



Høgskulen  
på Vestlandet

BACHELOROPPGAVE:  
B021E-35 Robot for Palletering av fat

Steffen Gloppen  
Dimostenis Malekas

25. mai. 2021

# Dokumentkontroll

<i>Rapportens tittel:</i> BO21E-35 Robot for Palletering av fat	<i>Dato/Versjon</i> 25. mai. 2021/0.11
	<i>Rapportnummer:</i> B021E-35
<i>Forfatter(e):</i> Steffen Gloppen Dimostenis Malekas	<i>Studieretning:</i> AUT18
	<i>Antall sider m/vedlegg</i> 29
<i>Høgskolens veileder:</i> Inge Vivås	<i>Gradering:</i> Åpen
<i>Eventuelle Merknader:</i> Vi tillater at oppgaven kan publiseres.	

<i>Oppdragsgiver:</i> Hansa Borg As	<i>Oppdragsgivers referanse:</i> Ivar Selheim
<i>Oppdragsgivers kontaktperson(er) (inkludert kontaktinformasjon):</i> Ivar Selheim epost: <a href="mailto:Ivar.Selheim@hansaborg.no">Ivar.Selheim@hansaborg.no</a> telefon: +47 911 95 179	

Revisjon	Dato	Status	Utført av
0.1	02.02.21	Første utkast, legger til informasjon oppgitt i forstudie	Steffen Gloppen
0.2	16.02.21	Revidert utkast	Steffen Gloppen
0.21	28.02.21	Fyller inn ny informasjon om komponenter som trengs	Steffen Gloppen Dimostenis Malekas
0.22	04.03.21	Legger inn referanser og kilder	Steffen Gloppen Dimostenis Malekas
0.23	12.03.21	Legger til illustrasjons bilder	Steffen Gloppen
0.24	10.05.21	Finskriver tekster	Dimostenis Malekas
0.3	25.05.21	Fjerner unødvendig tekst	Steffen Gloppen Dimostenis Malekas

## Forord

Denne bacheloroppgaven markerer slutten av et spennende studieløp i automatisering med robotikk for ingeniører, våren 2021. Oppgaven har blitt skrevet i samarbeid mellom to ingeniørstudenter, om et tema veldig relevant til utdanningen. Problemstillingen ble gitt av Hansa Borg AS, og vi er takknemlige for at de ville være med i denne prosessen, og gjøre en slik oppgave tilgjengelig.

Vår første takk går derfor til Hansa Borg AS, og mer direkte til Ivar Selheim, som fungerte som vår kontakt med bedriften og deres ønsker. Du var til stor hjelp under hele prosessen, både med tekniske kunnskaper, og generell bistand. Vi hadde god kommunikasjon, og du gjorde det enkelt for oss å forstå problemstillingen vi ble gitt.

Deretter blir vi nødt til å gi en solid takk til vår interne veileder, Inge Vivås. Takk for god veiledning når vi har hatt behov for dette, og takk for at du hadde tro på oss og ga oss motivasjon til å gjennomføre en best mulig oppgave. Med din hjelp har vi hele tiden følt oss på rett spor.

Til sist må vi gi en hederlig omtale til Dennis Librell, fra FANUC Sverige. Dennis var til stor hjelp over email-kommunikasjon med tekniske spesifikasjoner, pris-estimer, og andre detaljer om deres produkter. Dette gjorde jobben vår mye enklere, når det kom til valg av de riktige produktene for vår spesifikke problemstilling.

Denne oppgaven, selv om den kun skulle prosjekteres og ikke gjennomføres, har vært en lærerik erfaring. Vi har fått et innblikk i planlegging av reelle løsninger relevant til faget vårt, og blant annet blitt klokere med tanke på planlegging og organisering. Vi skulle selvfølgelig ønsket å ha muligheten til å bli skitne på henda, men prosjekteringen i seg selv har vært en positiv arbeidsprosess.

## Sammendrag

Problemstillingen vi har angrepet i denne oppgaven har gått ut på å planlegge, og dimensjonere et palleterings-system som skal ta i bruk en robot-arm, for Hansa Borg AS. Ønsket fra bedriften var prosjektering av dette systemet, for å få et innblikk i hva det vil innebære å implementere et slikt system på egenhånd, i stedet for å betale for et ferdig integrert system levert av en tredjepart.

Arbeidet har blant annet gått ut på design av planløsning for systemet, valg av spesifikke produkter som for eksempel robotarm, og dimensjonering av maskinsikring rundt hele dette systemet. Vi er fornøyde med løsningene vi har kommet frem til, og mener problemstillingene har blitt håndtert på gode måter. Prosjekteringen har tatt hensyn til de gitte ønsker og krav, og tilbyr veldig god fleksibilitet for videre bruk av dette systemet inn i fremtiden.

Vi hadde dessverre ikke mulighet til å komme å besøke bryggeriet på grunn av den åpenbare smittefaren. På grunn av ikke bare pandemien, men også oppgavens prosjekterende natur, valgte vi derfor å simulere det planlagte systemets arbeidsoppgaver med en av HVL sine små kollaborative robotarmer. Slik fikk vi da også inkludert et slags «proof of concept», hvor vi fikk vist logikken som ville styrt systemet også i full skala.

# 1 Innhold

Dokumentkontroll .....	2
Forord .....	3
Sammendrag .....	4
1 Innledning .....	6
1.1 Oppdragsgiver .....	6
1.2 Problemstilling .....	7
1.3 Hovedidé for løsningsforslag .....	8
2 Analyse av problemet .....	9
2.1 Systemspesifikasjoner .....	10
2.2 Utforming av mulige løsninger .....	11
2.2.1 Løsningsalternativ 1 .....	11
2.2.2 Løsningsalternativ 2 .....	11
2.3 Konklusjon .....	11
3 Simulering av valgt løsning .....	12
3.1 Intro av simulert prosess .....	12
3.2 Prosess .....	13
3.3 Kalibrering .....	13
3.3.1 Kalibrering kamera .....	13
3.3.2 Kalibrering objekt .....	14
4 Testing .....	15
5 Robot for Hansa Borg As .....	16
5.1 Utstyr og komponenter .....	16
5.1.1 Robot-arm .....	16
5.1.2 Robot Griper .....	17
5.1.3 iRVision 2D Sensor .....	18
5.1.4 ROBOGUIDE Software .....	19
5.1.5 Sikkerhetsbarriere .....	20
5.2 Diskusjoner med bedrifter .....	22
5.3 Prisantydning for systemet .....	22
6 Diskusjon .....	23
7 Konklusjon .....	25
Referanser .....	26

# 1 Innledning

## 1.1 Oppdragsgiver



Hansa Borg As [1] er Norges største norskeide bryggeri- og drikkevareaktør med rundt 300 medarbeidere. Hansa Borg består av Borg Bryggeri Sarpsborg, Christianssands Bryggeri i Kristiansand, Hansa Bryggeri i Bergen og et produksjons- og tappeanlegg for Olden naturlig mineralvann i Oldedalen i Nordfjord.

Hansa Borg As har til sammen over 400 års bryggerierfaring og leverer øl, sider, brus, juice og vann i hele det norske drikkemarkedet. Det meste av produksjon er helautomatisert, det vil si at det kreves lite menneskelig arbeidskraft for å produsere store mengder produkt.

Konsernet hadde driftsinntekter i 2016 på 1.174 MNOK, som var en nedgang fra 1.202MNOK i 2015. Driftsresultat ble 120,0 MNOK i 2016 mot 117.3 MNOK i 2015. [1]

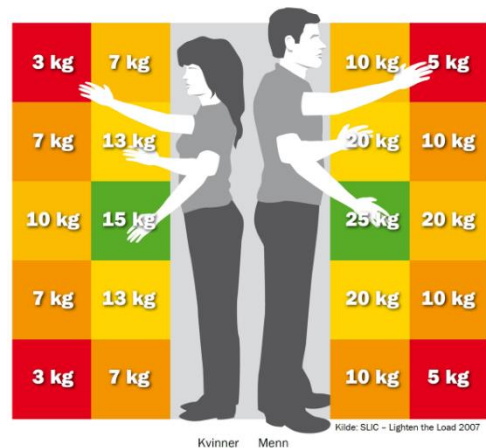
## 1.2 Problemstilling

En del av Hansa sin produksjon består av å fylle på ulike ølfat. I denne sammenhengen, kommer de tomme fatene på en europall fra et samleband. Disse tomme fatene må individuelt overføres fra europallen til et anlegg som tar seg av rengjøring og fylling. Når ferdig fylte fat står klart, må de så individuelt overføres fra anlegget igjen over på en europall slik at de vil være klare for utsending.

Per dags dato, bruker Hansa arbeidere på gulvet til å laste disse fatene frem og tilbake fra anlegg og paller. Fatene kan være store og tunge, spesielt etter de er påfylt. De største fatene som rommer 30L, har en vekt på 10kg uten innhold, og omtrent 40kg med innhold.

Dette kan fort bli en stor fysisk belastning på en menneskekropp. Ifølge arbeidstilsynets retningslinjer bør ikke arbeidere løfte mer enn 25kg av gangen, og unngå løfting som overskrider 6000kg i løpet av en hel dag.

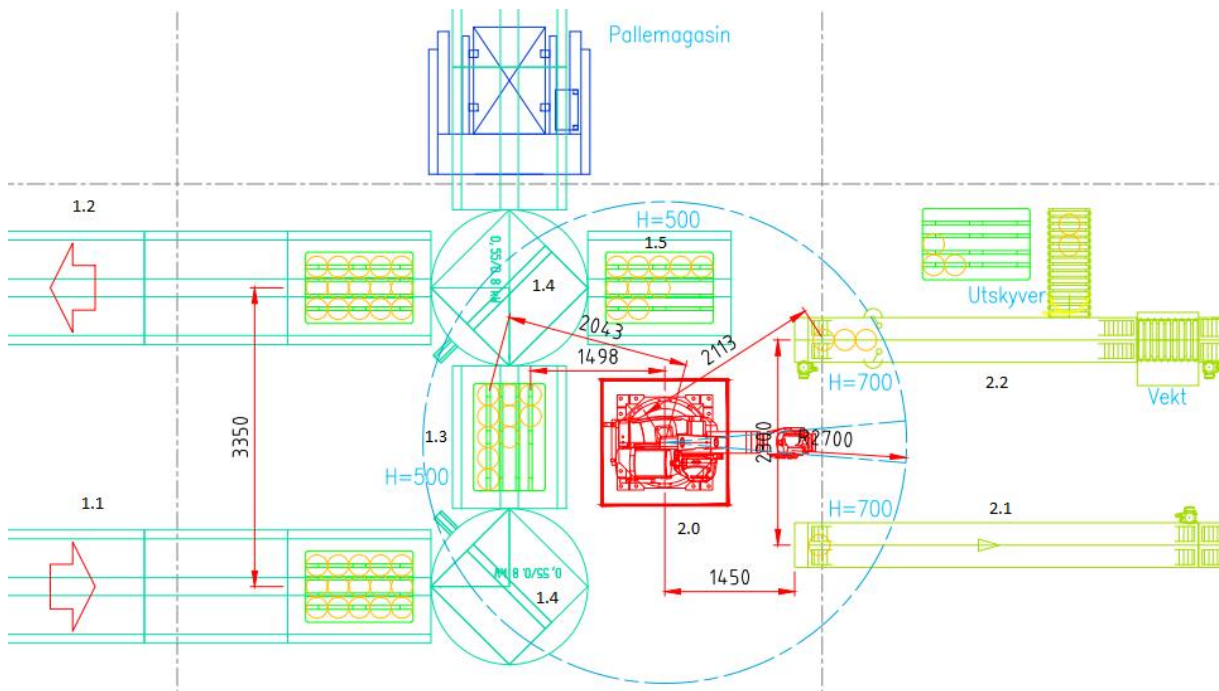
*Tungt arbeid – arbeidstilsynet [1]*



Hansa ønsker derfor å fjerne dette menneskelige elementet ved palletering, for å oppnå en tryggere og mer automatisert produksjon. I tillegg håndterer Hansa forskjellige typer ølfat av ulike materialer og dimensjoner, som gjør at løsningen er nødt til å kunne håndtere alle disse situasjonene like bra.

### 1.3 Hovedidé for løsningsforslag

Løsningen skal være en komplett erstatning av den manuelle arbeidskraften ved dette punktet av produksjonen. Europaller med tomme fat vil komme inn på ett samleband og plasseres i posisjon ved siden av robotarmen. Robotarmen vil så flytte de tomme fatene over til rengjørings- og fyllestasjonen. Til slutt henter robotarmen ferdig påfylte fat, og plasserer de over på en ny europall. Når europall er full, vil den bli fraktet med samleband vekk, slik at de er klar til lagring eller transport.



1.1	Europall med tomme fat kommer inn på samleband
1.2	Europall med påfylte fat kommer ut på samleband
1.3	Europall er i posisjon for avlastning av tomme fat
1.4	Roterer for europall
1.5	Europall er i posisjon for lastning av fylte fat
2.0	Robot-arm flytter de tomme fatene over rengjøringsband, Robot-arm tar de påfylte fatene over på ny Europall
2.1	Samleband for rengjøring av fat
2.2	Samleband for påfylte fat

#### Stegvis prosess:

Europall kommer inn [1.1], roteres [1.4], og blir plassert ved avlastingsstasjon [1.3]. Robot-arm [2.0] flytter tomme fat fra pallen over til samleband for rengjøring [2.1]. Når pallen er tom ved avlastingsstasjonen, flyttes den til lastestasjon [1.5]. Skulle det allerede være en pall ved lastestasjonen [1.5], vil pall plasseres i et pallemagasin, som vil fungere som et midlertidig lager for et antall paller. Robotarmen [2.0] vil på dette tidspunktet hente ferdig påfylte fat [2.2] og plassere dem på pallen ved lastestasjon [1.5]. Når paller er ferdig lastet med fylte fat, flyttes de til utgående samleband [1.2], slik at de er klar for lagring eller transport.



## 2 Analyse av problemet

Systemet skal kunne operere med fire forskjellige ølfat. To av disse er vanlige fat av stål, og to av disse er KeyKeg fat av plast. Begge disse typene ølfat kommer i størrelser på 20 liter og 30 liter, og systemet skal kunne håndtere alle disse forskjellige situasjonene like godt. I tillegg til å løfte og flytte på ølfatene, skal systemet kunne flytte tomme europaller fra innkommende samleband, over til utgående samleband.

Griperen, arbeidsverktøyet til robotarmen, skal både kunne gripe alle de forskjellige fatene, og i tillegg klare å gripe en europall. Robotarmen må på grunn av disse kravene kunne løfte en vekt ved sitt endestykke på vel over 40kg. Dette kommer av at de største ølfatene, i fylt tilstand, veier omtrent 40kg. I tillegg til dette, kommer vekten av gripe-verktøyet som også må bli tatt i betraktning ved analysen av robotens bærekapasitet. Tomme fat skal også kunne snus 180 grader, opp ned, slik at det ikke skal være behov for en egen maskin som gjør dette senere i prosessen.

Spesifikasjon fra kunde sier at systemet skal kunne holde følge med en frekvens på et (1) ølfat i minuttet, da dette er frekvensen resten av anlegget opererer med. I praksis vil dette bety at robotarmen må kunne forflytte to ølfat i minuttet, siden den samme armen blir brukt til både ølfat inn til system, og ølfat ut fra system. Kunden har allerede brukt Fanuc som leverandør av andre robotarmer, og ønsker derfor et produkt fra Fanuc til denne løsningen også. Dette vil spare kunden for tid, hodebry og ressurser ved å kunne forholde seg til en leverandør med tanke på service og vedlikehold.

På grunn av robotarmens størrelse og kraftpotensial, må det installeres fysiske barrierer rundt armen for å sikre mot eventuelle slag- og klemfarer. Med en robotarm på denne størrelsen kan skadene fort bli alvorlige, til og med livstruende. Det skal derfor ikke være mulig å manøvrere roboten om det befinner seg personell innenfor en slik barriere. Fanuc har en egen sikkerhetsguide som beskriver hvordan en barriere skal operere (se vedlegg 2 punkt 4.7.1 [4]).

Krav	Spesifikasjon
Leverandør	FANUC
Bærekapasitet	Min 45kg
Robotarm rekkevidde	Min 2m
Robotgriper	Gripe 20L & 30L stål og plast fat. Kunne rotere 180 grader rundt x-akse.
Robot kapabilitet	Transportere 2 fat i minuttet (1 inn og 1 ut)
Kommunikasjon	Skal kunne kommunisere med eksisterende utstyr
Sikkerhet	Fysisk barriere rundt robotarmen. Nødstopp på barriere samt innebygd i dør for å stoppe prosessen om noen går inn i barrieren ved produksjon.



## 2.1 Systemspesifikasjoner

### Robotarm:

- Reach: 2000mm
- Bære Kapasitet: min 40kg + Griper
- laste inn og ut ett fat per minutt

### Griper:

- Y-akse: Min 100mm, Max 450mm
- X-akse: 450mm
- Kraft: [?] (fyller inn etter material i griper er bestemt)
- Ekstra utstyr: iRVision 2D (kan monteres på arm eller som fast installasjon)

### Fat dimensjoner:

- M: Stainless Steel, V: 20L, D: 236±1mm, H: 568±3mm, W: 5.5±0.3Kg -> 25.5Kg
- M: Stainless Steel, V: 30L, D: 393mm, H: 328.7±1.7mm, W: 9.5±0.5Kg -> 40kg
- M: Plastic, V: 20L, D: 240mm, H: 572mm, W: 1.2Kg -> 21.2Kg
- M: Plastic, V: 30L, D: 300mm, H: 572mm, W: 1.5Kg -> 31.5Kg

M= Material, V = Volume, D= Diameter, H= Height, W= Weight

### Barriere:

- Utforming: Rektangulært
- Dimensjon: 6000mm<sup>2</sup>
- Høyde: 2000mm
- Materiell: Metall gitter
- Nødstopp i dør

### Samlebånd:

- 3x samlebånd for europall
- 2x samlebånd for fat
- 2x roterende samleband
- 1x pallemagasin
- 4x sensor for europall

## 2.2 Utforming av mulige løsninger

Her beskrives mulige utforminger av løsning(er) på problemet. Det kan f.eks. omfatte nødvendig kjøp og installasjon av maskinvare og programvare, utvikling av spesialtilpasset programvare, organisering av driften, brukeropplæring, dokumentasjon av system og arbeidsrutiner, etc. Dersom oppdragsgiver har lagt spesielle rammer for løsningen, presiseres dette.

Om mulig så bør en beskrive flere reelle løsningsalternativer:

### 2.2.1 Løsningsalternativ 1

Løsningsalternativ 1 går ut på at robotarmen vil gripe et gaffelverktøy som skal bli brukt til å løfte europallene. Nøyere fortalt så skal robotarmen flytte de tomme fatene som kommer på en europall til neste stasjon, og når europallen er tom så skal robotarmen gripe gaffelverktøyet og flytte europallen til det utgående samlebåndet. Om det allerede står en europall på utgående samlebånd skal armen plassere europallen til midlertidig lagringsplass. På samme måte, kan det hentes ny europall fra denne bufferen om det skulle være nødvendig. Dette er ønskelig, fordi det ikke alltid vil være lik mengde fat inn og ut av systemet. Dette kan skyldes for eksempel feil eller mangler oppdaget under inspeksjon av fatene.

### 2.2.2 Løsningsalternativ 2

Binde sammen inn og utgående samlebånd. Det vil si at når inngående europall er tom så skyves den bort til en lastestasjon ved siden av roboten hvor den fylles opp med påfylte fat. Her slipper robotarmen å endre på arbeidsverktøyet sitt, og har derfor et større tidsbudsjett å utføre de primære oppgavene på. Noe som kan være et problem her, er eventuell europall-kø på samlebåndet, eller til og med mangel på europaller ved mye pågang av ferdig påfylte fat. Dette er fordi det ikke er noen garanti for at det alltid kommer samme mengde fat ut som det kommer inn, til enhver tid. En palle-buffer bør på en eller annen måte innarbeides i denne løsningen også.

## 2.3 Konklusjon

Begge løsningene som vi går igjennom er veldig reelle, men de kommer med forskjellige fordeler og ulemper.

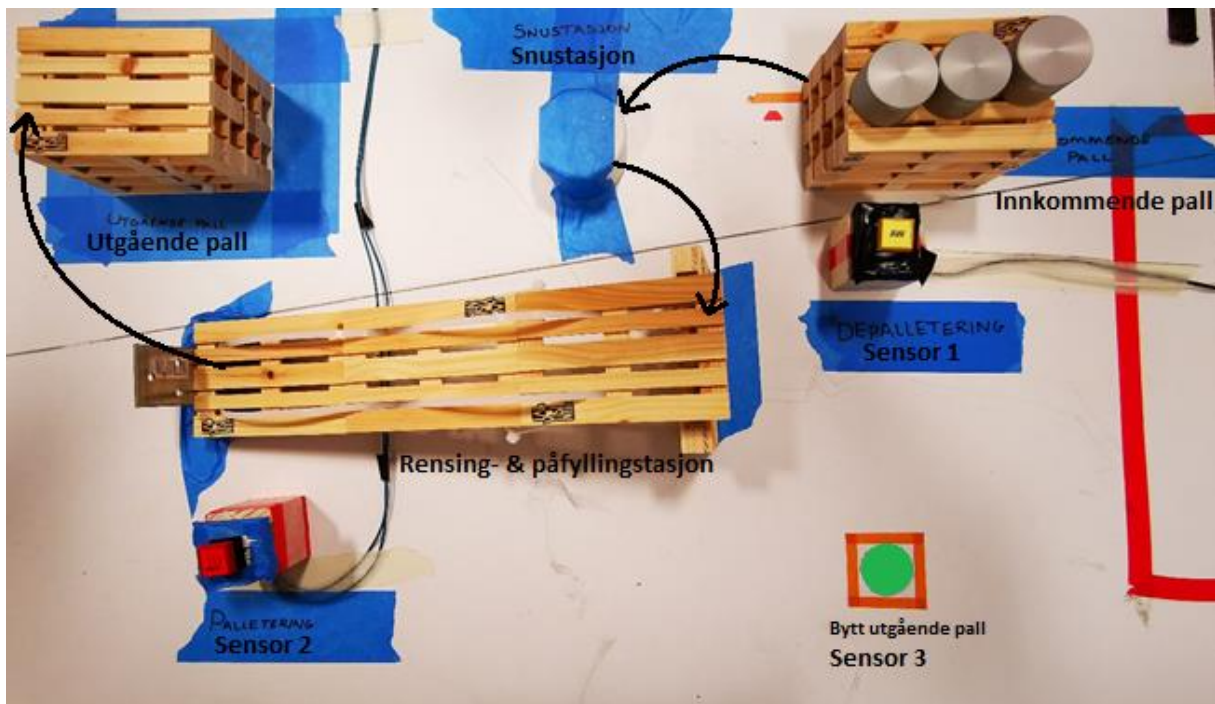
**Løsningsalternativ 1** er mer komplisert på grunn av at vi må designe et eget gaffelverktøy for europallene, men vil til gjengjeld føre til at systemet kan kjøre lengre uten å måtte stoppe for å flytte europallene.

**Løsningsalternativ 2** er en enkel, men dyrere måte å løse problemet med palleflytting på grunn av ekstra komponenter. Det kan også forekomme en såkalt «palle-kø» som kan føre til stopp av produksjon. Vi diskuterte med vår eksterne veileder om hans tanker rundt dette, han forklarte oss at de har det meste av ekstra komponenter som kreves og at de i tillegg har et pallemagasin som kan virke som en holdeplass for overflødig pall.

Vi valgte først å gå for **Løsningsalternativ 1** grunnet denne løsningen virket mer elegant og rimelig. Men etter vi ble informert fra vår eksterne veileder at de allerede var i besittelse av det meste vi trengte av utstyr for å gjennomføre **Løsningsalternativ 2** så ble den en klar vinner. Siden vi slipper å tenke på ekstra kostnader vil denne løsningen både vær simpel å rimelig å gjennomføre. Om dette viser seg å ikke være vanskeligere en først tenkt, kan **Løsningsalternativ 1** fungere som en god plan B.

### 3 Simulering av valgt løsning

Da vi fikk vite at det ikke var mulig å gjennomføre den fysiske delen av vår oppgave grunnet covid-19 og restriksjoner hos Hansa Borg AS valgte vi å simulere oppgaven ved hjelp av en annen robot som var tilgjengelig for oss på HVL (Høgskulen på Vestlandet) campus Bergen. Vi setter søkelys på robotens oppgaver og ikke prosessen rundt, dette er fordi anlegget rundt allerede eksisterer og robot-armens oppgave er å samkjøre med det. Vi simulerer forskjellige sensorer fra eksisterende anlegg som robot-armen må ha tilgang til med brytere som er koblet til digitale innganger. Siden vi ikke har tilgang til robot-armen som planlagt har vi måttet skalere hele arbeidsområde ned.



#### 3.1 Intro av simulert prosess

De grå sylindrene simulerer fatene som skal flyttes på, pallen fatene står på i bilde under representerer pall med tomme fat som skal renses og fylles på. Etter rensing og påfylling ender fatene opp ved palleterings seksjonen (ved rød knapp) hvor de blir stablet i et bestemt mønster og er klar for lagring. Om pallen er full er det ikke mulig å kjøre palleteringssekvens før den fulle pallen er byttet ut med en ny tom pall. Sensor 1 blir aktivert om en ny pall med tomme fat er tilgjengelig, sensor 2 blir aktivert om fat er klart for å bli palletert og sensor 3 blir aktivert om en ny pall er klar til å bli fylt på.

## 3.2 Prosess

Når sensor 1 blir aktivert får robot-armen beskjed om at en pall med tomme fat er klar for å bli lastes inn i rensing og påfyllingsstasjonen. Før fatene blir lastes inn må de bli snudd på hodet, denne prosessen må gjøres i to steg i simuleringen på grunnet griper på simuleringsroboten er vesentlig større en objektet den skal løfte og må dermed hente fat ovenfra (snustasjon er ikke nødvendig for Hansa). Robot-armen starter med å lokalisere fatene med et kamera, når roboten har koordinatene til fatene plukker den opp et fat om gangen og plaserer det ved snustasjonen for å kunne endre grep slik at den kan plassere fatet på hode i rense- og fyllestasjon (simulert med en renne av paller).

Robot-armen vil laste av alle fatene før den går videre til neste jobb.

Når etter et fat har gått igjennom rense- og fyllestasjonen blir sensor 2 aktivert. Sensor 2 gir beskjed til robot-armen at det er nå mulig å laste de fylte fatene til utgående pall. Når robot-armen er ledig, starter den så palleteringssekvensen. Det er programmert inn en sikring som sørger for at robot-armen ikke starter palleteringssekvens om det ikke er ledig plass på utgående pall. For at palleteringssekvens skal starte igjen må den først få beskjed om at en ny tom pall er klar fra sensor 3. I simuleringen har vi valgt et linjemønster for palletering dette er grunnet dårlig tilkomst med den store griperen om dette ikke var tilfellet ville vi gått for et rektangulært mønster som ville ført til større kapasitet på pall. Robot-armen vil fortsette prosessen over til den blir deaktivert.

(Film av Prosessen ligger i Vedlegg).

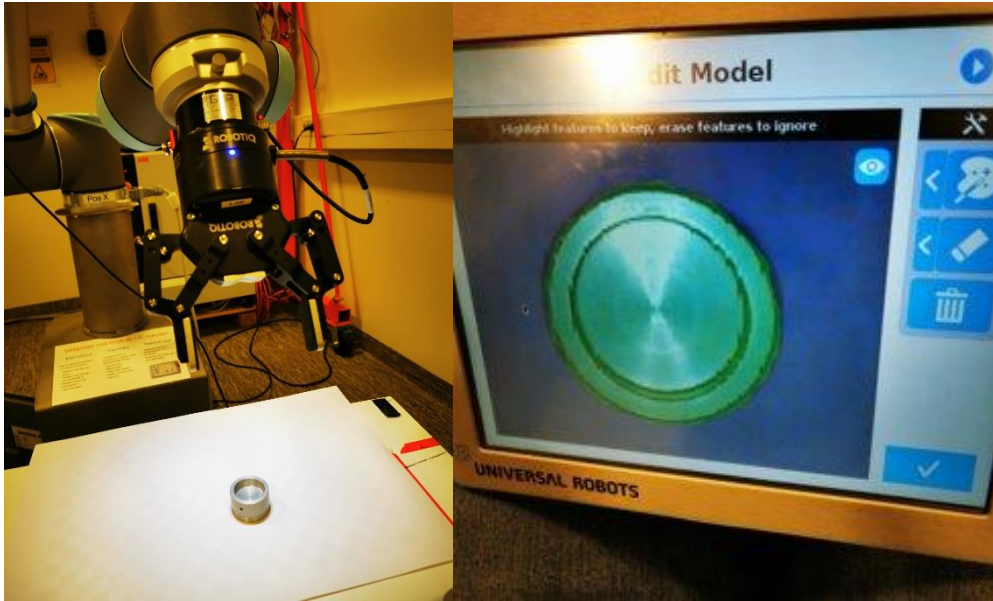
## 3.3 Kalibrering

Før vi kunne starte med å utvikle en løsning for det simulerte systemet vårt, var vi nødt til å kalibrere robotens kamera for å kunne bruke dette til å finne og flytte på objekter. Ved å ta i bruk et slikt kamera-system, får vi større fleksibilitet i systemet ved palletering. Kameraet lar roboten selv avgjøre nøyaktig hvor hver enkelt gjenstand befinner seg på pallen, og blir da mer nøyaktig når verktøyet skal plukke opp gjenstandene. Uten et slikt kamera, vil vi alltid være avhengige av at en lik mengde med gjenstander kommer inn med pallen hver gang, og at disse er plassert på samme sted oppå pallen hver gang.

### 3.3.1 Kalibrering kamera

Første del av kameraets kalibrering, er å gi kameraet en referanse til verden. Dette kamera-systemet har en innebygget kalibrerings-funksjon vi kan bruke, som tar i bruk et allerede kjent mønster for å stille seg inn i forhold til arbeids-overflaten. Mønsteret er et rutete sjakkbrett, hvor størrelsen på disse rutene er spesifikk og kjent. Brettet følger med ved kjøp av kameraet, men kan også lett skrives ut på et vanlig A3 ark hvis man passer på å skrive ut i riktig målestokk. Selve kalibrerings-prosessen er automatisert, og består av å ta en rekke bilder av det rutete mønsteret fra forskjellige vinkler og distanser. Ved å manuelt godkjenne ulike oppfattelser dette systemet har gjort, blir denne informasjonen automatisk matet inn i robotens kontrollsystem. Roboten har nå mulighet til å bruke kameraet som syn, ved kunne lokalisere punkter fra kameraets bilder i robotens interne koordinatsystem.





### 3.3.2 Kalibrering objekt

Andre del av kameraets kalibrering består av å bestemme hvilke gjenstander som skal gjenkjennes. Dette er en prosess som består av hovedsakelig to parameter; geometrisk form og farge. Ved å bruke kameraet til å ta et bilde av de relevante objektene, kan vi manuelt avgrense på dette bildet hva roboten skal se etter. Her har man en del fleksibilitet i å bestemme toleransene for både form og farge, for hva som skal godkjennes som et korrekt objekt. Med andre ord, kan man bestemme hvor like alle andre objekter er nødt til å være, sammenliknet med referanseobjektet. Her kan vi som sagt styre både med hensyn på geometrisk form, og med hensyn på farge. Justeringen av disse toleransene ble gjort ved å prøve og feile, frem til vi var fornøyd med hvor konsekvent gjenkjenningen av objektene våre var.

Med denne kalibreringen unnagjort, lå alt til rette for å kunne starte utviklingen av selve løsningen.

## 4 Testing

Systemet vårt har i hovedsak 2 oppgaver, de består av å de-palletere og palletere fat. Oppgavene er programmert slik at roboten har program som kan kjøre hver for seg, dette gjør det mulig for oss å teste oppgavene uavhengig av hverandre. For å teste kontinuiteten for programmene kjørte vi dem 10 ganger hver for seg der vi noterer tid den bruker til oppgaven er ferdig og antall feil som oppstår på veien.

**De-Palletering test**

Nr.	Tid	Feil
1	01:08.46	0
2	01:11.17	0
3	01:05.01	0
4	01:05.57	0
5	01:08.44	0
6	01:10.54	0
7	01:08.06	0
8	01:08.97	0
9	01:07.56	0
10	01:06.58	0

**Palletering test**

Nr.	Tid	Feil
1	00:26.59	0
2	00:25.13	0
3	00:26.72	0
4	00:25.15	0
5	00:24.40	0
6	00:25.10	0
7	00:24.58	0
8	00:25.64	0
9	00:25.73	0
10	00:24.25	0

Vi testet også fleksibiliteten til de-palleteringsystemet, der vi lærte at om vi plaserer fatene tett inntil hverandre i et hjørne av pallen så er det stor sannsynlighet for feil. Denne feilen oppstår på grunn av at griper til robot-armen ikke klarer å kalibrere en stilling for å plukke opp et fat uten å dulte bort i de andre fatene. Vi anser at denne feilen ikke blir like reell for Hansa roboten grunnet bedre griper og kalibreringssystem. Roboten vi bruker i denne simuleringen er en mer primitiv og brukervennlig robot, noe som fører til mindre tilgang til finjusteringer.

Når vi palleterer velger man inn et mønster vi ønsker fatene i, hvor mange fat så skal palleteres og rekkefølgen dette skjer. Vi bruker ingen kameraer her noe som skaper mindre fleksibilitet, men så lenge pallen som skal fylles på står på samme sted  $\pm 5\text{cm}$  så vil de bli palletert likt hver gang. Posisjonen til pallen kan enkelt bekreftes med en simpel sensor.



## 5 Robot for Hansa Borg As

Hansa sitt ønske er å erstatte manuelt arbeid i punktet ved fat-produksjonen hvor en arbeider løfter fat frem og tilbake mellom euro-paller og anlegg. Denne armen skal være fullstendig autonom, og må i tillegg maskinsikres. Roboten blir kjøpt inn fra FANUC, men blir levert uten griper-verktøy.

### 5.1 Utstyr og komponenter

Detaljert oppsummering av utstyr og komponenter for anlegget.

#### 5.1.1 Robot-arm

For å velge robot har vi benyttet oss av FANUC sin «Robot finder», med dette verktøyet kan man velge kategori, arbeids oppgave, vekt roboten skal kunne bære og hvor langt robot-armen skal nå.

Fra listen med robot-armer var det roboten M-710iC/70 som egnet seg best. Denne roboten har en rekkevidde på 2m fra senter av roboten, den har en bærekapasitet på 70kg og den har 6 -akser. Robot-armen er en del an FANUC sin innovative serie av lette, slanke og sterke roboter. Robot-armen kombinerer en 70kg bærekapasitet med ekstremt høye aksehastigheter ifølge nettsiden. Siden robot-armen skal mate inn og ut ett fat i minuttet vil den høye aksehastigheten være gunstig for prosessen og gjøre det mulig for robot-armen å fullføre med god margin.

*FANUC M-710iC/70 [2]*



For å få et prisestimat på selve robot-armen kontaktet vi Fanuc via epost. Fanuc svarte at prisen på robot-armene deres varierer kunde for kunde, men ligger på omtrent 33 000 euro for en M710iC/70 robot uten programvarer eller ekstrautstyr.

*For komplett datablad se « [3] Datasheet M-710iC-70.pdf ».*

##### 5.1.1.1 Diskusjon om Robot-arm

Robot-armen skal kunne bære en vekt på omtrent 40kg i tillegg til griperverktøy. Robot-armene som var tilgjengelig fra Fanuc i vår vekt klasse hadde en bærekapasitet på enten 50kg eller 70 kg. Det ble dermed diskutert om en robot med 50kg bærekapasitet ville passet bedre med tanke på pris og fotavtrykk på selve roboten. Ved å forhøre oss om emne med både ekstern- og internsensor ble vi enige om at det var bedre å planlegge for fremtiden og gå for en robot med 70kg bærekapasitet istedenfor noe som akkurat ville gått.



### 5.1.2 Robot Griper

For å finne ut hvordan griperen til Hansas robot-arm skulle se ut og operere tok vi inspirasjon fra eksisterende systemer. Vi ser at det som blir mest brukt er en griper med to klør på hver side som blir presset i sammen rundt et objekt for å skape friksjon. Klørne blir forflyttet seg vet hjelp av to aktuatorer som enten presser de i fra hverandre eller mot hverandre. Innsiden av klørne kan dekket med gummi for å skape mer friksjon. Ved å skape mer friksjon på denne måten kan presset mellom griperne reduseres, noe som er gunstig om den skal gripe mykere objekter.

Siden robot-armen er prosjektert til å ha en bærekapasitet på 70kg, er det mulig å benytte sterkere og tyngre material på selve griperen. Dette gjør det mulig å redusere selve fotavtrykket til griperen som vil føre til enklere tilgang når den skal hente fat fra siden og ikke ovenfra slik som i simuleringen.



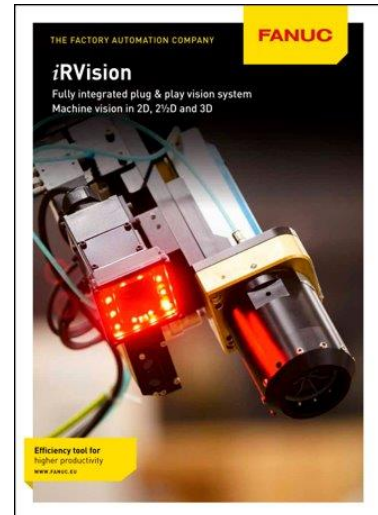
FANUC palleteringsrobot [2]

Når en ny griper blir montert på en robot-arm så må denne alltid kalibreres for å få riktig midtpunkt på griperen også kalt TCP (Tool Center Point). Dette kan gjøres ved å fysisk måle avstander mellom enden av robot-armen til midtpunkt av griperen, eller ved å velge et punkt i rommet som roboten må nå fra forskjellige vinkler. Nøyaktigheten til roboten vil være avhengig av hvor nøyaktig den blir kalibrert, der de fleste feilene som oppstår når man jobber med slike robot-armer er nemlig feilkalibrering. Etter kalibrering vil robot-armen ha full kontroll over sin egen lengde og passe på at den ikke kolliderer med seg selv.

Vi kontaktet Fanuc i håp om at de solgte griperer ment for palletering av fat eller noe lignende, der fikk vi beskjed om dette måtte lages selv eller bestilles fra en annen bedrift.

### 5.1.3 iRVision 2D Sensor

iRVision 2D sensor er et produkt fra Fanuc som er godt egnet for vår oppgave om palletering av fat. Sensorens oppgave er å ta bilde av et objekt for så å danne ett koordinat system for objektet. Ved å kalibrere sensoren til å kjenne igjen objekt som for eksempel i vårt tilfelle et fat, kan sensoren danne koordinatsystem for alle fatene på en europall. Du vil da få en nøyaktig posisjon for hver av fatene i virkelig tid. Dette kan være utrolig nyttig der fatene på en europall ikke alltid vil stå på nøyaktig den samme posisjonen som på en tidligere pall, og om pallen ikke er full så slipper en forhånds programmert robot å gripe i luften til den finner ett fat.



FANUC iRVision 2D [4]

iRVision 2D sensoren vil samarbeide med roboten ved å først undersøke et område, om den kjenner igjen enheten som den er trent til å kjenne (i vårt tilfelle et fat) vil den sende posisjonen til enheten til robot-armen. Robot-armen vil da ha nøyaktig posisjons informasjon om hvor enheten er. Etter robot-armen har utført sin oppgave vil iRVision sensoren ta et nytt bilde og gjenta den samme operasjonen som tidligere.

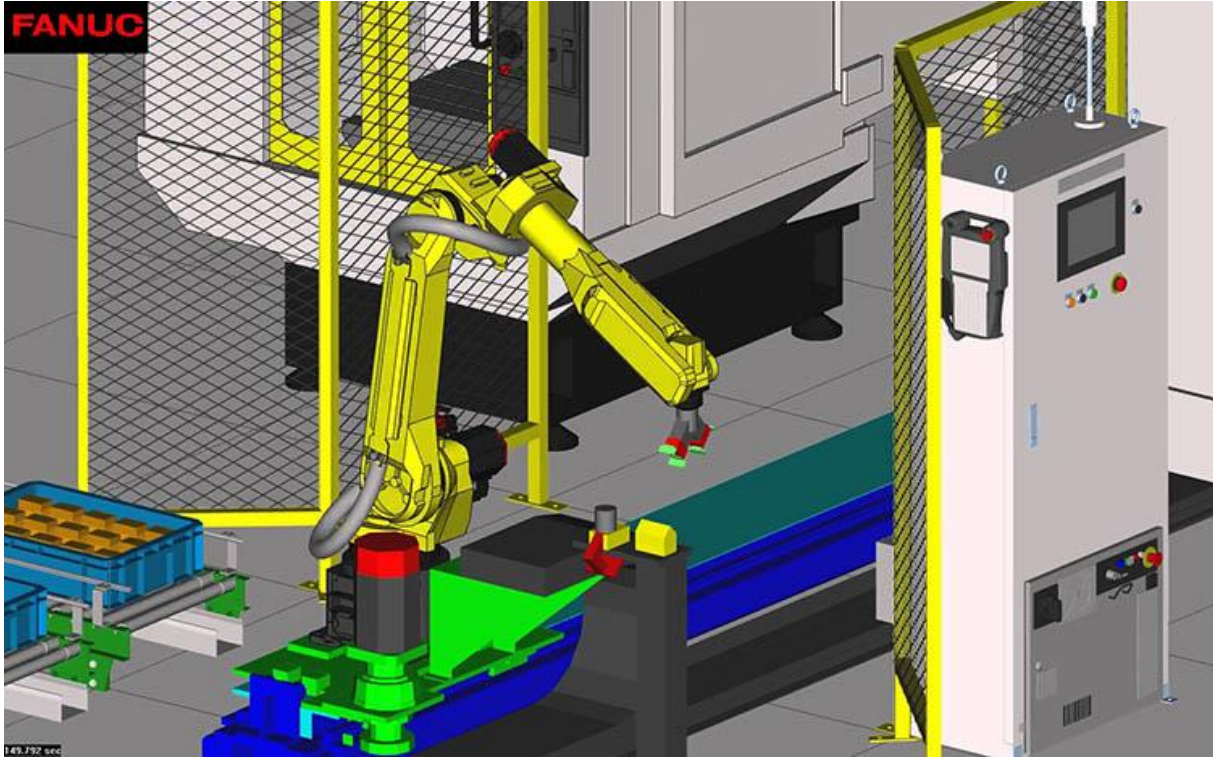
Ved å bruke iRVision sensoren kan man da få en raskere og mer fleksibel prosess uten å måtte ha en dyr og avansert prosess med å plassere europall i nøyaktig den samme posisjonen hver gang. Siden sensoren og robot-armen begge er produsert av Fanuc vet vi at de er kompatible med hverandre.



FANUC iRVision 2D [4]

#### 5.1.4 ROBOGUIDE Software

For å simulere disse komponentene og teste kompatibiliteten mellom de ulike komponentene, kan vi Fanuc's egen programvare kallet «Roboguide Software». Dette programmet lar deg legge til enheter og finjustere nesten hva du måtte ønske med din robot. Inne i programmet kan du bygge en virtuell versjon av ditt anlegg, dette kan være nyttig om du ønsker å kjøre test simuleringer eller prøve en ny vri på anlegget ditt. For å bruke programmet bør du ha god kunnskap til 3D modellering og ha en generell kunnskap til robotikk.

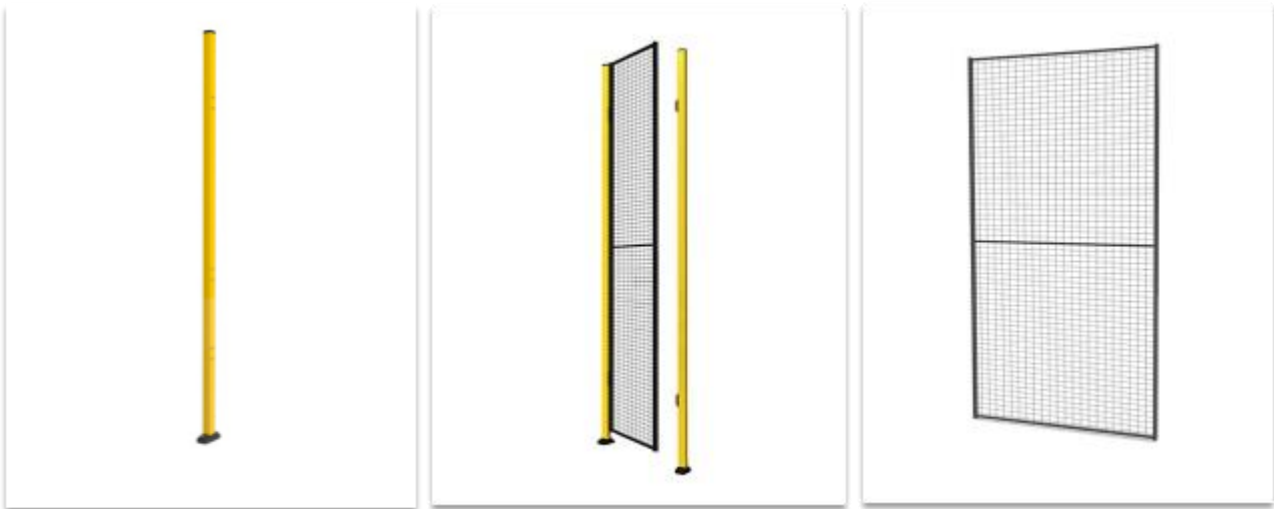


FANUC ROBOGUIDE Software [5]

Grunnet covid 19 har vi ikke fått oversikt over hvordan det eksisterende anlegget ser ut, eller hvordan de forskjellige komponentene jobber sammen I tillegg til mangel på lisens på programvaren har vi ikke benyttet oss av ROBOGUIDE software.

### 5.1.5 Sikkerhetsbarriere

I 2006 vedtok EU maskindirektivet. Dette direktivet et sett med lover og regler som omhandler bruken av mange forskjellige typer maskiner, og hvordan å gjøre disse så sikre som mulig. Slike sikkerhetsbarrierer er en del av dette direktivet, og har som hensikt å beskytte mennesker ved bruk av industriell robot. Hensikten er å unngå situasjoner hvor en person er innenfor en robots rekkevidde samtidig som den er i aktivt arbeid. Denne barrieren skal derfor være et fysisk hinder, slik at man ikke ved et uhell befinner seg innenfor robotens arbeids-radius. Samtidig skal inngangene til robotens område være utstyrt med en kill-switch, en knapp eller sensor som stopper roboten og hindrer oppstart frem til døren igjen er lukket og låst. Dette er igjen for å hindre at en person og en robot i arbeid aldri befinner seg på samme område til enhver tid.



Axelent: X-Guard maskinbeskyttelse [6]

Sikringen for denne spesifikke løsningen vil bestå av en rekke gitter-veggseksjoner, samt to identiske inngangsporter med hver sin integrerte kill-switch. Maskinbeskyttelsen vi har valgt har navnet X-Guard, og gir stor fleksibilitet ved å kunne justere sikringen etter behov. Dette systemet kommer i deler, hvor man bestemmer selv hvor store gitter-seksjoner man skal ta i bruk, og hvor man plasserer stolpene for disse. Slik får vi skreddersydd hver enkelt side av sikringen, med tanke på både lengder og plasseringer. I listen under inkluderer vi alle seksjoner og deler vi trenger for å sikre vår robot arm.



## Ordre-liste, estimat:

Produkt	Art. nr	Antall	Pris per enhet
Slagport, inklusiv karm, X-Guard, Høyde: 2000 mm, Bredde: 1500 mm	312058	2	2 095,-
Nettingseksjon X-Guard, Høyde: 1900 mm, Bredde: 1500 mm	312026	6	1 155,-
Nettingseksjon X-Guard, Høyde: 1900 mm, Bredde: 1200 mm	312023	4	1 090,-
Nettingseksjon X-Guard, Høyde: 1900 mm, Bredde: 1000 mm	312021	2	1 040,-
Nettingseksjon X-Guard, Høyde: 1900 mm, Bredde: 500 mm	312016	2	995,-
Nettingseksjon X-Guard, Høyde: 1900 mm, Bredde: 1300 mm	312024	2	1125,-
Stolpe X-Guard, Høyde: 2000 mm, Bredde: 50 mm	312041	19	565,-
		Totalt:	32 535,- kr

## 5.2 Diskusjoner med bedrifter

I sammenheng med valg av robotarm, var vi i kontakt med FANUC Sverige, da dette var det nærmeste kontoret å snakke med. Vi fikk her hjelp av en salgsleder med en rekke spørsmål vi hadde, som gjorde det enklere for oss å ta et informert valg når det kom til den spesifikke robotarmen vi ville ta i bruk i løsningen. Salgslederen ga oss noen estimater på pris, og avklaring på hvilke produkter og tjenester som ville være inkludert i denne prisen.

Ved valg av maskinsikring tok vi kontakt med AJ Produkter, og fikk god informasjon angående eksakte dimensjoner på slagporter, som ikke var nøye oppført i databladene. Dette gjorde det enklere for oss å velge riktig mengde stolper, og riktige lengder på gitter-vegger.

## 5.3 Prisantydning for systemet

Her har vi slått sammen prisene for de forskjellige delene av systemet. Store deler av denne prisen er prisantydninger fra FANUC Sverige. I tillegg til dette kommer også monteringskostnader og programvarer fra FANUC.

Produkt	Pris antydning i nok
<b>FANUC M-710iC/70</b>	334 000,-
<b>iRVision 2D</b>	25 300,-
<b>Sikkerhetsbarriere</b>	32 535,-
<b>Totalt:</b>	<b>391 835,-</b>

*Robot-griper, kameralys og dørlåsesystem er ikke inkludert i det totale regnskapet*

## 6 Diskusjon

Ved prosjektets start i begynnelsen av semesteret, planla vi godt hvordan vi skulle disponere tiden fremover. Etter hvert som vi begynte å komme godt i gang, merket vi fort at arbeidsmengden ville bli en del mindre enn først antatt. På grunn av prosjektets manglende praktiske utførelse, kombinert med global pandemi som gjorde det umulig å være tettere innpå samarbeidsbedriften, var arbeidsoppgavene våre i noe mindre skala. Av denne grunn tok vi på oss litt ekstra arbeid med å planlegge for en maskinsikring rundt en av HVL sine industrielle roboter i tillegg til hovedoppgaven for Hansa. Denne ekstraoppgaven kan finnes som vedlegg i slutten av rapporten.

Et av de første store valgene vi kom over var å velge riktig robotarm som skulle passe inn i løsningen vår. Med de gitte ønskene og kravene fra Hansa, endte vi opp med en arm som gir mange muligheter for å utvide systemet, samtidig som den vil være veldig fleksibel med tanke på mengde, og type, ølfat som skal behandles. Robotarmen, sammen med kamera-systemet, gjør selve utvidelsen av systemet om til en enkel sak. Her kan nye typer ølfat introduseres i fremtiden, uten at resten av palleteringsystemet nødvendigvis må endres. Robotarmen får opplæring i å kjenne igjen disse nye fatene, og kan deretter implementeres rett inn i det samme systemet. Programmering og implementering av dette systemet blir derfor veldig fleksibelt.

For et mest mulig effektivt system var det viktig å designe en god planløsning for henting og flytting av europallene både med og uten ølfat på. Vi diskuterte dette nærme med vår kontakt fra Hansa, som var til stor hjelp med å tegne selve CAD-plantegningen for oss. Vi vurderte noen forskjellige planløsninger og ulike metoder for å løse problemet, og endte opp med planløsningen vist tidligere i oppgaven. Denne løsningen virker i teorien til å være veldig effektiv med tanke på håndtering av eventuelle pallekøer, og bidrar til å gi robotarmen et best mulig utgangspunkt til å gjøre sine arbeidsoppgaver. Vi var inne på idéen om å bruke robotarmen til å også flytte rundt på tomme europaller til riktige posisjoner. Her var tanken å la armen plukke opp et gaffel-verktøy som ville gjøre det enkelt å flytte rundt på pallene ved nødvendighet. Denne løsningen ble skrotet da vi endte opp med en mer effektiv måte å løse de problemene på, med den nåværende valgte planløsningen. Nå slipper robotarmen å ha noen ekstraoppgaver, og kan bruke all den disponerte tiden sin på kun flytting av ølfat, som forenkler kompleksiteten til systemet. I denne fasen av prosjektet er vi veldig fornøyd med den valgte løsningen, og har stor tillitt til at den takler den gitte problemstillingen på en god måte.

En veldig viktig komponent av et prosjekt som dette, er maskinsikringen som må planlegges og implementeres rundt hele området hvor en robotarm arbeider. Her har vi funnet et veldig godt og modulært system som har gitt oss mye fleksibilitet til å tilpasse sikringen til systemet vi allerede har planlagt. På grunn av denne maskinsikringens forskjellige størrelser og deler, kunne vi designe selve palleteringssystemet uavhengig av å måtte ta hensyn til hvor sikkerhetsbarrierene måtte være. Derfor kunne vi designe palleteringen sånn som vi ville ha den, og deretter tilpasse maskinsikringen rundt dette systemet i etterkant.

Som et tillegg, valgte vi å simulere dette palleteringssystemet til Hansa i mye mindre skala, med en mye mindre kollaborativ robot som HVL har. Dette var til dels for å gi oss selv litt praktisk arbeid i tillegg til kun den teoretiske planleggingen vi ellers hadde, men også for å vise et slags «proof of concept» for å illustrere hvordan logikken til systemet ville fungere i praksis. Her møtte vi på noen problemer i form av størrelsesforskjeller mellom denne robotarmen sitt griperverktøy og det vi brukte som provisoriske



«ølfat». Her var dette griperverktøyet mye større enn «ølfatene» våre, og vi hadde derfor problemer med å gripe de fra siden uten å påvirke de andre fatene på den lille pallen. Dette løste vi med å endre griperetning til ovenfra, og legge på et par ekstra steg i flytteprosessen. Dette vil robotarmen i full skala slippe å bekymre seg for. Resten av den lille simulerte løsningen fungerte akkurat som tenkt, og viser veldig godt logikken og konseptene som vil ligge i bakgrunnen for det realiserte systemet i full skala.



## 7 Konklusjon

I løpet av dette prosjektet, har vi funnet de ulike komponentene og utstyr som er nødvendige for å løse de gitte problemstillingene Hansa har. Planløsningen er god og virker effektiv, og valg av robotarm er godt innenfor de ulike kravene.

Ved en realisering av dette systemet, vil det selvfølgelig oppstå en del montering og programmering av ulike systemer. Dette vil jo innebære håndtering av spesifikke signaler og logikk i programmering og implementering av dette systemet som vi ikke har gått i detaljene på i dette prosjektet. Dette er noe som gjerne hører til selve implementeringen av et slikt system, og ikke i planleggingsfasen.

Vi simulerte som nevnt tidligere programmeringen og arbeidsoppgavene til systemet med en mindre komplisert robot, og fikk et godt resultat som tyder på at konseptene fungerer godt.

Den eneste mangelen vi åpenbart ser er det spesifikke arbeidsverktøyet robotarmen skal bruke. Her finnes det mange ulike valg, og det bør designes et tilpasset verktøy som skal passe godt til bruksområdene til roboten.

Mulige utvidelser av løsningen kan være å for eksempel skrive disse ulike programmene som vil være nødvendige for å kjøre disse ulike systemene. PLS skal brukes til å styre samlebånd, pallemagasin, gi og motta signaler til og fra robotarm etc. Her kan for eksempel et slikt palleteringssystem implementeres i miniatyr med utstyr HVL allerede har, som for eksempel ulike samlebånd og kollaborative roboter. Slik vil oppgaven ha litt mer fylde, og inkludere en god del logisk problemløsning som kan gjøre oppgaven noe mer spennende.

## Referanser

- [1] Arbeidstilsynet, «arbeidstilsynet.no,» [Internett]. Available: <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/ergonomi/manuelt-arbeid/tungt-arbeid/>. [Funnet 29 Januar 2021].
- [2] Fanuc, «fanuc.eu,» Fanuc, 1956. [Internett]. Available: <https://www.fanuc.eu/~media/corporate/products/robots/m710/generic/400x600/int-ro-pr-m71070-l-1.jpg?w=400>. [Funnet 29 Januar 2021].
- [3] FANUC Europe Corporation, «www.fanuc.eu,» FANUC Europe Corporation, 01 januar 2019. [Internett]. Available: <https://www.fanuc.eu/uk/en/robots/robot-filter-page/m-710-series/m-710ic-70>. [Funnet 15 mars 2021].
- [4] Fanuc, «iRVision 2D». Europe Corporation Patentnr. MBR-02856-EN - V4, 07 2019.
- [5] Roboguide Software, *Roboguide*, roboticsandautomationnews.com, 2021.
- [6] Axelent, «/www.axelent.com/,» Axelent, [Internett]. Available: <https://www.axelent.com/>. [Funnet 19 Mars 2021].
- [7] Fanuc, «Fanuc robot safety handbook,» [Internett]. Available: <https://www.fanuc.eu/~media/files/pdf/products/robots/educational%20cell/safety%20manual%20for%20fanuc%20educational%20cell.pdf?la=en>. [Funnet 29 Januar 2021].
- [8] Hansa Borg As, «hansaborg.no,» [Internett]. Available: <https://hansaborg.no/om-hansa-borg/om-oss/>. [Funnet 22 Januar 2021].
- [9] Hansa Borg As, «hansaborg.no,» [Internett]. Available: [https://hansaborg.no/globalassets/arsrapporter/hansa-borg-holding\\_aarsberetning2016.pdf](https://hansaborg.no/globalassets/arsrapporter/hansa-borg-holding_aarsberetning2016.pdf). [Funnet 29 Januar 2021].
- [10] AJ produkter, «www.ajprodukter.no/,» AJ produkter, [Internett]. Available: <https://www.ajprodukter.no/>. [Funnet 19 Mars 2021].

## **Appendiks A    Forkortelser og ordforklaringer**

HVL                    Høgskulen på Vestlandet  
TCP                    Tool Center Point

## **Appendiks B    Prosjektledelse og styring**

### **B.1            Prosjektorganisasjon**

Steffen Gloppen er prosjektleder i Bachelorgruppen og Dimostenis Malekas er ansvarlig for planlegging av tid. Ellers blir arbeidet fordelt likt på begge parter siden vi bare er 2 personer i gruppen.

### **B.2            Prosjektform**

Prosjektformen er egendefinert grunnet vi ikke har noe erfaring innen bachelor skriving. Når vi skriver forstudien, har vi tatt i bruk «forstudiemal0.16.dox» for å lede oss i riktig retning. Vi har fylt malen med informasjon som vi føler er relevant og fjernet punkter som var irrelevant for oss.

### **B.3            Fremdriftsplan**

Fremdriftsplanen finner du som «Vedlegg 1: Ganttdiagram».

### **B.4            Risikoliste**

Pandemi

Endring av ide

Fysisk skade ved arbeid med roboter

Sykdom

### **B.5            Arbeidssted**

Grunnet Covid-19 vil det meste av arbeidet utføres hjemme og på HVL campus. På grunn av Covid-19 restriksjonene har det ikke vært mulig med oppmøte hos Hansa Borg As noe som har preget oppgaven.

### **B.6            Oppfølging**

Det er laget et ganttdiagram («vedlegg 1: Ganttdiagram») som vi prøver å forholde oss til, det blir også ført timeliste for å dokumentere tidsfordelingene.

## **Appendiks C    Tilleggs dokumenter**

- C.1            Vedlegg 1: Gantdiagram
  
- C.2            Vedlegg 2: Fanuc Robot safety handbook
  
- C.3            Vedlegg 3: Endelig Layout Fatkolonne
  
- C.4            Vedlegg 4: Første Layout Fatkolonne
  
- C.5            Vedlegg 5: Video av simulering
  
- C.6            Vedlegg 6: Prosjektering av sikkerhets barriere (HVL)
  
- C.7            Vedlegg 7: iRvision Brochure (kamera)
  
- C.8            Vedlegg 8: Datasheet M-710iC-70 (Robot-arm)
  
- C.9            Vedlegg 9: Forstudie BO21E-35