeidet tas i fellesskap med styringsgruppen.

6.1.2 Prosjekt møter

Prosjektgruppen kjører to ukentlige møter. Et mandags morgen, og et fredag ettermiddag. Her er fremdriftsrapporten hovedtema. Mandag vil en fellesskap gå igjennom hva som skal være målet for uken. Fredager evaluerer gruppen ukens måloppnåelse og setter en videre plan.

6.2 Periodiske rapporter

6.2.1 Framtidsrapporter (inkl. milepæl)

Fremdriftsrapport blir oppdatert hver uke, dette for at veileder og gruppen har oversikt over planlagte og faktiske aktiviteter.

7 Planlagt avviksbehandling

- Hvis robotarmen UR-5 har begrenset arbeidsområde eller ikke er sterk nok, kan vi bruke UR-10.
- Sykdom hos gruppemedlemmer: Hvis det oppstår lengre tids sykdom eller annen årsak til at en eller flere av grupped medlemmene ikke kan bidra i tilstrekkelig grad på prosjektet, må prosjektets omfang bli noe redusert.
- Uoverenstemmelser mellom gruppemedlemmer: Ved uoverenstemmelser/splid mellom gruppemedlemmer, vil det måtte mekles med en utenforstående part for å løse arbeidsmiljøet.
- Hovedfokus vil være å ferdigstille montering, hvis framdriften ikke er god nok kan oppgaven forenkles f.eks. droppe testing av deler eller magasinmating. I verste fall kan enkelte deler av monteringen skje manuelt.

8 Utstysrsbehov

- Griperer til robotarm: Her er Robotiq Adaptiv 2-finger gripper allerede anskaffet fra skolen og vil passe godt til prosjektet.
- Støpe deleplate
- Kombinere avstandsstykke og kulelager i én enkelt komponent.
- Nye bolter til feste for griper.
- Google SketchUP Pro lisens
- NX-lisens
- Strømforsyning 24V

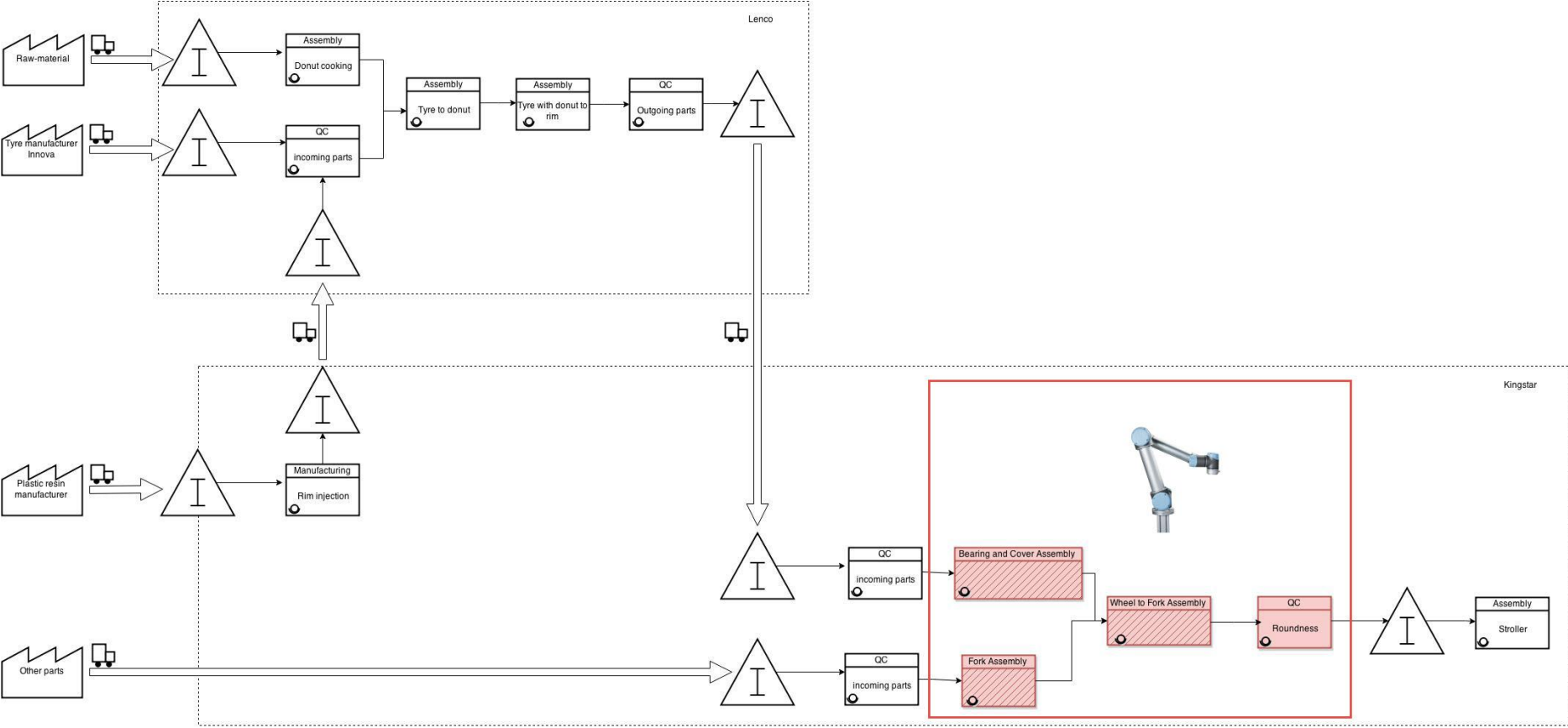
Referanser

[1] Omron Xpectia FH Vision; 2015. Available from: http://industrial.omron.eu/en/products/catalogue/sensing/vision_sensors_and_systems/vision_systems/xpectia_fh/default.html.

[2] ;.

[3] ; 2014.

Vedlegg 2 Value Stream Map



Vedlegg 3 Fremdriftsrapporter

ID301702 Hovedprosjekt	Prosjekt Automatisert montering av forhjul	Antall møter denne periode 1). 3	Firma - Oppdragsgiver Høgskolen i Ålesund /Stokke	Side 1 av 3
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r) 7	Antall timer denne per. (fra logg) 22,5	Prosjektgruppe (navn) Stokke gruppa	Dato 20.02.15

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden

- Testplan gjenget låsing
- Lære kontroll robotarm - fokus på griper
- Utvikle forslag til jigg for sammenmontering gaffel og hjul

Planlagte aktiviteter i denne perioden

- Får inn Vision utstyr, oppakking og eventuelt opplæring onsdag 11.02 (dette er ikke avklart enda)
- Starter opp prosjekt for å teste ut gjenget låsing til fremhjul - går inn og tar over prosjekt. Oppstartsmøte/workshop mandag, samle inn info og legge testplan og FMEA.
- Veiledermøte Ottar onsdag - få 100% avklart prosjektplan
- Seminar Systemteknikk torsdag og fredag, obs innlevering onsdag

Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden

- Vision utstyr ankommet, pakker ut men mangler strømforsyning for å kunne sette opp. Ligger fortsatt ved HIALS, bør tas med til Stokke og gruppen bør gjøre seg lettere kjent med diverse funksjoner før opplæring 24.februar.
- Oppstartsmøte fullført, referat skrevet. Gjennomfører Ride-test av SCOOT og XPLORY uten Loctite. Fullstendig testplan med datoer bør skrive.
- Veiledermøte ok, se referat.
- Seminar ok. Får også foreleser Henrik Kihlman til å se på oppgaven, han kan stille til hjelp underveis i prosjektet. Spesielt god på simulering av robotceller.
- Tegner prototyp for verktøy til montering av deksel, sender til SLS printing.
- Tester ut og lærer kontroll av griper. Får hentet inn ny griper som funker, vet ikke hva som er feil med tidligere griper.
- Kontakter Atlascopco og får igang prosess med utstyr til skrumontering.
- Tester nødvendig moment for montering av skru.
- Kontakter Maskin K. Lund og avtaler møte angående sylindrer.
- Setter opp detaljert GANTT-plan i Asana.

Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter

- Ingen forslag til jigg for sammenmontering av gaffel og hjul. Daniel er syk.

Beskrivelse av /begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen

Hovederfaring fra denne perioden

Får skifte fra StarLock til skrumontering - slipper da en pulltest.

ID301702 Hovedprosjekt	Prosjekt Automatisert montering av forhjul	Antall møter denne periode 1). 3	Firma - Oppdragsgiver Høgskolen i Ålesund /Stokke	Side 2 av 3
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r) 7	Antall timer denne per. (fra logg) 22,5	Prosjektgruppe (navn) Stokke gruppa	Dato 20.02.15

Hovedhensikt/fokus neste periode

Førsteprioritet: SKRIV RAPPORT. Ser det praktiske arbeidet har kommet for langt i forhold til det vi har fanget opp til rapporten.

Printe ut verktøy for montering av deksel med verktøy og ny prototyp for montering av friksjonsbrems slik Andreas kan begynne å arbeide med programmering av robot. Bør også sette opp et prototypeunderlag for robotcellen, tre eller papp, lettere å justere posisjoner etc.

Utvikle konsept til jigg for montering av gaffel og hjul.

Planlagte aktiviteter neste periode

- Print verktøy
- Skaff prototypeunderlag
- Programmering for montering av friksjonsbrems, flytte hjul inn/ut lagerjigg, montere deksel.
- Møte med Maskin K. Lund angående sylindrer
- Utvikl forslag konsept for jigg til montering av gaffel og hjul.
- Rapportskrivning:
 - Teori om endeeffektorer
 - Fakta om robotarm
 - Teori/metode for 3D-printing
 - Skrive om prototypeutvikling så langt (Karoline)
 - Teori om programmering av robotarm
 - Teori om prosjektstyring

Annet

Daniel operasjon 16-17.02
Karoline seminar Russland 17.-23.02

Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers

Godkjenning/signatur gruppeleder

Signatur øvrige gruppedeltakere

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

ID301702 Hovedprosjekt	Prosjekt Automatisert montering av forhjul	Antall møter denne periode 1). 3	Firma - Oppdragsgiver Høgskolen i Ålesund /Stokke	Side 3 av 3
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r) 7	Antall timer denne per. (fra logg) 22,5	Prosjektgruppe (navn) Stokke gruppa	Dato 20.02.15

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

ID301702 Hovedprosjekt	Prosjekt Robotmontering Stokke	Antall møter denne periode 1). 4	Firma - Oppdragsgiver Høgskolen i Ålesund /Stokke AS	Side 1 av 3
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r) 8 og 9	Antall timer denne per. (fra logg)	Prosjektgruppe (navn) Daniel Tafjord, Andreas Paulsen, Karoline Strand	Dato 27.02.15

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden

Førsteprioritet: SKRIV RAPPORT. Ser det praktiske arbeidet har kommet for langt i forhold til det vi har fanget opp til rapporten.

Printe ut verktøy for montering av deksel med verktøy og ny prototyp for montering av friksjonsbrems slik Andreas kan begynne å arbeide med programmering av robot. Bør også sette opp et prototypeunderlag for robotcellen, tre eller papp, lettere å justere posisjoner etc.

Utvikle konsept til jigg for montering av gaffel og hjul.

OBS! Fanger opp at det er mulig å løse lagermonteringen med å bare bruke robotarmen. Griperen kan gi opptil 200N. Viktig at vi ser på løsninger for å benytte oss av dette, tenker en utvidelse av lagermonteringsjiggen hvor griperen presser sammen en forlenger som presser på lagrene. Dette haster p.g.a. møtet angående innkjøp av aktuatorer. Viktig å sjekke mulig alternativ løsning FØR vi bestiller aktuator!

Planlagte aktiviteter i denne perioden

- Konseptutvikling og funksjonstest av mulig alternativ løsning med bruk av griper til lagermontering.
- Print verktøy til deksel- og friksjonsbremsmontering
- Skaff prototypeunderlag
- Programmering for montering av friksjonsbrems, flytte hjul inn/ut lagerjigg, montere deksel.
- Møte med Maskin K. Lund angående sylindrer
- Utvikl forslag konsept for jigg til montering av gaffel og hjul.
- Rapportskrivning:
 - Teori om endeffektorer
 - Fakta om robotarm
 - Teori/metode for 3D-printing
 - Skrive om prototypeutvikling så langt (Karoline)
 - Teori om programmering av robotarm
 - Teori om prosjektstyring

Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden

- Konseptutvikling og funksjonstest av mulig alternativ løsning med bruk av griper til lagermontering. - Forkastet.
- Print verktøy til deksel- og friksjonsbremsmontering - OK
- Skaff prototypeunderlag - Flyttet til uke 10
- Programmering for montering av friksjonsbrems, flytte hjul inn/ut lagerjigg, montere deksel. - OK, men ikke friksjonsbrems! Flyttet til uke 10
- Møte med Maskin K. Lund angående sylindrer - OK
- Utvikl forslag konsept for jigg til montering av gaffel og hjul. - Pågående, ikke ferdig

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

ID301702 Hovedprosjekt	Prosjekt Robotmontering Stokke	Antall møter denne periode 1). 4	Firma - Oppdragsgiver Høgskolen i Ålesund /Stokke AS	Side 2 av 3
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r) 8 og 9	Antall timer denne per. (fra logg)	Prosjektgruppe (navn) Daniel Tafjord, Andreas Paulsen, Karoline Strand	Dato 27.02.15

- **Rapportskriving:**
 - Teori om endeffektorer - OK
 - Fakta om robotarm - OK
 - Teori/metode for 3D-printing - OK
 - Skrive om prototypeutvikling så langt (Karoline) - OK
 - Teori om programmering av robotarm - Pågående
 - Teori om prosjektstyring - Flyttet til uke 10
- Opplæring Vision med Omron. Tildelt tilgang til simulator
- Møte ang søknad VRI-prosjekt

Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter

Friksjonsbremsmontering er en komplisert operasjon, ble flyttet pga hovedfokus var å skrive rapport.

Fremskaffing av prototypeunderlag utsatt pga ikke tilgjengelig bil.

Velger å forkaste lagermontering ved hjelp av griper da prisen på sylindere er lav og i tillegg er dette en mye mer tidseffektiv løsning.

Beskrivelse av /begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen

Bør bedre rutiner for loggskrivning med tanke på rutiner, ansvar og ikke minst timelister. Foreslår å dele ansvaret slik enkeltpersonen selv skriver ned timer og aktiviteter. Tar dette opp til neste mandagsmøte.

Hovederfaring fra denne perioden

Bør lage rutiner for å skrive oftere - 2 t per dag. Kontroller status ved fredagsmøter.

Hovedhensikt/fokus neste periode

Sette opp arbeidstasjon/robotcelle og lysbord.

Utarbeide og konkretiser konsept for final assembly.

Planlagte aktiviteter neste periode

- Innkjøp og sette opp platform for robotcelle
- Design, innkjøp, og bygging av lysbord
- Ride-test m/loctite
- Bestemme og bestille sylindere og ventiler
- Definere konsept for jigg til sammenmontering av gaffel og hjul.
 - Tegninger
 - Funksjonsprototyper
- Programmering av robot for plukking og montering av komponenter til friksjonsbrems
- Styringsgruppemøte
- Ferdig definert prosjekt i henhold til hvilke funksjoner piloten skal utføre.
- Kravspesifikasjon for pilotfremvisning/workshop

ID301702 Hovedprosjekt	Prosjekt Robotmontering Stokke	Antall møter denne periode 1). 4	Firma - Oppdragsgiver Høgskolen i Ålesund /Stokke AS	Side 3 av 3
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r) 8 og 9	Antall timer denne per. (fra logg)	Prosjektgruppe (navn) Daniel Tafjord, Andreas Paulsen, Karoline Strand	Dato 27.02.15

Annet Daniel operasjon 16-17.02 Karoline seminar Russland 17.-23.02	
Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers Ønsker revisjon på hvorvidt det tekniske innholdet i arbeidet er nok til et bachelorprosjekt innen begge fagdisipliner. Også generelt veiledning på oppsett og innhold i rapport.	
Godkjenning/signatur gruppeleder	Signatur øvrige gruppedeltakere

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

ID301702 Hovedprosjekt	Prosjekt Robotmontering Stokke	Antall møter denne periode 1).	Firma - Oppdragsgiver Høgskolen i Ålesund /Stokke AS	Side 1 av 2
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r) Uke 12-15	Antall timer denne per. (fra logg)	Prosjektgruppe (navn) Daniel Tafjord, Andreas Paulsen, Karoline Strand	Dato

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden

Sette opp arbeidstasjon/robotcelle og lysbord.

Utarbeide og konkretiser konsept for final assembly.

Planlagte aktiviteter i denne perioden

- Innkjøp og sette opp platform for robotcelle
- Design, innkjøp, og bygging av lysbord
- Ride-test m/loctite
- Bestemme og bestille sylindere og ventiler
- Definere konsept for jigg til sammenmontering av gaffel og hjul.
 - Tegninger
 - Funksjonsprototyper
- Programmering av robot for plukking og montering av komponenter til friksjonsbrems
- Styringsgruppemøte
- Ferdig definert prosjekt i henhold til hvilke funksjoner piloten skal utføre.
- Kravspesifikasjon for pilotfremvisning/workshop

Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden

- Vi fikk satt opp en arbeidsstasjon med en kryssfinerplate på 170x170x2 cm og lysbord.
- Pneumatiske sylindere/ventiler er bestilt/ankommet.
- Jigg for pneumatisk sammenstilling av kulelager er ferdig og en del av robotprogrammet.
- Ride-test utført
- Jigg for sammenmontering av gaffel og hjul er ferdig tegnet, men ikke printet
- Funksjonsbremsprogrammeringen er prøvd til dels
- Styringsgruppemøte utført
- Minste godkjente løsning er ferdig sammenstilling av hjul, uten kvalitetssikring og evt. manuell sammenstilling av enkelte deler

Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter

- Funksjonsbremsprogrammeringen har ikke blitt utført pga. print av jigg har ikke vært tilgjengelig og kulelager-jiggen har vært prioritert

Beskrivelse av/begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen

- Robotstyring vha. ROS har mistet prioritet grunnet kompleksitet i vår oppgave, og vi har derfor satt som mål å ha et fungerende "online"-program før vi evt. implementerer en liten del av programmet i ROS.

Hovederfaring fra denne perioden

- Prosjektet kunne vært mer detaljstyrt i denne siste perioden.

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

ID301702 Hovedprosjekt	Prosjekt Robotmontering Stokke	Antall møter denne periode 1).	Firma - Oppdragsgiver Høgskolen i Ålesund /Stokke AS	Side 2 av 2
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r) Uke 12-15	Antall timer denne per. (fra logg)	Prosjektgruppe (navn) Daniel Tafjord, Andreas Paulsen, Karoline Strand	Dato

<ul style="list-style-type: none"> ● Problemer har dukket opp, og veien videre har kanskje ikke alltid vært like enkel å stake ut 	
Hovedhensikt/fokus neste periode <ul style="list-style-type: none"> - Ferdigstilling av prosjektet 	
Planlagte aktiviteter neste periode <ul style="list-style-type: none"> ● Sette opp en Wago Modbus Ethernet Coupler for å utvide antall inputs til robotarmen. ● programmere montering av gaffelbrems og sammenstilling av gaffel og hjul vha. skrumater fra Desoutter. 	
Annet	
Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers <ul style="list-style-type: none"> ● Vudere prosjektet innhold/omfang og eventuelt hva som kan gjøres for å heve oppgavens standard 	
Godkjenning/signatur gruppeleder	Signatur øvrige gruppedeltakere

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

Vedlegg 4 Logg

07.01

- Første gruppemøte.
- Fant ut at AIR og AMO ble splittet fra hverandre i fellesfaget Ingeniørfaglig systematikk og systemutvikling.
- Møtte veilederene for AMO. Det ble diskutert hva vi kunne bruke i bachelor og hvor vi evt kunne sitte.

08.01

- Bekreftet av Webjørn Rekdalsbakken at det var greit at Daniel og Andreas kunne overføres til AMOs fellesfag.
- Startet på forprosjektrapport i ShareLaTeX.
- Dannet en generell oversikt over forprosjektrapport-malen.
- Starte Gantt-diagram for framdriftsplan.

09.01

- Fortsetelse på Gantt-diagram
- Mangler dato-oversikt

12.01

- Andreas og Daniel leverte skjema for fagbytte
- Første veiledningsmøte. Rammebetingelser.

13.01

- Forprosjektrapport til og med kap 3
- Mork: "hadde vært kult å 3D printe produktet"
- Ideemyldring for montering.
 - Problem: gaffel, fjær og styring. Vanskelig og montere småtteri.
Løsn: Jigg, styring og fjær plasseres, så hentes gaffel og robotarm presser det sammen. Se Sketchup-fil GaffelJigg.skp.
 - Problem: montere deksel på hjul. Vanskelig å Gripe deksel.
Mulig Løsn: magasin med deksel, robotarm presser hjul mot deksel.
Mulig Løsn: magasin med deksel, robotarm plasserer hjul i presse, og henter når ferdig.
 - Problem: kulelager, avstandsstykke, aksling og starlock. vanskelig å montere.
Mulig Løsn: Jigg med magasin for alle smådelene og inngang for Gaffel. Magasin bruker tyngdekraft. Vertikal mot horisontal plassering må tas stilling til. Se FinalJigg.skp.
 - Problem: Presse alle delene sammen til et sluttprodukt. Aksling og starlock.
Løsn: ingen foreløpig.

14.01

- Karoline tok en tur til Stokke for å ordne et par ting, litt informasjons innhenting. Fikk noen tekniske tegninger.
- Daniel utviklet jig-konsepter til montering. Leste om ulike robotklyper.
- Andreas leste mye om robotarm/deler

15.01

- Daniel 3t for sein 60kr i bot

- Jig-konsept klart, men må godkjennes av hele gruppen.
- Innkjøp av kulelager med distansestykke.
- karoline informasjons innhenting, mhp testing.
- Andreas, jobbet med roboten. Leste seg op på kommunikasjon og programmering.

16.01

-Gjennomgang av produksjonslinje-konsept.

- ForkJig, har noen sorte hull, mulig aktuatorer må til. Dette fordi man får ikke ned friksjons-spor-delen med ren kraft. Hadde gått om den ble redesignet, ikke mye som skal til her, men nå må vi benytte 1-2 aktuatorer.
 - WheelJig, ble ikke funnet noen svakheter ved design. Ble diskutert om det er mulig å implementere sensorer for kvalitetssikring mhp rundhet, uvist om skum kan testes. Robotarmen kan muligens ta den biten.
 - AssemblyJig, ok desgin, men magasinene er ikke optimale. Blir blandt annet "klikk" i akslingmagasin. Starlock-magasin er ikke det så vanskelig med, men noe må gjøres der å.
- Research ble gjort på robotarm og lineære aktuatorer. Hydraulisk er utelukket, men elektrisk og pneumatisk er aktuelle, spesielt sistnevnte. Vi trenger ikke mye Force eller nøyaktighet, så det heller mot pneumatisk styring av Jigene. Interessante nettsteder:
- <http://www.directindustry.com/>
<http://www.airtechnics.co.uk/cmsIndex.php>
<http://www.brammer.co.uk/>
http://osmtec.en.frbiz.com/group-motors/35501838-nema_23_linear_actuator.html
http://www.electrocraft.com/products_print/linearactuator/APPS17
<http://www.skf.com/group/index.html>

- Testet 2-finger-gripper fra Robotiq. Kjører over serielt grensesnitt, med modbus som kommunikasjonsprotokoll.
- Framdriftsrapport oppdatert for uke 3.

19.01

- Daniel: lette etter på nettet etter flere typer sylindere. MetalWork Pneumatics virker veldig lovende, det samme gjør Norgren(Dansk). Norsk distributør Servi Group. Ble ferdig med å gjøre WheelJig designet klar til printing. Delte jig'en opp i flere biter pluss la til noen spor i kossene (pusslespill). Startet med å printe en av veggene/magasinene. Startet med å gjøre AssemblyJig klar til printing. Noe mer fintenking her.
- Andreas: leste gjennom et kompendie på robotarmen og skrev om gripere.
- Karoline: redesignet den mulige løsningen til Gaffeljiggen. Vi vil teste om vi klarer å presse friksjonsdelen på plass ved å tvinge klipsene vinkelrette. Hun kontaktet også stokke for å få mer info angående hvor mange newton starlock'en og "jackplug-akslingen" skulle tåle. Dette var henholdsvis 500N og 1-1200N. Rapport medfulgte.
- Daniel/Karoline: Brukte newtonmeter til å sjekke sånn ca hvor mange newton det ta for å presse kulelagerene på plass. Lå på 50N på ytersiden og 100N på innsiden. så et totaltrykk på 150N er rundt det aktuatorene må klare på det minste.

20.01

- Daniel og Andreas Syk. Daniel satt på ny 3d Print.
- Karoline installerte ting på Linux Ubuntu

21.01

- Foreles heile dagen

22.01

-Lagde powerpoint til dagens forles/framføring.

23.01

-Satt oss på biblioteket. Relativt ineffektive tima.

-kl 15:00 var vi på stokke og fikk omvisning. Det ble da bestemt at vi flyttet prosjektet til deres lokaler, da de har alt vi trenger.

24.01

- Daniel: forsatte å finne formelen til perfekt 3d printing. Smart Extruder ble tett, måtte reparere.

- Karoline: forbedret GaffelFriksjonsdelJig designet. ++ nokke anna.

25.01

- Daniel: samme som dagen før. Sliter fortsatt med Curl/Warping

26.01

-Designet til karoline funkete denne gangen. Robotarmen kan nå med ren kraft tvinge friksjonsstykket på plass.(lykke!!)

-Avtalekontrakt med skolen ble skrevet ferdig

-Jakten på perfekt 3d print pågår ennå.

27.01

-Sendte mail til Norgren Norge, Servi Group Ulstein, Metalwork Pneumatics

28.01

-Rapport levert

29.01

-Foreles

30.01

-Foreles

02.02

-flyttet alt til STOKKE

-presentasjon omron/amatec

-forprosjekt arbeid

-3d-printing

03.02

-forprosjekt levert

-Vision-system bestilt

-næringslivdagen

04.02

-sendt stl til Inge og startet utbedring av ForkJig

-Karoline ferdig med russki

05.02

-Biltema (karoline og andreas)

-sammenslåing av prosjekt gjengebasertlåsing og våres bachelor

06.02

-Wheeljig pulverprintet

09.02

- Møte på stokke angående å bytte ut starlock
- forberede aksling med gjenger til test med xplory og scoot

10.02

- Research screw-actuator
- Avtalt med Mausavåg-pneumatic møte på skolen
- Interessante nettsider:

<http://www.deprag.com/en/screwdriving-technology/products/screwdrivers/stationary-screwdrivers/stationary-screwdriver-pneumatic/micromat-stationary-screwdriver.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=QCPzmYHh0uk>

<http://www.atlascopco.no/nono/products/monteringsverkt%C3%B8y/3508375/2340769/>

11.02

- møte med ottar osen.
- konstruerte verktøy for gripper/deksel

12.02

- Forelesning

13.02

- Forelesning
- Input fra foreleser angående jig

16.02(Daniel og Karoline vekke)
ingenting....

17.02(Daniel og Karoline vekke)

- Andreas var på stokke. Fikk satt av

18.02(Karoline vekke)

- Satt i gang vision-systemet og testet litt. Kom ikke fram til mye
- Forsatte med å danne et endelig design for ForkJig.
- Møte med Stig Holden angående pneumatikk. Han skal sende oss katalog. Vi sender han dimensjonene vi trenger så får vi det bestilt. De har ikke CAD filer. prisen ligger på rundt 300 pr sylinder. Ventilene ligger på ca det samme. Slang er ikke mye kostnader på. Vi bruker slange klemmer for å justere hastigheten.
- Fant en Desoutter SD140-1AM510-S4Q på skolen. Dette er en Pneumatisk skrutrekker, veldig god.

19.02

- Kulelager med avstands-stykke har kommet.
- Fikk satt Desoutter i bruk og den funkete fint på gjengsystemet. Uvist hvordan man stiller moment ennå.
- Andreas klarte å få på dekslet ved hjelp av verktøyet som ble pulverprintet. Han startet også med å legge inn baner til proto-jig
- Lette etter feeding-system til gjengsystemet. Dette er et problem/nøtt. Må mest sannsynlig designe noe selv.
- Et nytt konsept for assembly ble startet (liggende assembly), mht matingen av gjenge komponenter.

- ForkJig må forbedres. Et konsept med mating er igangsatt. Problem/nøtt er fjæren og friksjonsbremsen. fjæren er liten og det skal høy presisjon til for å få friksjonsbremsen ned i sporet.

20.02

- Tekniske problemer på Daniels maskin. Ble ordnet i løpet av dagen.
- Andreas startet python-code som han kan styre robotarmen i fra

23.02

- Hjemmedag/Rapportskrivingn

24.02

- Rapportskriving

25.02

- Vision + skjerm kjørt ut til stokke.
- Rapportskriving

26.02

- Hjemmedag/Rapportskriving

27.02

- Rapportskriving.
- Møte med Stokke angående mål med prosjektet og Vri-prosjektet.
- Lastet opp videoer til BOX-stokke.

02.03

- Møte med Reodor Felgen. Jig-utvikling.
- Led-striper, strømforsyning og plexiglass fra hials. Skal brukes til å lage lys-settings til vision.
- 2 nye Assembly konsept videreutviklet.

03.03

- Jobbet videre med konsept på assemblyjig. Fant en mulig måte å fore akslinger.
- Sendt en del mailer rundt. Atlas Capco og Desoutter Norge levrander angående foring.
- Led plexiglass og strømforsyning ble medbragt til stokke.
- Roboten klarer å plassere friksjonsbrems i pasningen på gaffeljiggen. Jippi!

04.03

- Assemblyjig under utvikling
- Andreas ROS

05.03

- Assemblyjig under utvikling
- Andreas ROS

06.03

- Assemblyjig under utvikling, vi valgte Karolines løsning.
- Andreas ROS

09.03

- StyringsGruppeMøte.
- Prisantydning fra Stig Holden
- Andreas ROS

10.03

- Startet å konstruere lysplaten til vision
- Sylindere og Ventiler bestilt. 2 ukers leveringstid.
- Andreas ROS

11.03

- MasterDag Hials
- Bolter/aksling hentet. Twix levert i bytte

12.03

- Forelesning.

13.03

- Lean-Games

16.03

- LED RGB lysbrett ferdig
- Andreas ROS

17.03

- Plate ankommet.
- Vision testing.
- Andreas ROS

18.03

- Plate montert og robotarm sentrert.
- alt elektrisk ble ryddet opp og satt på plass. drillet hull gjennom box for å dra ut ledning til UR-Pad, ethernet og skjøtledning.
- Andreas ROS

19.03

- Tilbakemelding i System-faget.
- Vi må redesigne en del jigger.
- Andreas ROS

20.03

- Framstilt WheelJig 2.0 og sendt til print. Arduino bracket også sendt til print.
- Feste til UR-Pad ble laget og implementert til platen.
- Andreas driver med ROS forsatt.

23.03

- Skolen, Framføring.

24.03

- Online Programmering.
- finpussing på wheeljig

25.03

- Vision
- Viste CEO hva vi holdt på med
- Online programmering.

26.03

- Reiste til Tr.heim

27.03

- Møte/omvisning med Sintef/NTNU

30.03

- Online programmeringen har blitt mer effektiv etter møtet med NTNU.
Kan nå sette på deksel og slå i kule lager på kort tid.
- sylindere og ventiler ankom.

31.03

- satt sammen pneumatikk og koblet til robot IO
- Online programering.

01.04

- Skalering på WheelJig, samt fiksturer til sylindere og verktøy til stemplene.
- karo har jobbet med business-case i snart 3 uker

Vedlegg 5 Møtereferater

Møtereferat veildermøte AIR

Møte 1

Dato: 11.02.15, kl 10.30-11.00 ved HIALS F425

Tilstede: Daniel Tafjord, Karoline Strand, Andreas Paulsen & Ottar Osen

- Forprosjektrapport og GANTT ok
- Møterutiner - gruppen er tilgjengelig mandager 9-1130 på L101. Ottar stikker innom mandager før lunsj, samme som POD.
- Rapporteringsrutiner - Ottar vil ha mail med fremdriftsrapport annenhver uke. Eventuelt lagt opp i OneDrive folder??
- Ottar har kontakt med person med god erfaring på å bygge maskiner/automatisere. Maskinbygger. Enighet om at vi i gruppen gjerne vil ha kontakt på et senere tidspunkt i prosjektet. Kan benytte oss i tilfelle vi stopper opp ved problem, men også god feedback uansett oppdaget problem eller ikke.
- Blir satt opp i kontakt med annen bachelorgruppe som skriver oppgave for RR på automatisert montering av propellhode. Møter disse i etterkant av møtet. Deler erfaring og ser at vi har mye likt i oppgaven, vil holde kontakt. Bør kanskje få i stand et møte der de kommer og ser vår demo. Må forhøre oss med veileder Stokke, muligens problematisk å kunne komme til pga konfidensialitet. Kun automasjonsstudenter.

Vedlegg 6 Materialdatablad PA2200

Material data sheet

PA 2200

1 General

Typical applications of the material are fully functional parts with high end finish right from the process, which easily withstand high mechanical and thermal load.

PA 2200 is suitable for processing on the following systems:

- EOSINT P 730, P 700
- EOSINT P 390, P 385, P 380i, P 380, with or without powder conveying system
EOSINT P 360 with upgrade S&tP, P 350/2 with upgrade 99 and upgrade S&tP
- FORMIGA P 100

2 Technical data

General material properties

Average grain size	ISO 13320-11	56	µm
	Laser diffraction	2.20	mil
Bulk density	EN ISO 60	0.45	g/cm ³
Density of laser-sintered part	EOS method	0.93	g/cm ³
		58	lb/ft ³

Mechanical properties

Tensile modulus	EN ISO 527	1700	MPa
	ASTM D638	247	ksi
Tensile strength	EN ISO 527	48	MPa
	ASTM D638	6962	psi

Material data sheet

Elongation at break	EN ISO 527	24	%
Elongation at break	ASTM D638	24	%
Flexural modulus	EN ISO 178	1500	MPa
	ASTM D790	217	ksi
Flexural strength	EN ISO 178	58	MPa
	ASTM D790	8412	psi
Charpy - Impact strength	EN ISO 179	53	kJ/m ²
Charpy - Notched impact strength	EN ISO 179	4.8	kJ/m ²
Izod - Impact strength	EN ISO 180	32.8	kJ/m ²
Izod - Notched impact strength	EN ISO 180	4.4	kJ/m ²
Ball indentation hardness	EN ISO 2039	78	N/mm ²
Shore D - hardness	ISO 868	75	-
	ASTM D2240	75	-

The mechanical properties depend on the x-, y-, z-position and on the exposure parameters used.

Thermal properties

Melting point	EN ISO 11357-1	172 - 180	°C
Vicat softening temperature B/50	EN ISO 306	163	°C
	ASTM D1525	325	°F
Vicat softening temperature A/50	EN ISO 306	181	°C
	ASTM D1525	358	°F

The data are based on our latest knowledge and are subject to changes without notice. They do not guarantee properties for a particular part and in a particular application.

© 2008 EOS GmbH – Electro Optical Systems. All rights reserved.

Vedlegg 7 Oppgavebeskrivelse

Bacheloroppgave for AMO/AIR studenter våren 2015

Robotproduksjon av hjul til barnevogn

Stokke AS vil se på muligheter for å automatisere produksjon og kvalitetssikring av eksisterende produkt. Fremhjullssammenstillingen på barnevognen SCOOT er valgt som ønsket pilotprosjekt.

Case: Automatisere montering og kvalitetssikring av fremre hjul ved barnevogn. Oppgaven må løses innenfor flere fagområder skal en få dette til.

Utfordringer:

1) Kvalitetssikring

- 1a) Robotcellen bør kunne utføre et utvalg av følgende tester
- Pulltest på overstøpt aksel
 - Måle lengde overstøpt aksel, kritisk dimensjon
 - Fjørstyrke i friksjonsbrems for å sjekke korrekt montering og riktig spesifisering fjørstyrke
 - Pulltest star-lock, sjekke korrekt montering
 - Rundhet dekk
 - Hardhet gummidekk (shoreverdi)
 - Korrekt deformasjon i hjul
 - Måle vekt, avdekke underkjent materialkvalitet eller feilproduksjon

1b) Bestemme fornuftige krav for nevnte tester. Vurdere testbarhet

2) Design for manufacturing

2a) Vurdere hvorvidt redesign av komponenter er fortjenelig for å tilpasse produkt til robotmontering/testing.

2b) Sammenstillingen er høyre-/venstreorientert, kan dette løses på en bedre måte?

2c) Materialoptimalisering i plastkomponenter

3) Kostnader

- 3a) I Kina blir komplette produkt sendt videre til tre varehus i henholdsvis Nederland, Hong Kong og USA. Derfra går de ut til forhandler eller sluttkunde. Ved automatisering av prosess kan man legge til rette for endring av en push til en pull produksjon.
- 3b) Reklamasjonsreduksjon ved forbedret kvalitet.

4) Montering

Høyre-/venstreorientert sammenstilling

5) Fleksibilitet

Automatisering vil gi større mulighet ved innkjøp av enkeltkomponenter.

6) Tracking, lagring av dokumentasjon

Fagområder	Kommentarer	Stikkord
Programmering av roboter	AIR	Test, dokumentasjon
Manufacturing/jigger	AMO/AIR	
Robot accessories	AMO/AIR	Utstyr for å muliggjøre test og montering. Se på kostnad?
Kunstig intelligens roboter	AIR	Bildebehandling,

Vedlegg 8 Prosjektplakat

Automatisert montering av fremhjulsammenstilling

Karoline Strand
karoline.strand@stud.hials.no

Daniel Tafjord
daniel.skuseh.tafjord@stud.hials.no

Andreas Paulsen
andreas.sorheim.paulsen@stud.hials.no

Stokke AS vil se på muligheter for å automatisere produksjon og kvalitetssikring av eksisterende produkt. Fremhjulsammenstillingen på barnevognen Scoot er valgt som pilotprosjekt.

Manuell montering
I dag er monteringen manuell og tar 280 sekund per hjulsett



Operatør VS. Industriell robot

Operatørens styrker

- Kognitive evner
- Tilpasningsdyktig
- Evne til å improvisere

Robotens styrker

- Høy hastighet
- Høy kraft
- Repeterbar
- Konsistent kvalitet

Operatørens begrensninger

- Moderat hastighet
- Moderat kraft
- Svak repeterbarhet
- Inkonsekvent kvalitet

Robotens begrensninger

- Ingen kognitive evner
- Ingen selvstendige bevegelser
- Moderat rekkevidde

Bakgrunn

Styringskanter

Alle komponentene i produktet har få avgrader og styringskanter som kan hjelpe en robot i monteringen..

Snap-fit

Snap-fit er en monteringsløsning som er en del av produktet. Man presser gjerne sammen deler uten bruk av andre festemidler. Små deler med denne type montering betyr at robotarmen har et veldig lite areal å gripe på.

Kvalitetssikring

For å sikre en god produksjon må en ha kvalitetssikring av monteringen. En utfordring her er metoder og bruk av sensorer.



Kognitive evner robot

En robot kan hverken se eller føle. Dersom innkommende deler ikke er av god nok kvalitet har ikke roboten uten videre mulighet til å korrigere dette i monteringen, eller avslå delene før montering.

StarLock

StarLock er en låsemetode hvor en presser på en kapsel med innvendige tenner som griper seg fast i akslingen. Denne låsemetode er noe ustabil å montere. Feil i montering innebærer høy risiko og denne metoden krever altså en form for kontroll under montering.

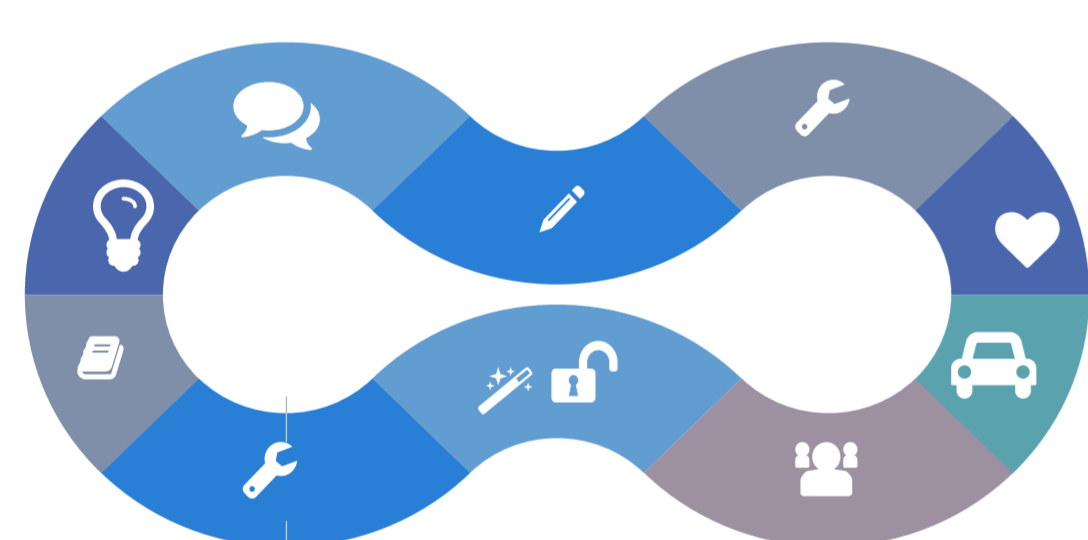
Mange deler

Produktet har i dag 11 komponenter, ved reduisering av komponenter har man mulighet til å senke takt-tiden i monteringen.

Prosess

Løsninger

The road to success



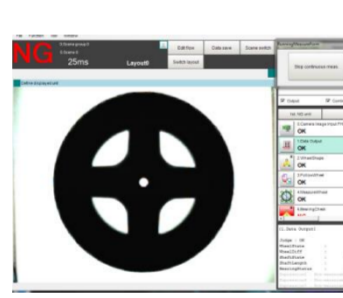
Feilsikre fiksturer

Fiksturer som er designet for å sikre korrekt montering uten bruk av sensorer.



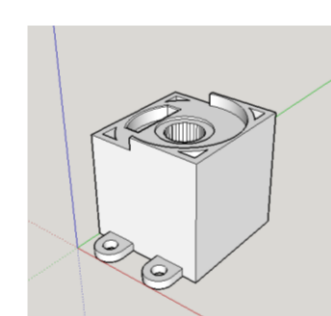
Redesign lager

Nye lager med forlenget innerring gjør distansestykker overflødig.



Vision-system

Ved bruk av Omron Vision system kan man for eksempel kontrollere rundheten på hjulet. I tillegg vil et Vision-system fungere som øyne for roboten og kontrollerer underveis i monteringen.



Fikstur for montering av snap-fit

Fremfor å la roboten knipe sammen friksjonsbremsen for å montere denne i gaffelen er knipingen nå lagt til en fikstur som holder og kniper sammen friksjonsbremsen.



Aksling med skru

StarLock byttes ut til fordel for en aksling med innvendige gjenger. For skrumontering finnes det i dag automatiserte løsninger med integrerte systemer som logger og kontrollerer kvaliteten.



Styringskanter

Flere styringskanter er lagt til, og eksisterende styringer er optimalisert for å gjøre monteringsoperasjoner for roboten med stabil.

Pilotcelle som helautomatisk monterer hjulet

Resultatet av prosjektarbeidet er en fullskala pilotcelle.

Pilotcellen inneholder følgende operasjoner:

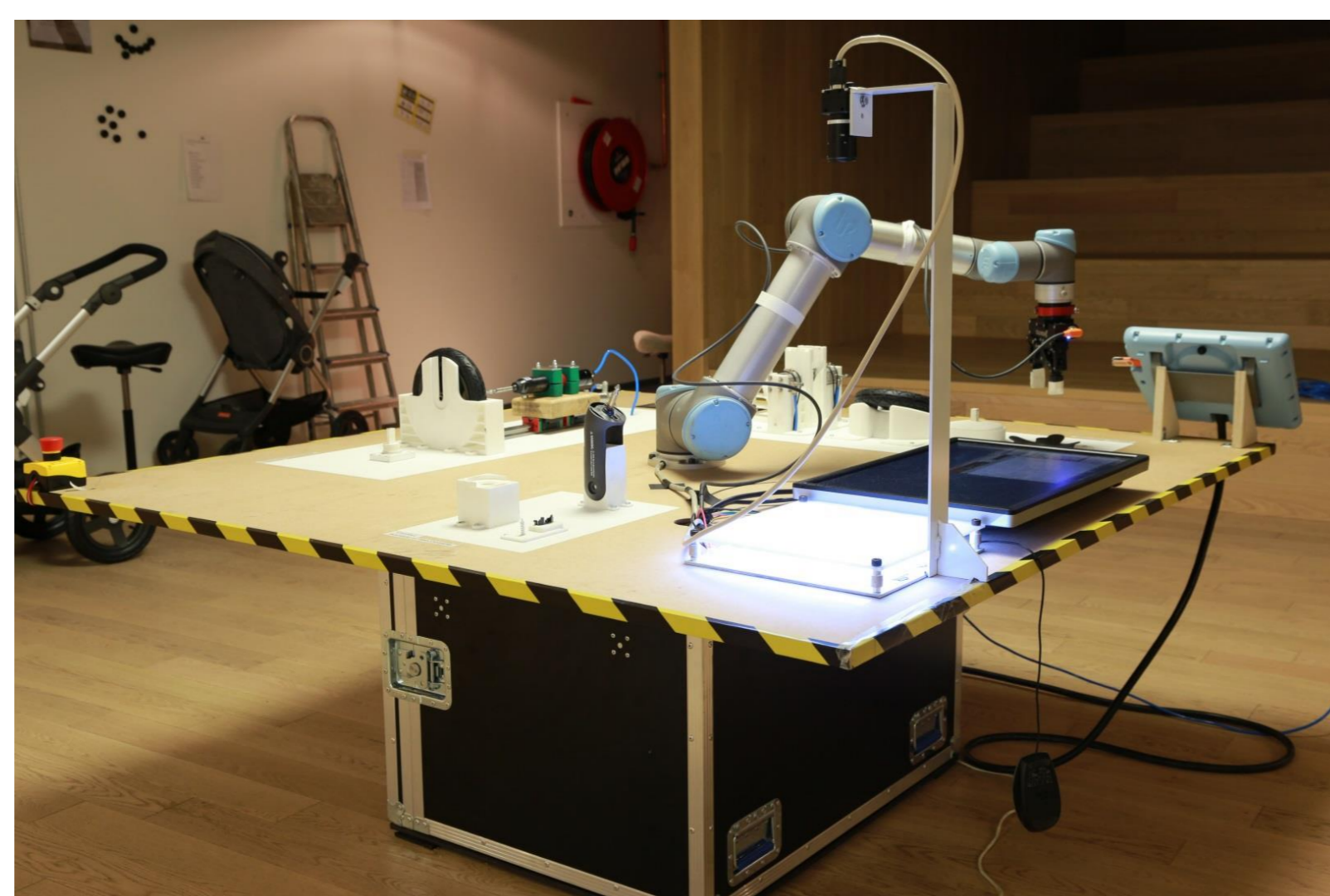
Stasjon 1: Lager- og dekselmontering

Stasjon 2: Montering av friksjonsbrems

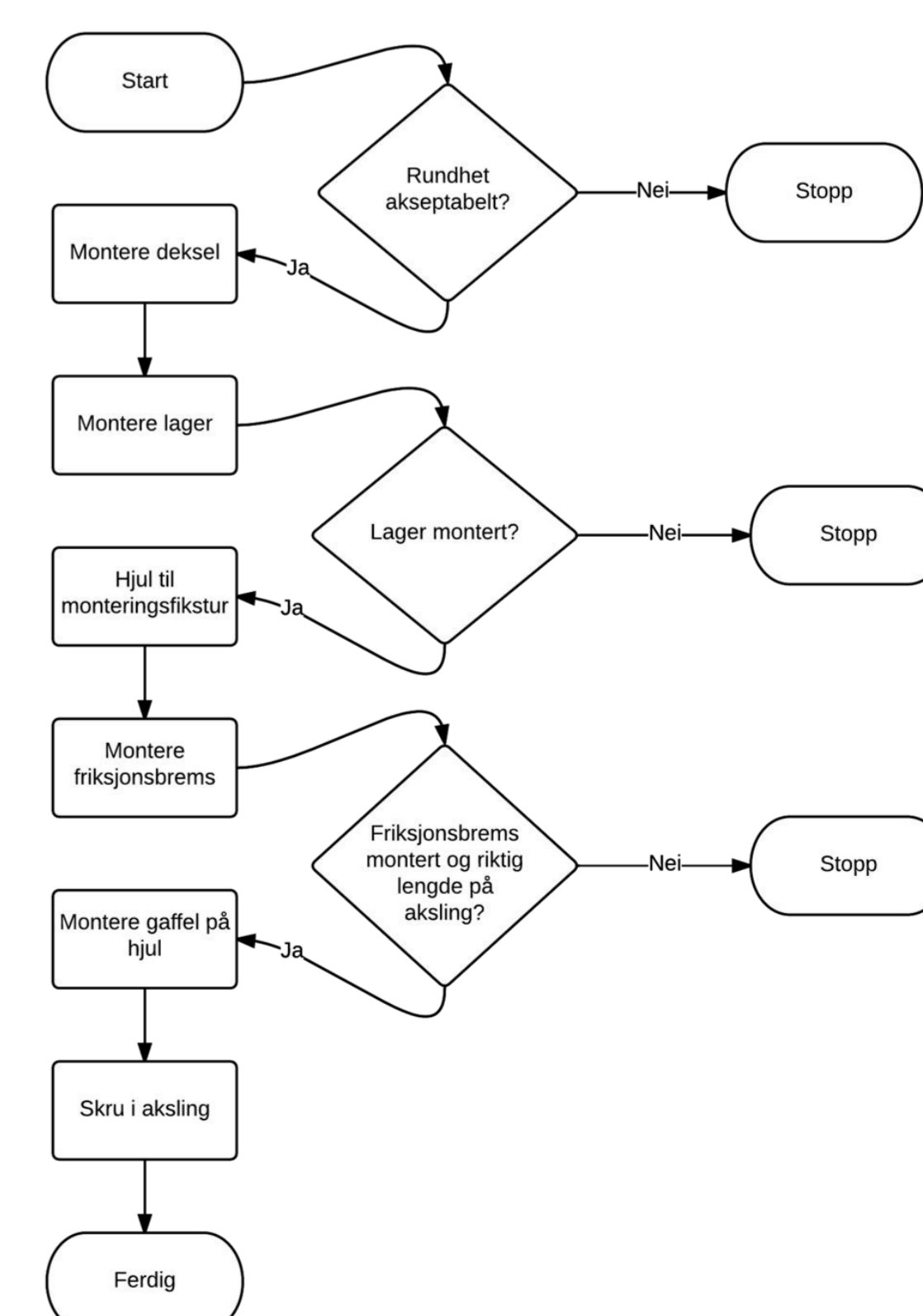
Stasjon 3: Montering av gaffel til hjul

Stasjon 4: Kvalitetssikring m/Vision

- Måling og godkjenning av rundhet
- Kontroll av korrekt lagermontering
- Kontroll av korrekt friksjonsbremsmontering
- Måling og godkjenning av lengde aksling



Pneumatiske sylindere blir aktivert og ved bruk av magnet-sensorer kan det detekteres når sylindren er igjort ut og trekt tilbake, roboten får deretter beskjed om når den kan hente hjulet ut av fiksuren.



Resultat

Se video!



Vedlegg 9 Tegning aksling

1

2

3

4

A

A

B

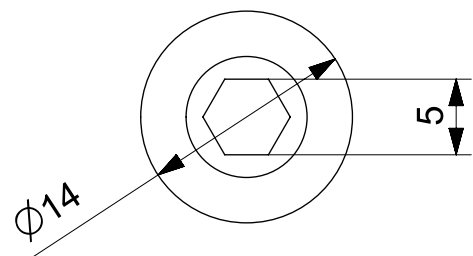
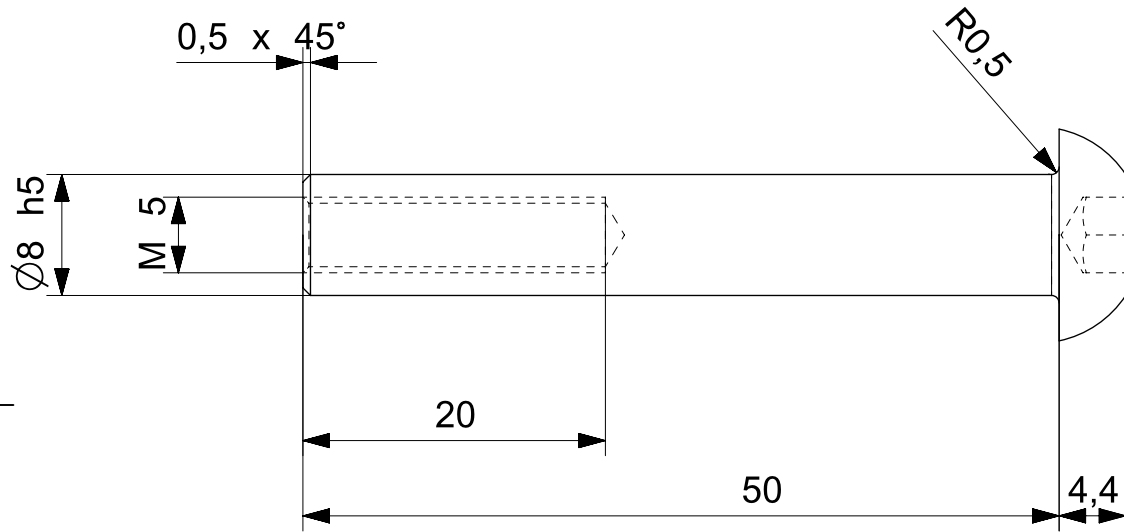
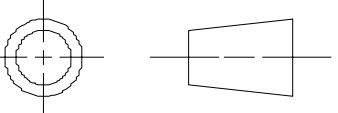
B

C

C

D

D



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	04.03.15
DRAWN BY	KS
CHECKED BY	
APPROVED BY	

TITLE		
SIZE	DRG NO.	SHEET REV
A4	skruminvendigegjenger_dwg1	A

ALL DIMENSIONS IN MM

SCALE 1:1 SHEET 1 OF 1

1

2

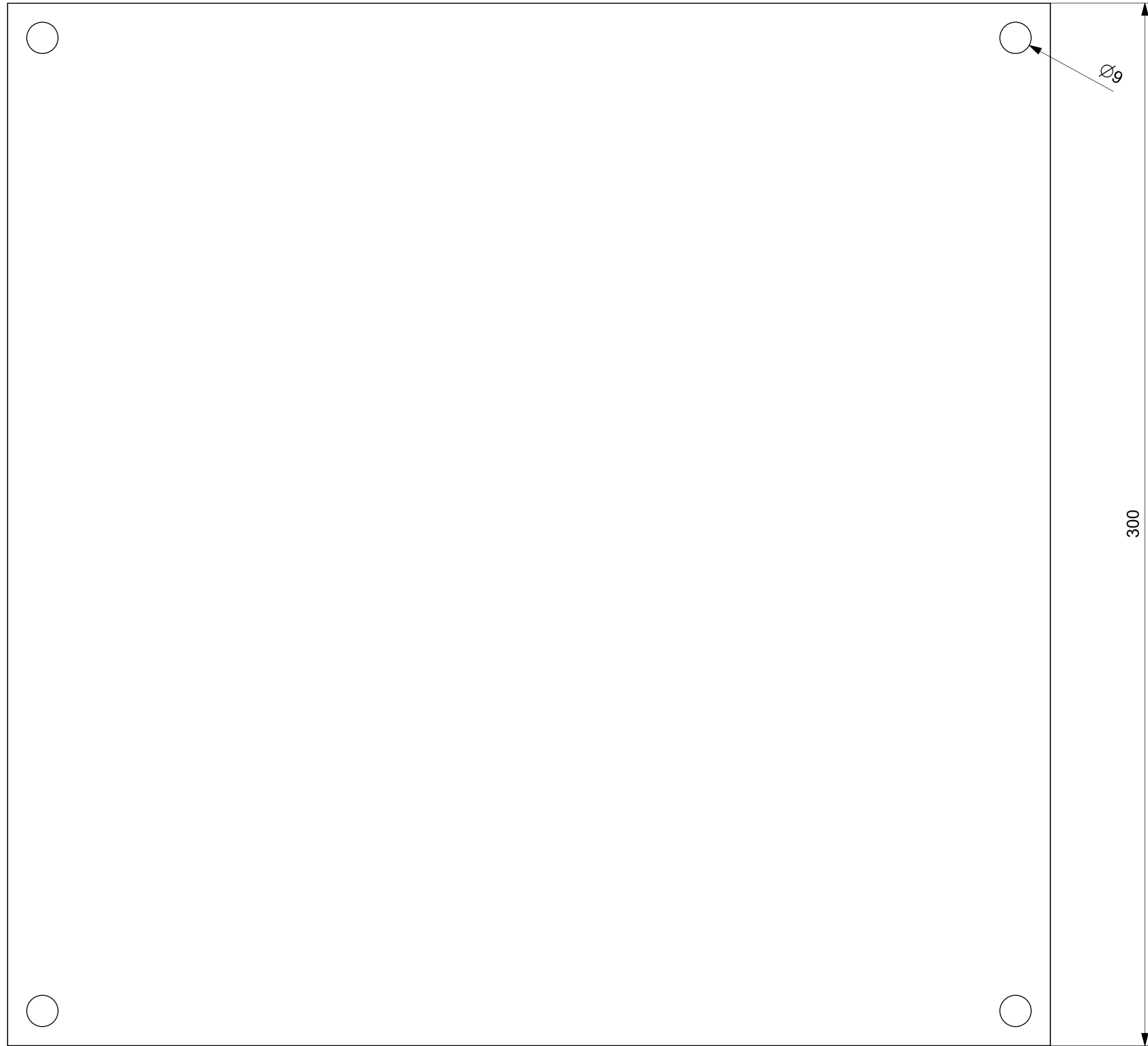
3

4

Vedlegg 10 Tegninger laserskjærte deler til kamerastasjon

Kommentar til tegninger

Disse delene blir fremstilt med laserskjæring og produksjonen trenger bare linjene på tegningen og informasjon om antall og material. Noen basismål er lagt til for at operatør skal kunne manuelt kontrollere de ferdige delene. Tegningene er altså tegnet utifra krav fra produsenten og er ikke oppført som en standard maskintegning. 3D-modellene er lagt ved på CD.D



Material: Konstruksjonsstål
Platetykkelse: 4 mm
Antall: 1
Skala 1:1

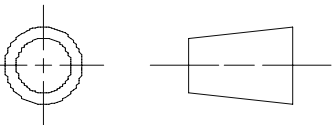
Karoline Strand, Stokke AS

1

2

3

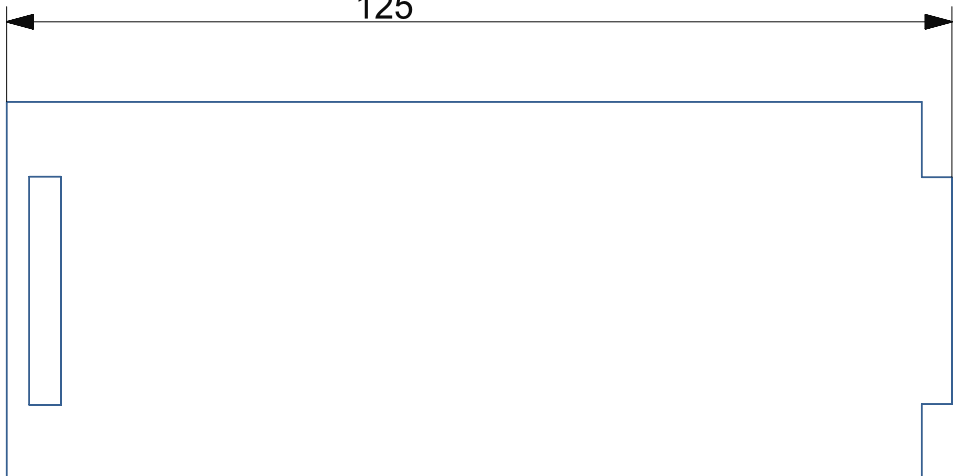
4



A

A

125



Material: Konstruksjonsstål
 Platetykkelse: 4 mm
 Antall: 1
 Skala 1:1

Karoline Strand, Stokke AS

B

B

C

C

D

D

<IMAGE=ID#0>		THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE		
FIRST ISSUED		TITLE		
DRAWN BY				
CHECKED BY				
APPROVED BY				
		SIZE	DRG NO.	SHEET REV
		A4	horisontaltstag_dwg1	A
		SCALE 1:1	SHEET 1 OF 2	

ALL DIMENSIONS IN MM

1

2

3

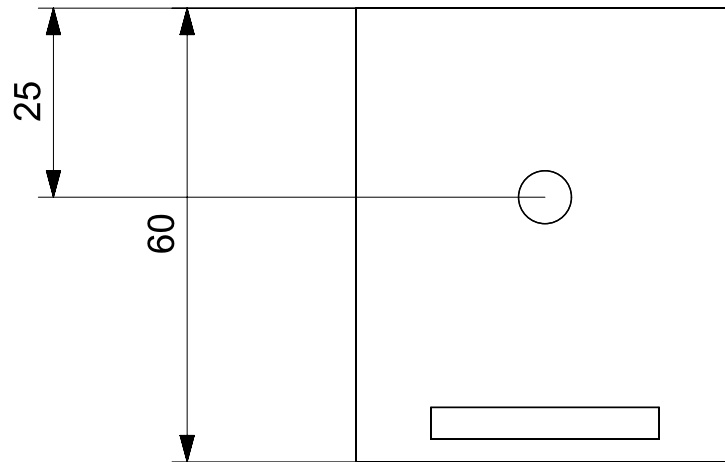
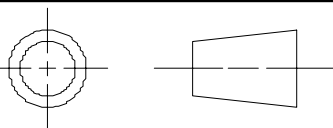
4

1

2

3

4



Material: Konstruksjonsstål
 Platetykkelse: 4 mm
 Antall: 1
 Skala 1:1

Karoline Strand, Stokke AS

SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
 TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED
 DRAWN BY
 CHECKED BY
 APPROVED BY

TITLE		
SIZE	DRG NO.	SHEET REV
A4	kamerafeste_dwg1	A
SCALE 1:1	SHEET 1 OF 1	

ALL DIMENSIONS IN MM

1

2

3

4

A

A

B

B

C

C

D

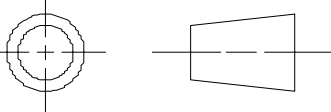
D

1

2

3

4

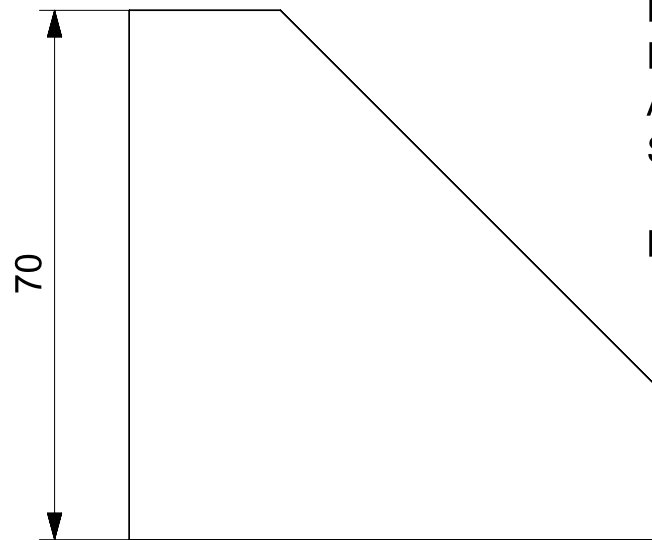


A

A

Material: Konstruksjonsstål
 Platetykkelse: 4 mm
 Antall: 2
 Skala 1:1

Karoline Strand, Stokke AS



B

B

C

C

D

D

SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
 TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	
DRAWN BY	
CHECKED BY	
APPROVED BY	

TITLE		
SIZE	DRG NO.	SHEET REV
A4	stotte	A
SCALE 1:1	SHEET 1 OF 1	

ALL DIMENSIONS IN MM

1

2

3

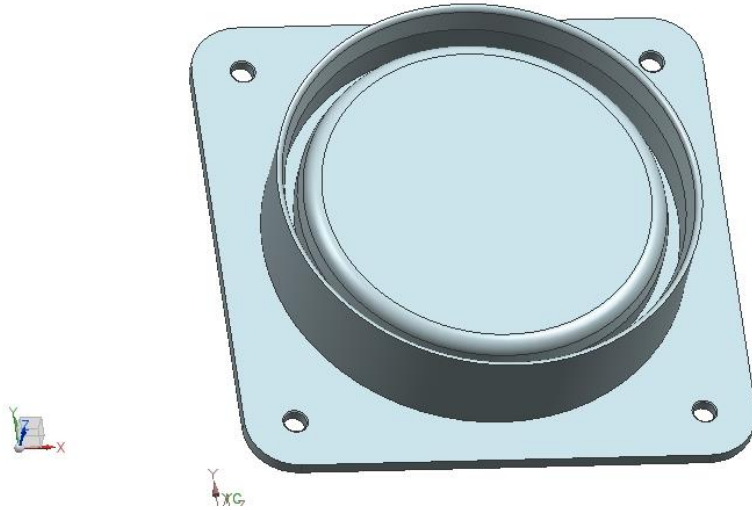
4

624

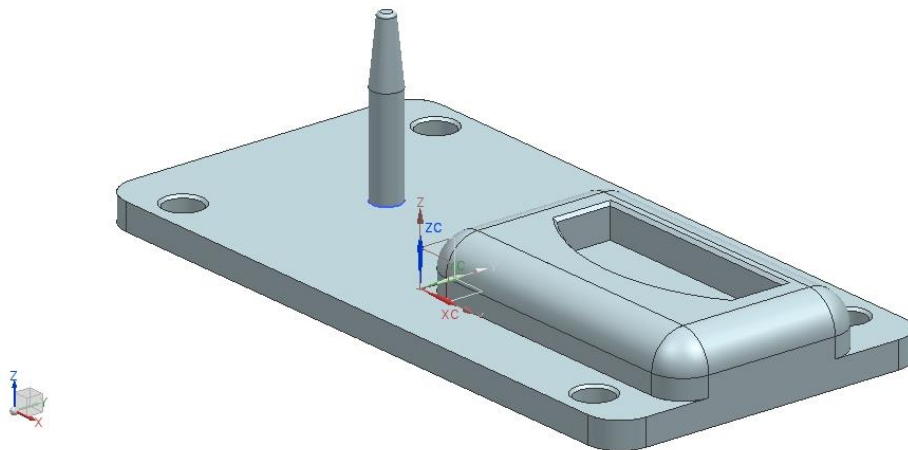
Material: Konstruksjonsstål
Platetykkelse: 4 mm
Antall: 1
Skala 1:1

Karoline Strand, Stokke AS

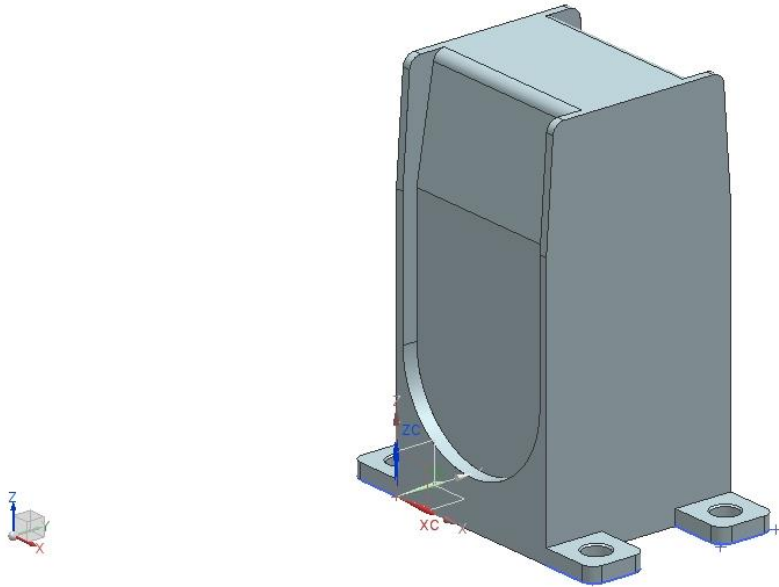
Vedlegg 12 Bilder av modeller fiksturer



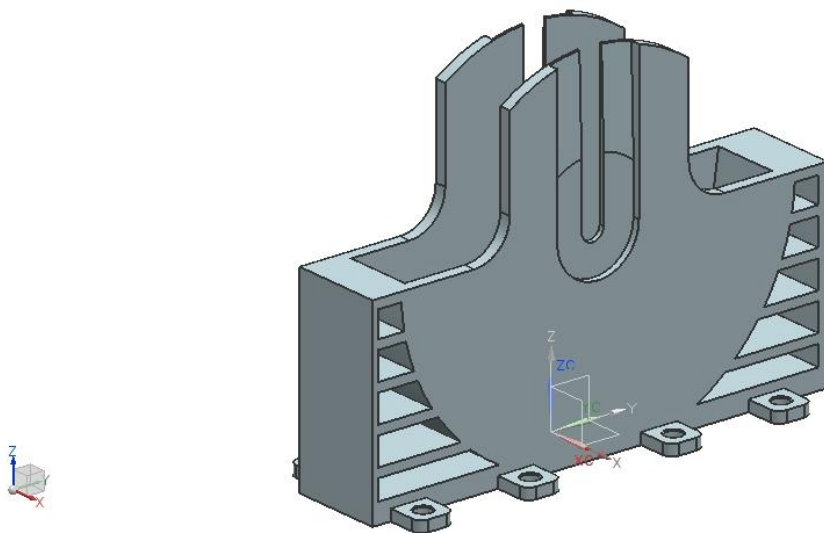
Figur 1 Holder til dekselmonteringsverktøy



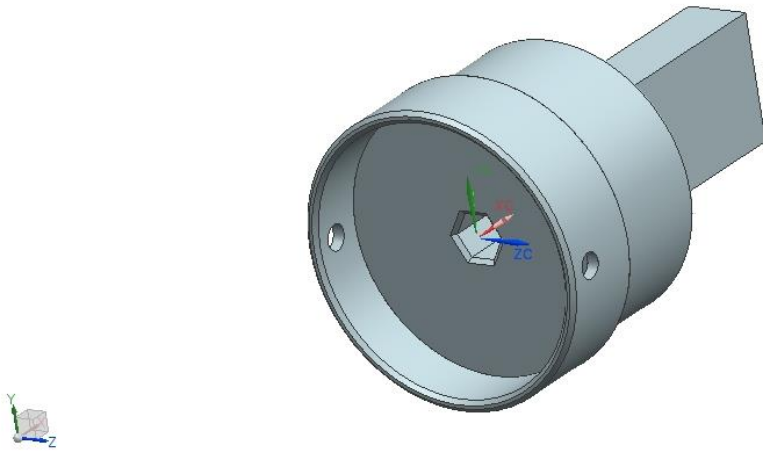
Figur 2 Holder til friksjonsbrems og fjær



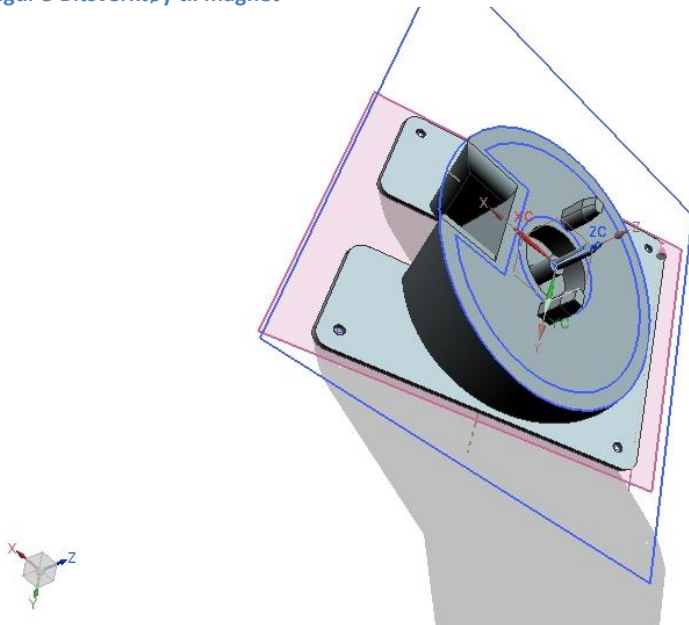
Figur 3 Holder til gaffel



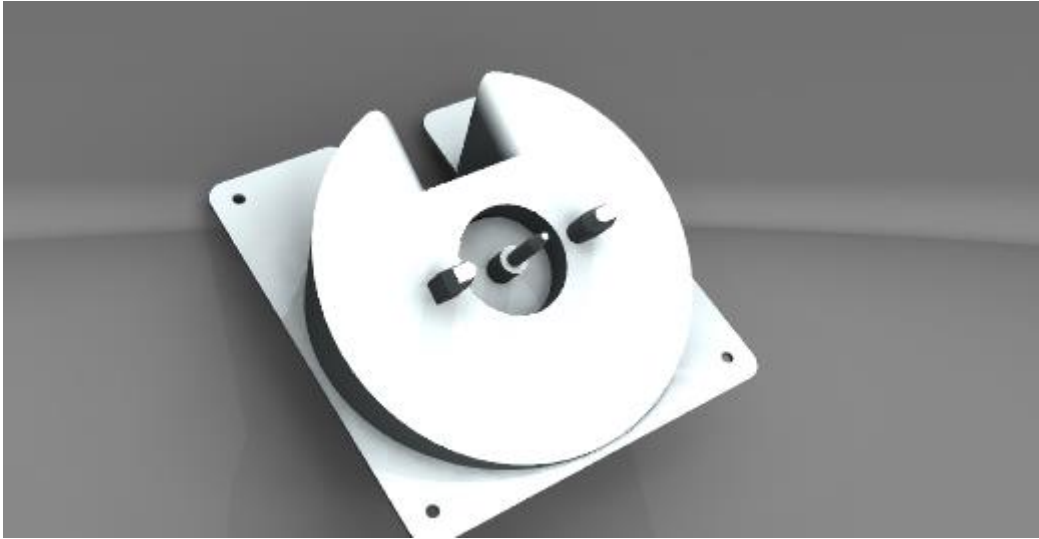
Figur 4 Fikstur for montering av gaffel til hjul



Figur 5 Bitsverktøy til magnet



Figur 6 Dekselmonteringsfikstur 1



Figur 7 Dekselmonteringsfikstur 2

ROBOTIC ASSEMBLY SCOOT FRONT WHEEL

PROSJEKTPRESENTASJON MAI 2015

ANDREAS PAULSEN, KAROLINE STRAND & DANIEL TAFJORD



HØGSKOLEN
I ÅLESUND



BAKGRUNN

Stokke AS ønsker å

- Øke konkurransedyktigheten
- Forbedre kvalitet
- Forbedre effektivitet
- Utforske ny teknologi

Pilot prosjekt er Stokke Scoot fremhjul

Valgt løsning som skal utforsker: montering med robot



PRODUKTET



1. Felg med dekk
2. Deksel
3. Gaffel med overstøpt aksel
4. Friksjonsbrems
5. Fjær
6. Lager
7. Lager
8. Distansestykke
9. Distansestykke
10. StarLock aksling
11. StarLock kapsel



DAGENS MONTERING

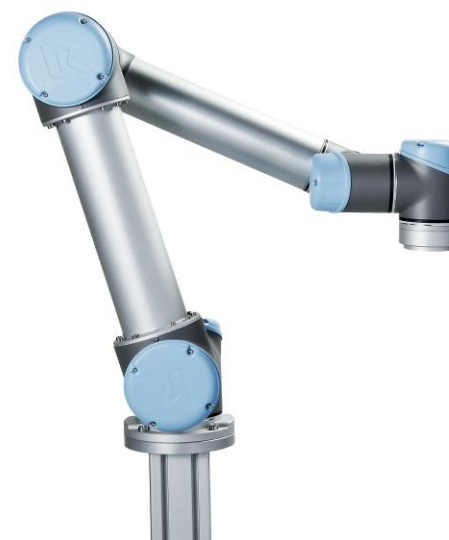
- Manuellt arbeid
- Total monterings tid: 280 sekund per sett fremhjul
- Utfordringer
 - Ustabil kvalitet
 - Reklamasjonsproblemer



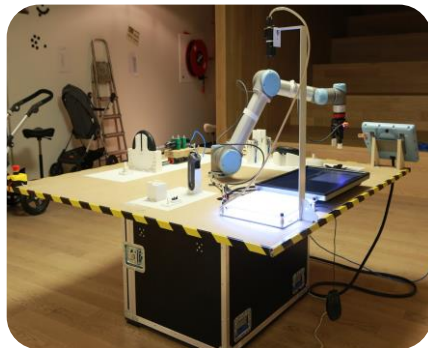
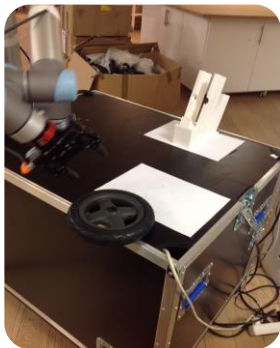
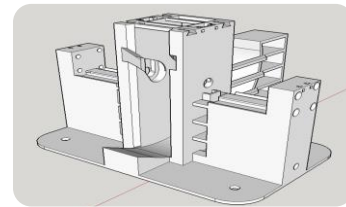
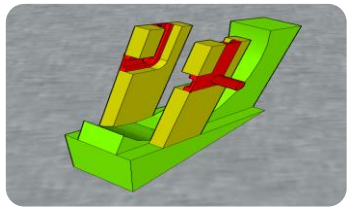
UTFORDRINGER VED ROBOTMONTERING

Utfordringer

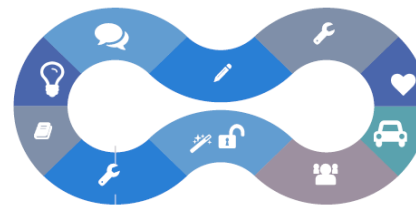
- Designutfordringer
 - Mange deler
 - Snap-fit
 - Få eller dårlige styringskanter
 - StarLock
- Monteringsutfordringer
 - Plast = ustabil kvalitet på innkommende deler
- Utfordringer med robot
 - Ingen kognitive evner eller syn



UTVIKLINGSPROSESSEN



The road to success



Forprosjekt

Konseptutvikling

Realisering



Feilsikre fiksturer

Fiksturer som er designet for å sikre korrekt montering uten bruk av sensorer.



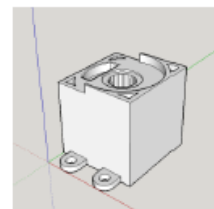
Redesign lager

Nye lager med forlenget innerring gjør distansestykker overflødig.



Vision-system

Ved bruk av Omron Vision system kan man for eksempel kontrollere rundheten på hjulet.. I tillegg vil et Vision-system fungere som øyne for roboten og kontrollerer underveis i monteringen.



Fikstur for montering av snap-fit

Fremfor å la roboten knipe sammen friksjonsbremsen for å montere denne i gaffelen er knipingen nå lagt til en fikstur som holder og kniper sammen friksjonsbremsen.



Aksling med skru

StarLock byttes ut til fordel for en aksling med innvendige gjenger. For skrumontering finnes det i dag automatiserte løsninger med integrerte systemer som logger og kontrollerer kvaliteten.



Styringskanter

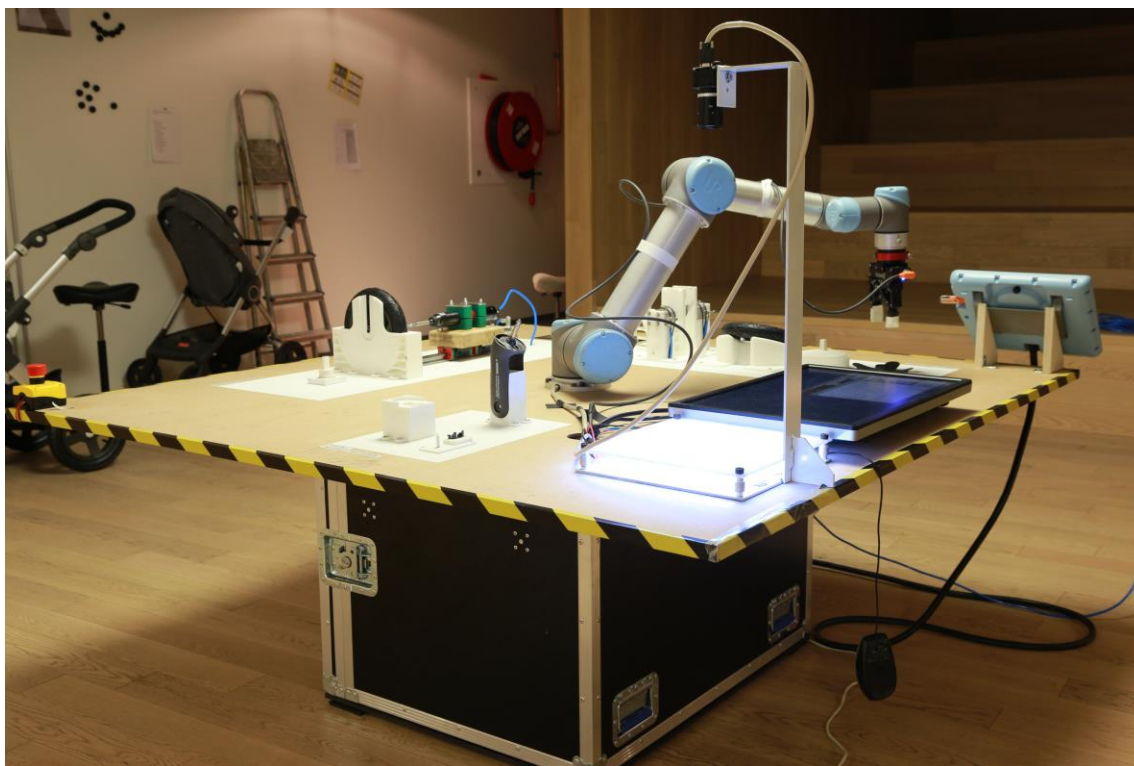
Flere styringskanter er lagt til, og eksisterende styringer er optimalisert for å gjøre monteringsoperasjoner for roboten med stabil.

PRODUKTET ETTER



1. Felg med dekk
2. Deksel
3. Gaffel med oversøpt aksel
4. Friksjonsbrems
5. Fjær
6. Lager med distansering
7. Lager med distansering
8. Aksling med innvendige gjenger
9. Skru

PILOT CELLE

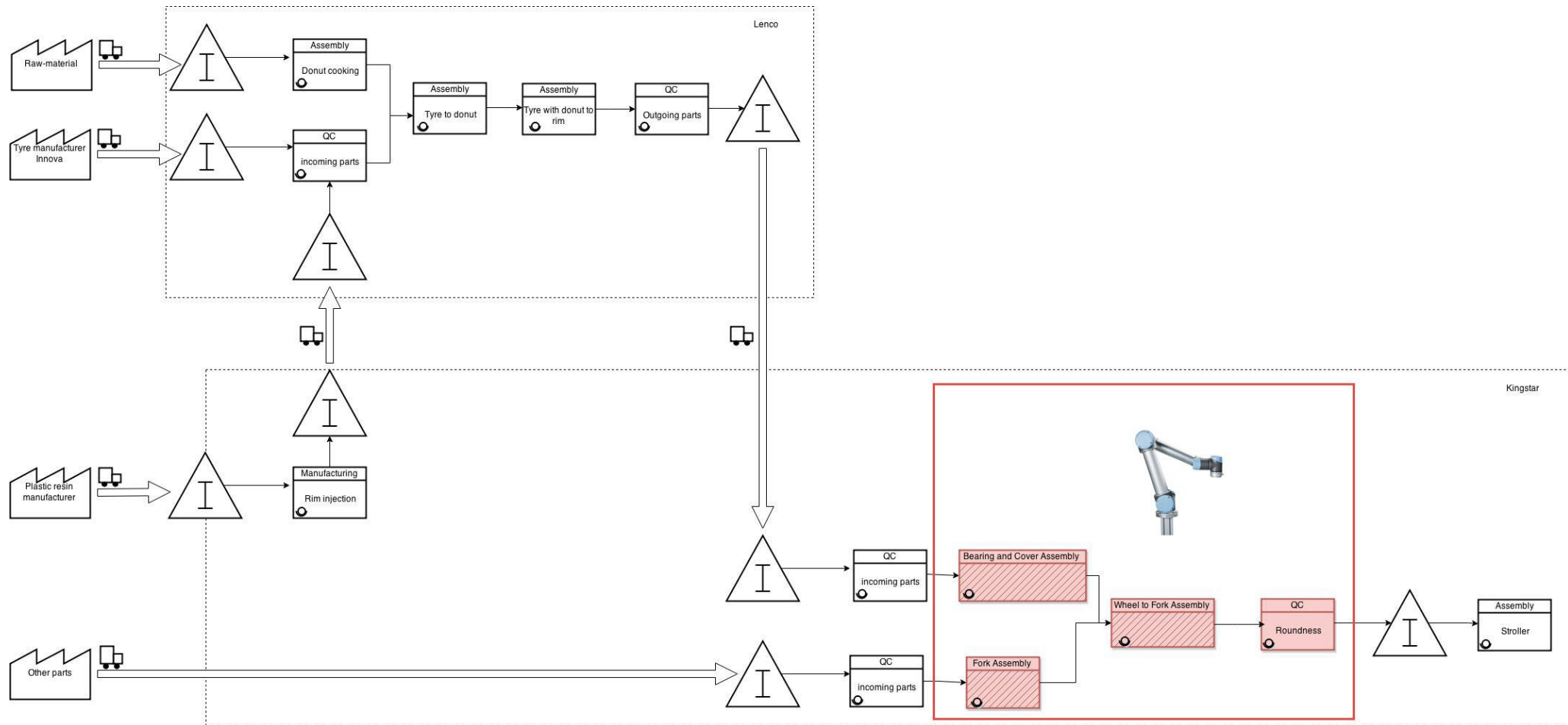


- Helautomatisk – ingen operatør
- Monterer alle komponenter
- Kvalitetskontroll
 - Rundhet hjul
 - Lengde overstøpt aksel
 - Kontrollerer monteringen
- Total monterings tid: 140 sek per sett fremhjulul

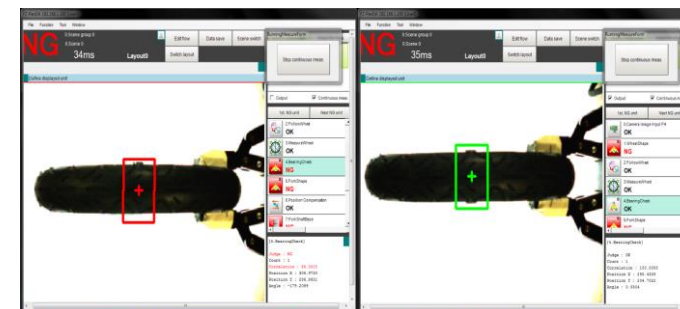
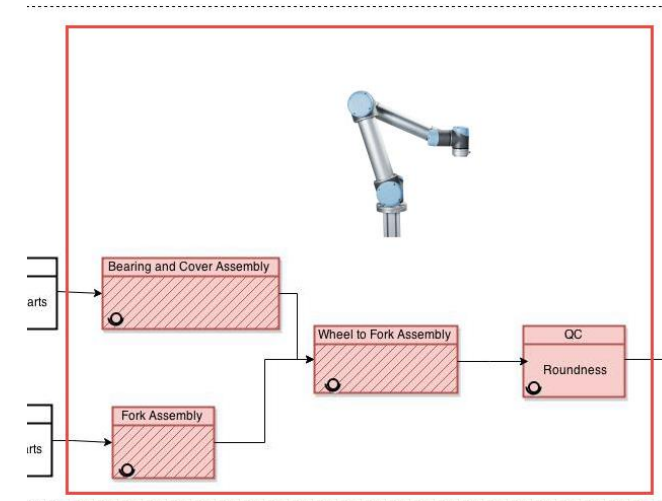
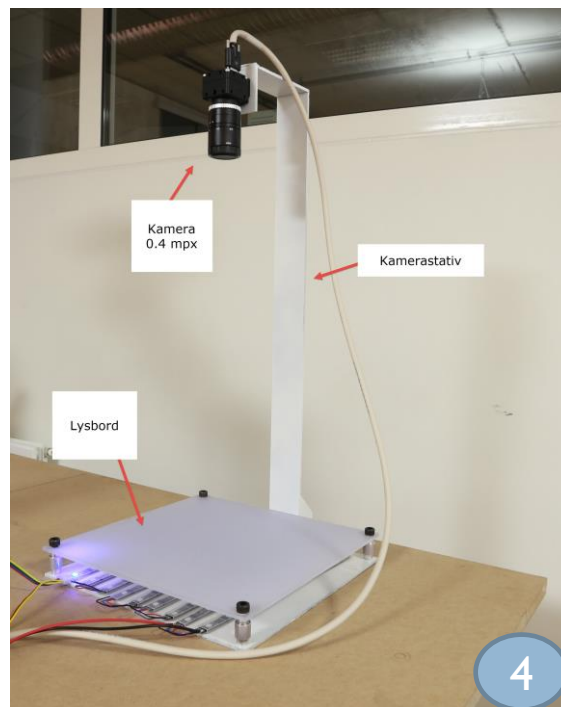
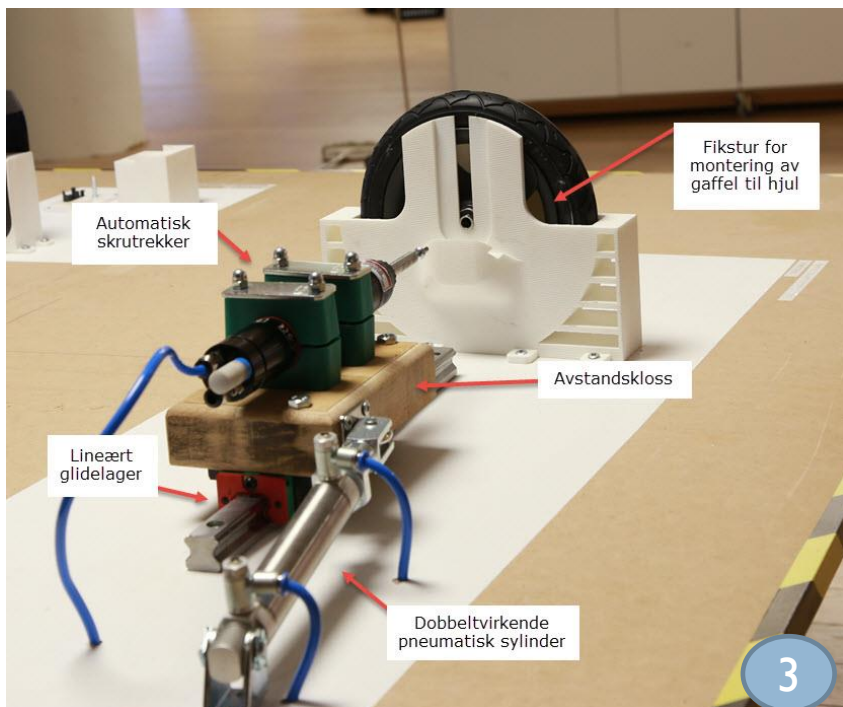
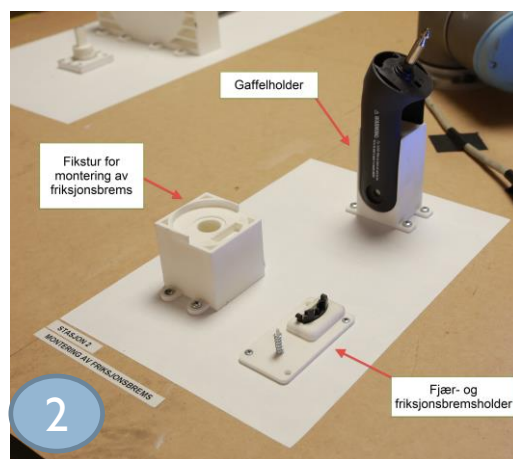
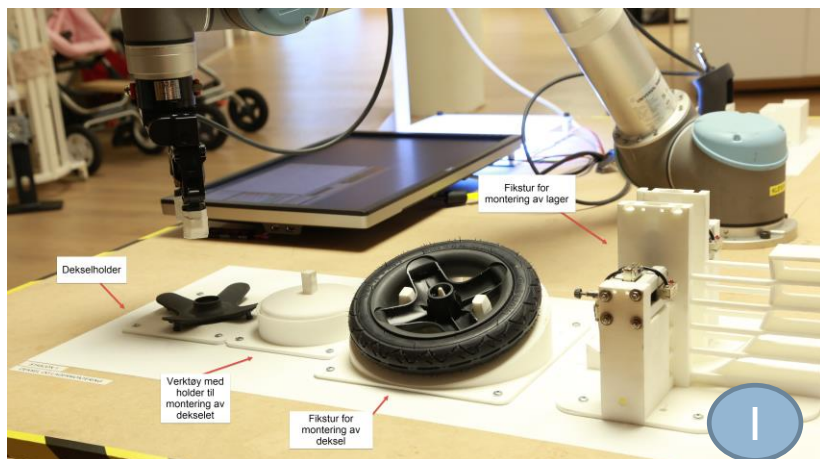
Utstyr

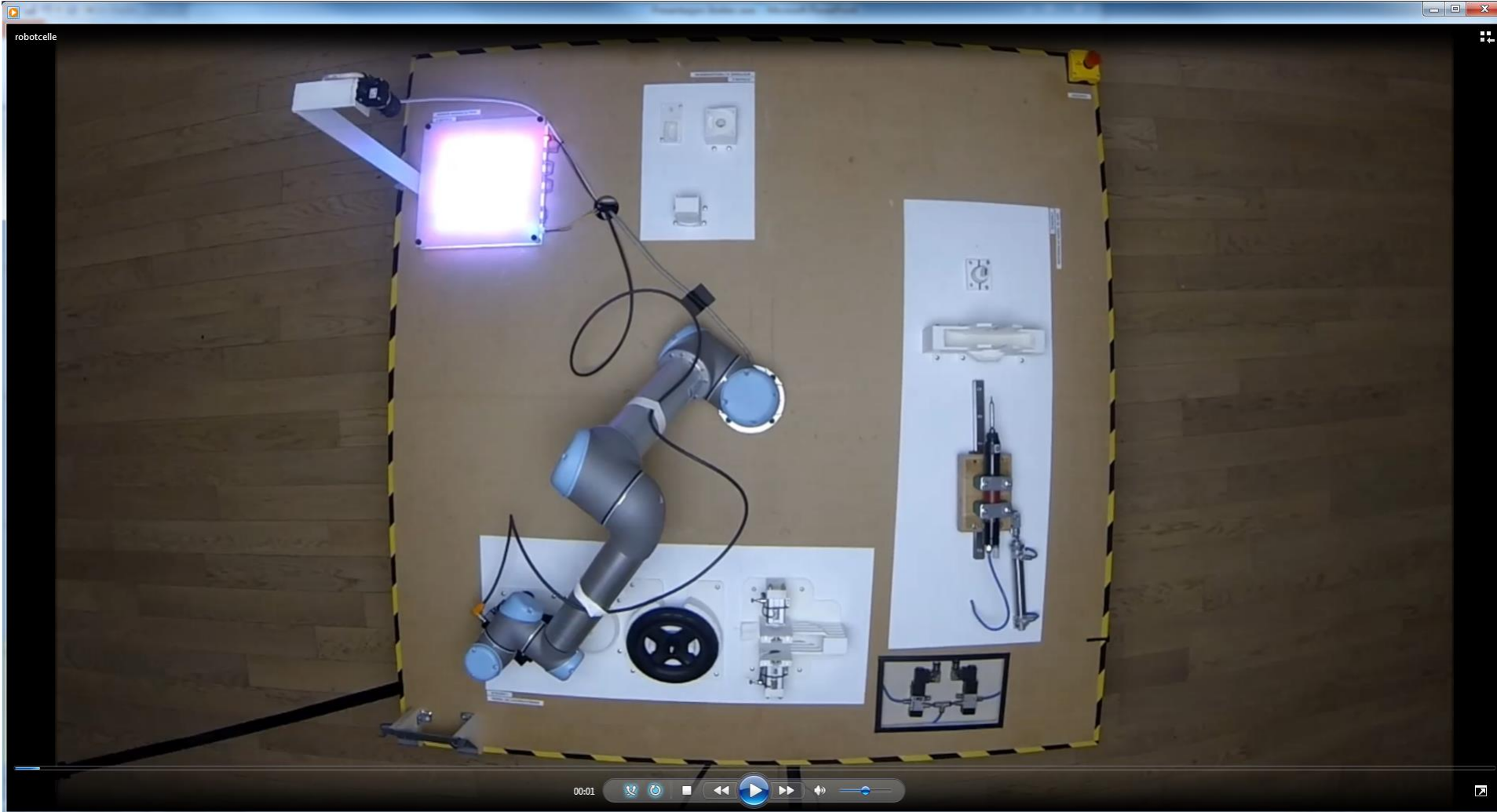
- UR5 robotarm
- Omron Vision hardware + software
- 3D-printet spesialfikturer (PA2200)
- Pneumatiske sylindre
- Pneumatisk skrutrekker (push-to-start)

FREMHJULSMONTERING I MONTERINGSKART



DETALJERT MONTERINGSPROSESS





BUSINESS CASE

	Manuell montering	Robotmontering
Materialkostnader	100 %	103 %
Monteringskostnader	100 %	16 %
Vrakkostnader	100 %	9 %
Total pris for 2 hjul	100 %	93 %
Besparelser per vogn	0 %	7 %

Resultat

- Besparelser per vogn = 7 %
- Tid før investeringen er dekt = 1 år

Konklusjon

- Gevinsten ligger ikke i materialkostnader, men i vrak- og monteringskostnader
- Husk skjulte besparelser som for eksempel færre reklamasjoner å håndtere

FORDELER OG ULEMPER

	Tradisjonell montering	Robotmontering
Pris per produktenhet	Avhenger av lokalt lønnsnivå	Lik kostnad uansett hvor
Investering		<ul style="list-style-type: none">• Celle nummer to er langt billigere!• Det kreves et visst produktvolum for å forsvare investeringen
Tid	280 sek	140 sek
Kvalitetskontroll	<ul style="list-style-type: none">• Avhenger av mennesker• Tidkrevende	<ul style="list-style-type: none">• Store muligheter for sporbarhet• Tar lite tid
Pålitelighet	<ul style="list-style-type: none">• Lav repeterbarhet• Avhenger av mennesket (syk, trøtt)	<ul style="list-style-type: none">• Høy repeterbarhet• Kan gå natt og dag uten å bli trøtt
Knowledge required	Begrenset	Programmering, vedlikehold
Fleksibilitet	Krever opplæring	Programmering er raskt, men krever god planlegging og utvikling i bakhånd

Konklusjon → Automatisering krever et visst volum pga stor investering

TAKK FOR OSS!



Tusen takk for gode inspill og kompetanse, sponset utstyr og karameller!



KONTAKTDETLJER



Andreas Paulsen

Tel: 41639552

E-post: andreas.sorheim.paulsen@stud.hials.no



Daniel Tafjord

Tel: 48209530

E-post: daniel.skuseth.tafjord@stud.hials.no



Karoline Strand

Tel: 45420410

E-post: karoline.strand@stud.hials.no

Videanalyse for å finne beste monteringsmetode for dekslet



1: Trykk i midten



1: Feil



2: Trykk på endene



2: Feil



3: Trykk på midten av eikene



3:



3: Godkjent første to



3:



3: Alle ok → Metoden godkjent



Resultater av analyse:

Metode 1: Trykk i midten av deksel → underkjent

Metode 2: Trykk på endene av eikene → underkjent

Metode 3: Trykk på midten av eikene → godkjent