



Kunnskap for en bedre verden

## Konstruksjonsutvikling for byggmoduler: utviklingsanalyse av konstruksjon og produksjon etter overgang fra manuell til robotisert produksjon

Construction development for building modules: development  
analysis of construction and production after transition from manual to  
robotized production

Rima Zalimaite-Furulund, Casper Skofterød

Gradering: Åpen

Bachelor i ingeniørfag - bygg

Innlevert: mai 2019

Veileder: Jan Steinar Egenes

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for vareproduksjon og byggingteknikk

Oppgavens tittel: Konstruksjonsutvikling for byggmoduler: utviklingsanalyse av konstruksjon og produksjon etter overgang fra manuell til robotisert produksjon Construction development for building modules: development analysis of construction and production after transition from manual to robotized production	Dato: 20.05.2019 Antall sider totalt: [47]		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	x
Navn: Rima Zalimaite-Furulund, Casper Andre Skofterød			
Veileder: Jan Steinar Egenes			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere: Per Even Lysgaard, Erling Rom Høye			

**Sammendrag:**

Formålet med oppgaven er å svare på forskningsspørsmålet gjennom å undersøke alle ledd fra konstruksjon (modultegning) til produksjon av ferdig produkt før og etter anskaffelse av robotisert anlegg i Moelven Byggmodul AS. Det skal også undersøkes om effektiviteten øker ved hjelp av god flyt og godt grensesnitt (kommunikasjon) mellom alle ledd.

Forskningsspørsmålet er:

*Har produksjonen i Moelven Byggmodul AS blitt mer effektivt etter anskaffelse av robotisert anlegg?*

Oppgaven er i hovedsak en kvalitativ studie.

Resultatet av oppgaven viser at utfordringene i prosessen begynte med selve omstillingsperioden, når forandringene måtte tilpasses for folk som jobber i alle ledd. Det ble innført nye ledd som ikke fantes fra før og det ble behov for ny kompetanse. Mange forandringer har oppstått i konstruksjons- og produksjonsdelen som følge av overgangen. Manglende kommunikasjon (grensesnitt) mellom konstruksjon og produksjon gjør det umulig å levere et vellykket produkt. Mer nøyaktig kommunikasjon mellom systemene blir enda viktigere i tiden fremover enn det har vært før. Det har blitt flere ledd som må kommunisere feilfritt for å oppnå et sluttprodukt som utfyller NS kravene, samt kundenes forventninger. Etter undersøkelsen så langt har det blitt konkludert at teoretisk sett vil konstruksjon og produksjon bli mer effektivt totalt sett, men at dette ikke nødvendigvis er tilfelle i alle separate ledd. Det trengs derimot mer tid før man kan fastslå om effektiviteten, produktiviteten og kvaliteten øker som følge av robotiseringen.

**Stikkord:**

Konstruksjonsutvikling

Byggmoduler

Konstruksjon

Produksjon

Robotisert produksjon



Rima Zalimaite-Furulund



Casper Andre Skofterød

# Abstract

✧ The purpose of the assignment has been to examine all parts of the process from construction (modular drawing) to assembly of the finished product before and after the acquisition of automated facilities in Moelven Byggmodul AS. The assignment will compare how it was before and after industrialization. To investigate whether efficiency increases by means of good flow and good interface (communication) between all parts of the process.

The research question is:

*Has the production in Moelven Byggmodul AS become more efficient after the acquisition of robotized facilities?*

✧ The thesis is mainly a qualitative study.

✧ The result of the assignment shows that the challenges in the process began in the transition period, when the changes had to be adapted by people who work at all the different levels. New work assignments were introduced that were not previously present, and new expertise was needed. A lot of changes have occurred in the construction and production part as a result of the transition. Lack of communication (interface) between construction and production makes it impossible to deliver a successful product. More accurate communication between the systems becomes even more important going forward than it has ever been before. More parts of the process have been introduced that needs to communicate flawlessly in order to fulfill the requirements in NS, aswell as the customers' expectations. After the survey, it has been concluded that overall efficiency and productivity are increasing, but this is not necessarily the case for all separate stages of the process. However, more time is needed before one can determine whether efficiency, productivity and quality has increased as a result of the robotization.

# Forord

Denne oppgaven er utført ved NTNU vårsemesteret 2019. Oppgaven er utført som et avsluttende arbeid for bachelorstudium i ingeniørfag – bygg og gir 20 studiepoeng.

Oppgaven ble valgt på grunn av vår interesse i bygging med byggmoduler. Samt nysgjerrighet om fabrikkindustrialisering kan øke effektivitet og produktivitet i konstruksjon og produksjon og få bedre kvalitet på sluttprodukt. Oppgaven er skrevet i samarbeid med ekstern bedrift. Oppgaven er basert på en forespørsel fra Moelven Byggmodul AS (MBAS) og skal ta for seg utviklingsanalyse i konstruksjon (tegninger) og produksjon før og etter overgang fra manuell til robotisert produksjon. MBAS har levert mer en 120.000 moduler til byggemarkedet gjennom 50 år. Har høy ferdigstillingsgrad fra fabrikk og leverer både permanente og midlertidige bygg. Moelven Byggmodul AS er i en spennende utvikling når det gjelder å industrialisere modulbygg. I starten på 2019 fikk de inn robotisert anlegg for å formatere plater og kutte stendere til produksjonen. En viktig suksessfaktor for Moelven byggmodul AS så langt har vært et tett og godt samarbeid mellom konstruksjon og produksjon. Det skal sammenlignes hvordan dette var gjort med bare menneskelig arbeidskraft og hvordan det ble etter at de har fått robotisert anlegg. Oppgaven skal se på utviklingen fra manuell til robotisert produksjon med størst fokus på det siste leddet.

Vi vil rette en stor takk til våre veiledere fra MBAS Per Even Lysgaard (konstruksjonssjef) og Erling Rom Høye (konstruktør). Det har vært veldig interessant å få et innblikk i hvordan de jobber i MBAS og hvor godt samarbeid og presisjon det må være mellom forskjellige ledd til å få et vellykket produkt.

Vi ønsker også å takke vår veileder ved NTNU Gjøvik, Jan Steinar Egenes, for veiledning under oppgaveskriving.

# Innholdsfortegnelse

Abstract .....	iii
Forord .....	iv
Innholdsfortegnelse .....	v
Forkortelser .....	vii
Definisjoner .....	viii
Figurliste.....	ix
1 Innledning.....	1
1.1 Moelven-konsernet .....	2
1.1.1 Moelven byggmodul AS .....	3
1.1.2 Omstillingsprosess .....	3
1.2 Bakgrunn for valg av problemstilling.....	4
1.3 Problem.....	5
1.4 Problemstilling.....	6
1.5 Formålet med undersøkelsen .....	6
1.6 Generell innføring i temaet.....	6
Muligheter ved bruk av robotisering:.....	6
Fordeler med robotisering: .....	6
Flere grunner til å robotisere: .....	7
1.7 Avgrensninger .....	7
2 Teori .....	9
2.1 Industri 4.0.....	9
2.2 Industrialisering .....	10
2.2.1 Organisering og logistikk .....	11
2.2.2 Operatør.....	12
2.3 LEAN.....	12
2.3.1 Lean-konseptet .....	12
2.4 DDS-CAD (Data Design System) .....	14
2.4.1 Industry Foundation Classes (IFC) .....	15
2.5 Robot CNC .....	15
2.5.1 Compass .....	16

3	Metode.....	17
3.1	Kvantitativ og kvalitativ metode .....	17
3.1.1	Kvantitativ metode .....	17
3.1.2	Kvalitativ metode .....	18
3.2	Validitet og reliabilitet.....	18
3.2.1	Validitet .....	18
3.2.2	Reliabilitet .....	18
3.2.3	Case-studie .....	18
3.3	Metodevalg i oppgaven .....	19
3.3.1	Ustrukturerte intervjuer .....	19
3.3.2	Observasjoner.....	20
3.3.3	Litteraturstudie .....	20
4	Empiri.....	21
4.1	Mål etter overgangen .....	21
4.2	Konstruktøren .....	21
4.2.1	Før: .....	21
4.2.2	Etter: .....	22
4.3	Materialliste .....	22
4.4	Bestilling av varer.....	24
4.4.1	Før: .....	24
4.4.2	Etter: .....	24
4.5	Operatøren .....	24
4.6	Hundegger .....	25
4.7	Montøren .....	25
5	Resultat.....	26
6	Diskusjon.....	27
7	Konklusjon .....	30
	Videre forskning.....	31
	Vedlegg .....	32
	Litteraturliste .....	36

# Forkortelser

Tabell 1:

Tabellen viser forkortelser og betydninger.

Nr.	Forkortelser	Betydning
01	2D	To-dimensional tegning (x, y)
02	3D	Tre-dimensional tegning (x, y, z)
03	MBAS	Moelven Byggmodul AS
04	DDS	Data Design System
05	CAD	Computer Aided Design
06	IFC	Industry Foundation Classes
07	BIM	Bygningsinformasjonsmodellering
08	CNC	Computer Numerical Control
09	DWG	Format for lagring av CAD-filer

# Definisjoner

Tabell 2:

Tabellen viser begreper og definisjoner.

Nr.	Begreper	Forklaring/Definisjoner
01	DDS	
01	CAD	CAD - Computer-aided design: digital modellering av et byggeprosjekt.
02	IFC	En datastandard som muliggjør deling av informasjon mellom prosjektmedlemmer og mellom forskjellige programmer datamodellen. Er utviklet av buildingSMART.
03	Modul	En del av et byggverk som er produsert i fabrikken og sammen med andre modulene er samlet inn i en komplett bygning.
04	Kit (sett)	Byggesett til et element. I våres tilfelle samling av «plater» til å bygge en vegg, gulv eller tak.
05	BIM	Er en digital 3D-modell av et gitt byggverk som har all informasjon og data som skal til for å prosjektere, bygge og drifte det.
06	CNC	Maskin som styres av en datakjerne
07	DWG	Filformat for lagring av CAD-filer



# Figurliste

Figur 1: Industriutviklingen gjennom fire definerte revolusjoner

Kilde: <https://ing.dk/blog/den-4-industrielle-revolution-162347>

Figur 2: (TQM Center Norway)

Figur 3: IFC får datamaskinene til å snakke sammen

Kilde: <https://buildingsmart.no/hva-er-opensim/bs-datamodell>

Figur 4: Oversiktsbilde av informasjonsflyt

Figur 5: Automatisk generert materialliste for enkel vegg

Figur 6: Fullverdig materialliste fra DDS-CAD

# Tabelliste

Tabell 1: Tabellen viser forkortelser og betydninger.

Tabell 2: Tabellen viser begreper og definisjoner.

# 1 Innledning

I dette studiet ønsker vi å se nærmere på hvordan industrialisering kan øke effektiviteten og dermed konkurransekraft i Moelven Byggmodul AS. Det vi er interessert i er hvilke ledd og grensesnitt, fra konstruksjon (elementtegninger) til sluttprodukt, blir mer effektive. Hvordan effektiviteten i forskjellige ledd hjelper bedriften til å økt produktivitetsnivå etter anskaffelse av robotisert anlegg. Samtidig vil vi se hvilke utfordringer bedriften får i grensesnitt (kommunikasjon) mellom alle ledd. Undersøke om det er mulig å få god flyt i hele prosessen fra start til sluttprodukt som er hovedmål for å få gode resultater. Finne ut hvilke positive og negative effekter, hvilke utfordringer, problemer får bedriften etter anskaffelse av robotisert anlegg.

For å presentere temaet på en mer konstruktiv og ryddig måte og gjøre lettere for lesere å se forskjellen på hvordan det var før anskaffelse av robotisert anlegg og etter, deler vi det i avsnitt der vi beskriver situasjonen som var før og etter. Har vi valgt å se på følgende parametere med og uten robotisering.

## **Grensesnitt i alle ledd fra konstruksjonstegninger til ferdig produkt.**

Vi vil se på forskjellene før og etter robotiseringen i forhold til følgende tema:

- Før: måten konstruksjon (modultegninger) var tegnet i DDS-CAD før.
- Etter: måten konstruksjon (modultegninger) må tegnes i DDS-CAD nå.
  
- Før: måten konstruksjonstegningene ble utlevert til fabrikk før.
- Etter: måten konstruksjonstegningene blir utlevert til operatøren nå.
  
- Før: hvordan manuell beregning av materialister påvirket prosessen før.
- Etter: hvordan automatisk generering materialister påvirker prosessen nå evt. øker effektiviteten.
  
- Før: måten materialvarene ble bestilt før.
- Etter: måten bestillingen av materialvarer foregår på nå.

- Før: hvordan fikk fabrikken stendere, bjelker etc. før.
- Etter: hvordan fabrikken får stendere, bjelker etc. øker effektiviteten?
  
- Før: hvordan påvirket måten platene ble formatert på tidligere effektiviteten.
- Etter: måten platene formateres nå evt. øker effektiviteten.
  
- Før: hvordan skaffet montørene nødvendige materialene før.
- Etter: hvordan montørene får materialene nå evt. øker effektiviteten.
  
- Før: hvordan ble feilene i konstruksjonstegningene fikset ved sen oppdagelse før.
- Etter: hvordan skal feil i konstruksjonstegninger ved sen oppdagelse bli fikset nå.

## 1.1 Moelven-konsernet



*Foto: Moelven. Kjerrehjul.*

Moelven er et skandinavisk industrikonsern, etablert i 1899 med hovedkontor i Moelv. Alle produksjonsenhetene er lokalisert i Skandinavia, som også er hovedmarkedet. Moelven har gjennom snart 120 år utviklet seg fra å være et bruk i Moelv som produserte oljekokte kjerrehjul til å nå være et internasjonalt tremekanisk konsern.

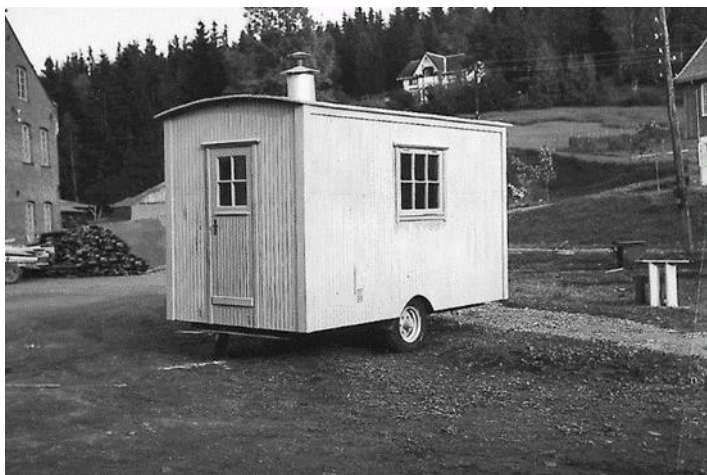
Moelven-konsernet er organisert i tre divisjoner: Timber, Byggsystemer og Wood.

Konsernledelsen består av konsernsjef og lederne for hver av de tre divisjonene. Moelven-

konsernet har 36 produksjonsselskaper fordelt på 45 produksjonssteder i Norge og Sverige med 3500 ansatte og med en omsetning på ca. 11 milliarder NOK. I tillegg har de salgskontorer i Norge, Sverige, Danmark, Storbritannia, Tyskland, Nederlands og Polen.

Bærekraft er en av bærebjelkene i Moelven. All utvikling, bygging og drift skal være bærekraftig og stiller høye krav til helse, miljø og sikkerhet (Moelven-konsernet, 2019).

### **1.1.1 Moelven byggmodul AS**



*Foto: Moelven. Hus på hjul ble produsert først på 50-tallet. Utenfor Moelven ble konstruksjonen kalt Moelvenbrakka.*

Moelven Byggmodul AS er underavdeling av konsernets Byggsystemer divisjon. Moelven Byggmodul AS (MBAS) har levert mer en 120.000 moduler til byggemarkedet gjennom 50 år. Har høy ferdigstillingsgrad fra fabrikken og leverer både permanente og midlertidige bygg. Moelven Byggmodul er i en spennende utvikling når det gjelder å industrialisere modulbygg. I starten på 2019 får de inn robotisert anlegg for å formatere plater til produksjonen. En viktig suksessfaktor i dette er tett og godt samarbeid mellom konstruksjon og produksjon (Moelven Byggmodul AS, 2019).

### **1.1.2 Omstillingsprosess**

Ifølge fabrikkjefen, Moelven Byggmodul AS startet en inkluderingsprosess i august 2015 hvor de startet med «ByggModul» mot nye høyder. Ut ifra denne prosessen kom det opp ideen om et eget kapphus. Så ble det da seinere startet et forprosjekt som sa noe om innholdet. Styret tok sin endelige beslutning om investeringen desember 2016. Selve investerings og

byggeprosessen startet i 2018. Investeringer fører også med seg omstillingsprosesser i organisasjonen. Disse står MBAS midt oppe i nå. Grunnen til anskaffelse av robotisert anlegg var et ønske om økt produktivitet, og dermed økt konkurransekraft. På sikt er målet å øke inntjeningen med 30%.

## 1.2 Bakgrunn for valg av problemstilling

Gjennom studiet fikk vi interesse for tre som byggematerialet. Allerede fra det første året ble det lagt stort fokus på miljø og bærekraft. Verden er i "grønt" skifte. I de siste årene har byggebransjen også fokusert på å ta samme retningen. Det skal bygges minst mulig miljøskadelig, samtidig som at det skal være økonomisk gunstig. Den overordnede målsetningen for det norske samfunnet er at utviklingen skal være økonomisk, sosialt og økologisk bærekraftig (Regjeringen.no, 2002). FN definerer bærekraftig utvikling som «utvikling der økonomisk utvikling, sosial utvikling og miljøvern samvirker og forsterker hverandre gjensidig» (Fra det sosiale toppmøtet World Summit on Social Development i 1995).

Vi ble stadig mer interesserte i modulbygg og konstruksjonselementer som blir bygget ferdig på fabrikken. En av grunnene at vi valgte Moelven Byggmoduler AS (MBAS) er at modulbygg ifølge Moelven-konsernet, er en bærekraftig byggemetode og bruker bærekraftige byggematerialer i tre (Moelven Byggmodul AS, 2019).

En av de tre pilarene i bærekraftig utvikling er økonomi (FN-SAMBANDET united nations association of Norway, 2017). Ifølge SINTEF er en av de viktigste faktorene for å øke økonomien i organisasjonen, effektiviseringen av produksjon. Dette kan gjøres ved hjelp av robotisering (Moum *et al.*, 2017). I Moelven Byggmodul AS ble det valgt å anskaffe robotisert anlegg for å øke effektiviteten og konkurransekraften i bedriften.

Robotisering har blitt tatt i bruk av andre industrier som bilindustri og møbelindustri med suksess. I dette studiet ønsker vi å se nærmere på om industrialisering og automatisering i fabrikkindustrien kan bidra til økt effektivitet, produktivitet og økt konkurransekraft. Samtidig vil vi se på hvilke forandringer som forekommer i alle ledd av prosessen som følge av

overgangen fra industriell manuell til industriell robotisert produksjon. Vi ønsker også å sammenligne hvordan det var før og nå.

Bygg21, som er et samarbeid mellom bygg- og eiendomsnæringen og statlige myndigheter. Bygg21 har opparbeidet en rapport som sier at oppskriften for enda bedre utvikling i bygg- og eiendomsnæringen er bedre samhandling, industriell tilnærming, mer bruk av ny teknologi og rett kompetanse i alle ledd (Bygg21, 2019).

Bygg21 har lagt til grunn fem dimensjoner som de mener er viktige for effektivisering:

- Organisering
- Flyt
- Standardisering
- Automatisering
- Teknologibruk

Siden MBAS har anskaffet et robotisert anlegg (automatisering) vil vi analysere utviklingen mellom konstruksjon og produksjon før og etter robotisering av deler av virksomheten. Vi vil se på hvordan alle ledd fra konstruksjon (tegninger) til sluttprodukt blir forandret og om det totalt sett blir mer effektivt på grunn av robotisering og god flyt.

## 1.3 Problem

Ifølge fabrikkjefen ved Moelven Byggmodul AS er målet til fabrikken økt produktivitet, ved effektivisering av prosesser, mindre svinn, mindre arbeidskraft og at sluttproduktet holder høyere kvalitet. Høyere kvalitet forstås her som mindre feil og gjennom det bedre økonomi. Formålet med oppgaven er å undersøke hvorvidt robotisering i Moelven Byggmodul AS kan bidra til økt effektivitet i alle ledd av konstruksjon og produksjon.

Overgangen til automatisert produksjon vil ifølge konstruksjonssjef føre til en forandret arbeidshverdag for de fleste som jobber i MBAS. Konstruktørene har tidligere tegnet enkle modultegninger i 2D. Etter overgangen vil konstruktørene være nødt til å tegne langt mer nøyaktige tegninger. For andre som jobber i fabrikken dagens oppgaver blir forandret etter omstillingen. I tillegg kommer det til å være flere ledd fra tegningene blir tegnet til sluttproduktet kjøres ut av fabrikken en det var før.

## 1.4 Problemstilling

Forskningsspørsmålet vi har valgt er:

*Har produksjonen i Moelven Byggmodul AS blitt mer effektivt etter anskaffelse av robotisert anlegg?*

En av problemstillingene blir da om det totalt sett har blitt mer effektiv, selv om enkelte ledd i produksjonen antagelig har blitt mer ressurskrevende.

## 1.5 Formålet med undersøkelsen

Formålet med oppgaven er å svare på forskningsspørsmålet gjennom å undersøke alle ledd fra konstruksjon (modultegning) til produksjon av ferdig produkt før og etter anskaffelse av robotisert anlegg i Moelven Byggmodul AS. Det skal også undersøkes om effektiviteten øker ved hjelp av god flyt og godt grensesnitt (kommunikasjon) mellom alle ledd.

## 1.6 Generell innføring i temaet

Robotisering er ett av flere tiltak som kan inngå i automatisering av en bedrift eller prosess. Ved robotisering av noen prosesser i en organisasjon betyr ikke nødvendigvis at noen mister jobben. Det forsvinner en del jobber som roboten tar over, men det blir behov for ny kompetanse (Eirik, 2018). Roboten kan gjøre jobben fortere og med stor nøyaktighet på kortere tid enn mennesker kan. Derfor kan det oppnås en mer økonomisk lønnsom produksjon med høyere kvalitet (RobotNorge AS).

Ifølge Robot Norge AS er mulighetene og fordelene ved bruk av robotisering store:

Muligheter ved bruk av robotisering:

- Høyere utnyttelse av maskiner og produksjonslinjer (grunninvestering).

Fordeler med robotisering:

- Stabil kvalitet (mindre feil)
- Forutsigbar kapasitet
- Bedre konkurransekraft
- Mindre bruk av spesialmaskiner og tilpasning



- Flexibilitet

#### Flere grunner til å robotisere:

1. Høyere produksjonstakt
2. Minimere arbeidsintensive og HMS-belastede oppgaver
3. Redusere kostnader per produsert komponent
4. Kortere gjennomløpstider, færre produkter i arbeid
5. Enklere å gjennomføre raske omstillinger
6. Større fleksibilitet
7. Jevnere og bedre kvalitet
8. Jevnere og oversiktlig leveringstid
9. Økt produksjon med samme eller lavere bemanning
10. Lav nedbetalingstid og lang levetid

I oppgaven undersøkes det om kvalitet og produktivitet og dermed effektivitet blir bedre etter robotisering i Moelven Byggmodul AS.

## **1.7 Avgrensninger**

I oppgaven er det ikke tatt høyde for økonomiske gevinster eller eventuelle nedturen før og etter robotisering. Undersøkelsen baserer seg utelukkende på *opplevd* kvalitetsøkning i alle ledd. Dvs. hvordan ansatte har opplevd endringen. Kvaliteten er vurdert i form av antall feil. I noen av leddene kan effektiviteten bli dårligere som følge av robotiseringen, mens i andre ledd vil den øke. Effektivitet i denne oppgaven er sett på som total effektivitet i konstruksjon og produksjon og ikke i separate ledd.

Oppgaven inneholder ikke fysiske målinger. Oppgaven baseres utelukkende på subjektive opplevelser fra ansatte som vi har snakket med.

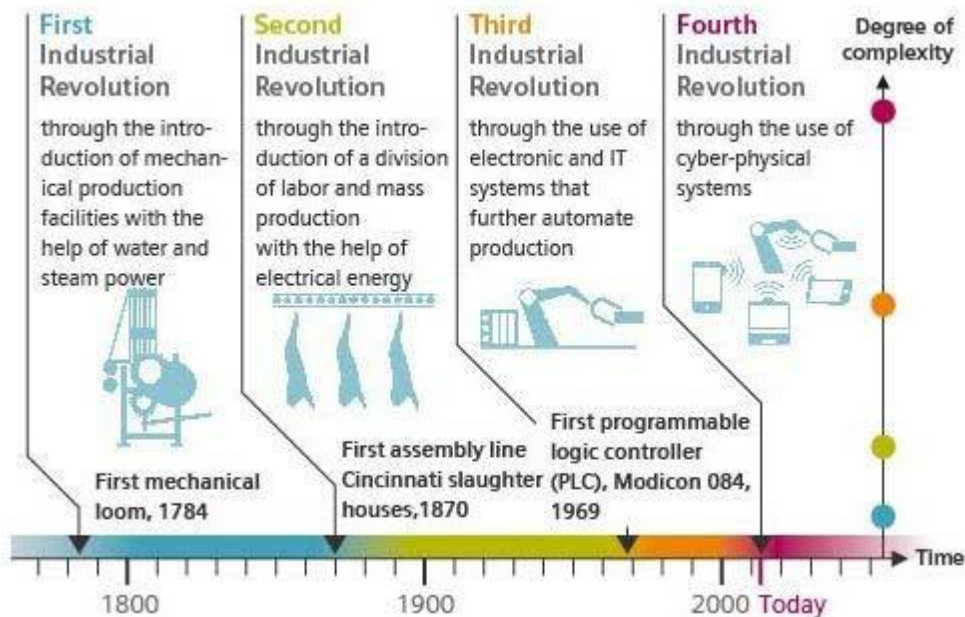
Som i alle kvalitative undersøkelser, har denne oppgaven også begrensninger siden det er bygget på et begrenset utvalg intervjuobjekter. Oppgaven hadde vært vesentlig styrket om vi hadde hatt mulighet til å snakke med alle konstruktører, operatører, montører osv. som jobber på fabrikk. Dette var dessverre ikke mulig å gjennomføre.

## 2 Teori

I teorigrunnet vårt har vi valgt å bygge på noe sentral litteratur innen robotisering. Særlig viktige kilder har bla. vært SINNTEF og rapporten «Industrialisering av byggeprosessene Status og trender». I tillegg har vi også basert oss på tidligere masteroppgaver innen temaet og annen relevant litteratur. Vi har også lagt vekt på teorien LEAN.

### 2.1 Industri 4.0

Begrepet industri 4.0 beskriver den fjerde industrielle revolusjonen, en utvikling der internett, robotisering, produksjon og produkter er uatskillelig. Digitalisering og robotisering av produksjon vil også føre til at flere rutinevirksomheter vil bli utført av maskiner. En fordel som følge av dette, kan være at industriell produksjon kan utføres i Norge i stedet for i lavkostnadsland (Inovasjon Norge, 2015).



Figur 1: Industriutviklingen gjennom fire definerte revolusjoner

Kilde: <https://ing.dk/blog/den-4-industrielle-revolution-162347>

## 2.2 Industrialisering

Industrialisering i Norsk Wikipedia omtales som "betegnelsen på overgangen fra manuelt til automatisert og maskinelt arbeid i et samfunn" og knyttes historisk sett sammen med samfunnsutvikling og produktivitetsøkning. Som det er nevnt i SINTEF rapporten (Moum *et al.*, 2017), et begrep som industrialisering dukker opp i mange diskusjoner og det knyttes en forventning til at en mer industrialisert BA-næring og industrialiserte byggeprosesser vil føre til:

- kortere byggetid
- mer effektive og smidige prosesser
- reduserte kostnader
- økt konkurransekraft
- bedre kontroll
- færre arbeidsulykker
- renere bygg
- bedre kvalitet og færre byggskader

Antall roboter per arbeider er lavere i Norge enn i andre land som Tyskland og Sverige men behovet for omstillinger vil øke (Meld. St. 27 (2016–2017), 2017). En grunnleggende årsak til dette er at den type industri vi har hatt i Norge hittil ikke har vært særlig egnet for robotisering, da det ofte ikke har vært masseproduksjon (Bacheloroppgave, 2017).

Eksempler på interessante land når det gjelder industrialisering, er Italia, Tyskland, Sverige, Japan, Kina, Australia, Canada og spesielt Storbritannia som i mange sammenhenger blir omtalt som foregangsland på målrettet utviklingsarbeid i BA-næringen. I SINTEF rapporten finner vi at Departementet for "Business Innovations and Skills" og Construction 2025 (samarbeid mellom myndigheter og næring) har utviklet strategiene er innrettet mot følgende måloppnåelse innen 2025 (Moum *et al.*, 2017). Et par av de er:

- en 33% reduksjon i både opprinnelig byggekostnad og hele levetidskostnaden for eiendelerassets.
- en 50% reduksjon i samlet tid fra oppstart til ferdigstillelse for nybygg og oppussede eiendeler.

Byggenæringen i Norge ifølge SINTEF rapporten (Moum *et al.*, 2017) har i dag to segment med aktører som jobber industrialisert:

- de som i høy grad bruker prefabrikkerte bygningsdeler med moderat til høy ferdiggrad.
- de som bygger med lav ferdiggrad, men der byggeprosessen kjennetegnes av høy grad av systematisering/industrialisering.

En av de viktige faktorene er å kunne tilby enten unike produkter eller produkter som er bearbeidet i større eller mindre grad, samt produkter som er produsert med lave omstillingskostnader. Derfor er det viktig å finne frem til effektive automasjonsløsninger. Ifølge SINTEF rapporten vil investeringer i fleksible automasjonsløsninger være en nøkkel for å holde tritt med markedet og mener at de kommende årene vil være preget av ekspansjon og høy aktivitet (Moum *et al.*, 2017). Behovet for å utvikle rutiner og verdikjeder er ikke bare i produksjonen men også innenfor logistikken.

Andre industrier som har industrialisert produksjon og som baserer seg på masseprodusert skreddersøm har kommet mye lengere enn byggebransjen. For eksempel bil- og møbelindustri der kundene kan velge mellom forskjellige varianter av produkter. Et viktig element er kompetanse.

SFI Manufacturing (Senter for forskningsbasert innovasjon) ble satt i gang i 2016 og fokuserer på tverrfaglig forskningsbasert innovasjon av multimaterial-produkter. Ifølge SINTEF rapporten skal automatisert produksjon gi økt konkurransekraft i norsk produksjon. SFI Manufacturing's visjon er å vise at bærekraftig og avansert produksjon av varer i et høykostland som Norge er mulig. For å oppnå denne visjonen er man nødt til å levere de riktige produktene og teknologiene, samt involvere menneskene på en riktig måte (SINTEF).

### **2.2.1 Organisering og logistikk**

En viktig del, før selve produksjonen kan begynne, er organisering og planlegging. Ifølge SINTEF rapport må mye av grunnlaget for industriell byggeproduksjon legges før selve produksjonsprosessen kan starte. Innenfor logistikk er det også behov for å utvikle rutiner og verdikjeder. Gode rutiner kan gi fortrinn som leverandør.

## 2.2.2 Operatør

Operatører som kunne utføre enkle operasjoner før, trenger en annen kompetanse for å utføre automatiserte prosesser nå. Systemene er mer avanserte og mer komplekse etter at man tar i bruk roboter. Operatørene må ha detaljkunnskap om produksjonsutstyret, samt et oversiktlig bilde av vareflyten. Operatøren må også ha kunnskap innenfor logistikk, maskineri, vedlikehold og produksjonssystem (Moum *et al.*, 2017).

## 2.3 LEAN

### 2.3.1 Lean-konseptet

«The Machine That changed the world» av James P. Womack, Daniel T. Jones og Daniel Roos (1991) og etterfølgeren Lean Thinking: «Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation» (1996) er begge bøker som omhandler revolusjonen i produksjonen til Toyota tidlig på 90-tallet.

Teorien bygger på å maksimere verdi og minimere sløsing. Lean tankegangen handler ifølge Womack & Jones på de fem prinsippene verdi, verdistrøm, flyt, pull og kontinuerlig forbedring (Womack og Jones, 1996).

#### Verdi

Verdi i Lean-sammenheng handler om at det er kunden som skal definere hva som er verdifullt og nyttig. Dette fordi det er kunden som tilslutt skal bruke produktet.

#### Verdistrøm

Under kartleggingen av prosessen defineres en «kritisk linje» for verdiskapningen. Denne «kritiske linjen» blir definert på bakgrunn av hva kunden mener er verdifullt og nyttig. Målet er å tilrettelegge produksjonen for å redusere prosesser som ikke genererer verdi, samt å gi verdiskapende aktiviteter mer spillerom.

## Flyt

Med flyt menes det at verdistrømmen ikke stopper opp i enkelte deler av produksjonen, men får flyte så uhindret som mulig. I en samlebåndsproduksjon stopper prosessen opp hvis en av stasjonene ikke produserer. Det er derfor viktig at alle stasjonene har de rette forutsetningene til å gjennomføre sine arbeidsoppgaver.

## Pull

Pullprinsippet handler om at innsatsmidlene trekkes gjennom verdistrømmen i stedet for at de må skyves til neste ledd. Man kan se på det slik at en stasjons ferdig produkt er neste ledds innsatsmiddel. Innsatsmidler kan være tegninger, beskrivelser, ferdig kuttete materialer osv.

## Kontinuerlig forbedring

Kontinuerlig forbedring handler om at man til enhver tid forsøker å forbedre, samt tilpasse de 4 foregående prinsippene i sin bedrift.



Figur 2: (TQM Center Norway)

Lean-tankegangen stammer fra Henry Fords samlebåndsproduksjon som brøt igjennom tidlig på 1900- tallet. Samlebåndsproduksjonen revolusjonerte bilindustrien ved å standardisere arbeidsprosesser som gav høy produktivitet gjennom redusert tids- og ressursbruk i tillegg til

bedre flyt i produksjonen. Fords modell hadde derimot en svakhet når det kom til fleksibilitet. Toyota videreutviklet Fords modell med å maksimere verdiskapning ved å øke fleksibilitet og fokusere på kontinuerlig forbedring.

## **2.4 DDS-CAD (Data Design System)**

DDS-CAD Konstruksjon er et verktøy som både er intelligent og lettfattelig for byggplanlegging, beregning og simulering av komplette bygg med omfattende teknikk. Den komplette bygg informasjonsmodellen (BIM) kan automatisk importeres fra IFC-filer (Data Design System Nemetschek Group).

Alternativt kan planløsninger fra DDS-CAD Arkitekt leses inn fra en DWG-fil hvor det er gode funksjoner for å raskt gjenkjenne rom, dører, vinduer, romtekster og romnummer. Hele bygget blir da konvertert til en komplett 3D "slim" BIM modell.

Ved hjelp av tilleggsmoduler blir ikke bare planleggingsprosessen optimert, men resultatet kan bli visualisert og simulert før installeringen på byggeplassen startes.

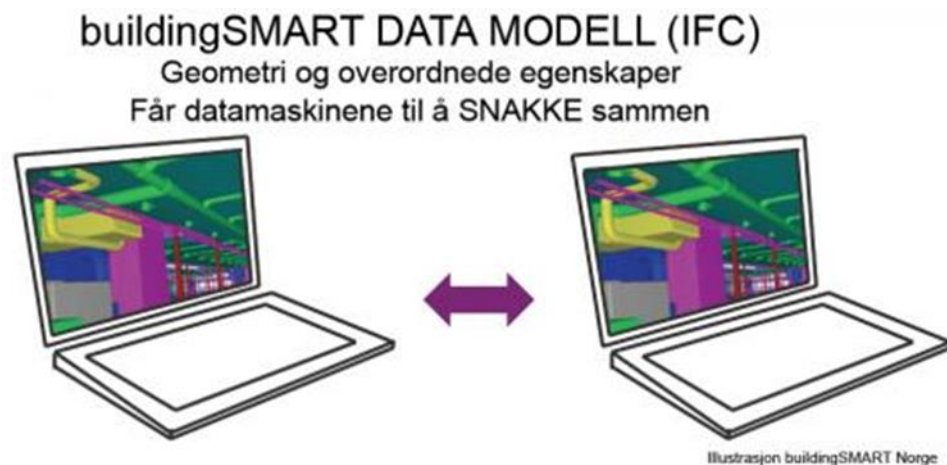
Med mange intelligente og automatiserte løsninger, fleksibelt og intuitivt grensesnitt sikrer DDS-CAD effektivitet i prosjekteringen.

Stadig flere kunder styrer nå produksjonen direkte fra DDS-CAD Konstruksjon. Moderne pre-cut maskiner både kapper, freser og borer og det kan f. eks automatisk frese for stendere i bunn/topp-svill. For gulv/tak/element-produksjon eksporteres det ut meget detaljert informasjon om hvor plater/lekter/kledning skal spikres, hvor det skal skjæres ut for åpninger etc. Store besparelser kan dermed oppnås gjennom automatisering av prosesser, større presisjon, bedre kvalitet, lavere feilprosent og bedre økonomi.

DDS-CAD Konstruksjon eksporterer både trevirke (bjelker/stendere/lekter, kledning ol.), isolasjon og plater til IFC modell (Data Design System Nemetschek Group).



## 2.4.1 Industry Foundation Classes (IFC)



Figur 3: IFC får datamaskinene til å snakke sammen

Kilde: <https://buildingsmart.no/hva-er-opensim/bs-datamodel>

Et filformat, kalt IFC (Industry Foundation Classes), er en **buildingSMART Datamodel** som gjør at aktørene i byggenæringens verdikjede, kan utveksle komplekse 3Dmodeller med essensiell informasjon, entydige beskrivelser av bygningsobjekter og støtteprosesser, uavhengig av programvaren som brukes. Prosjektene blir kvalitetssikret og kan brukes av forskjellige aktører.

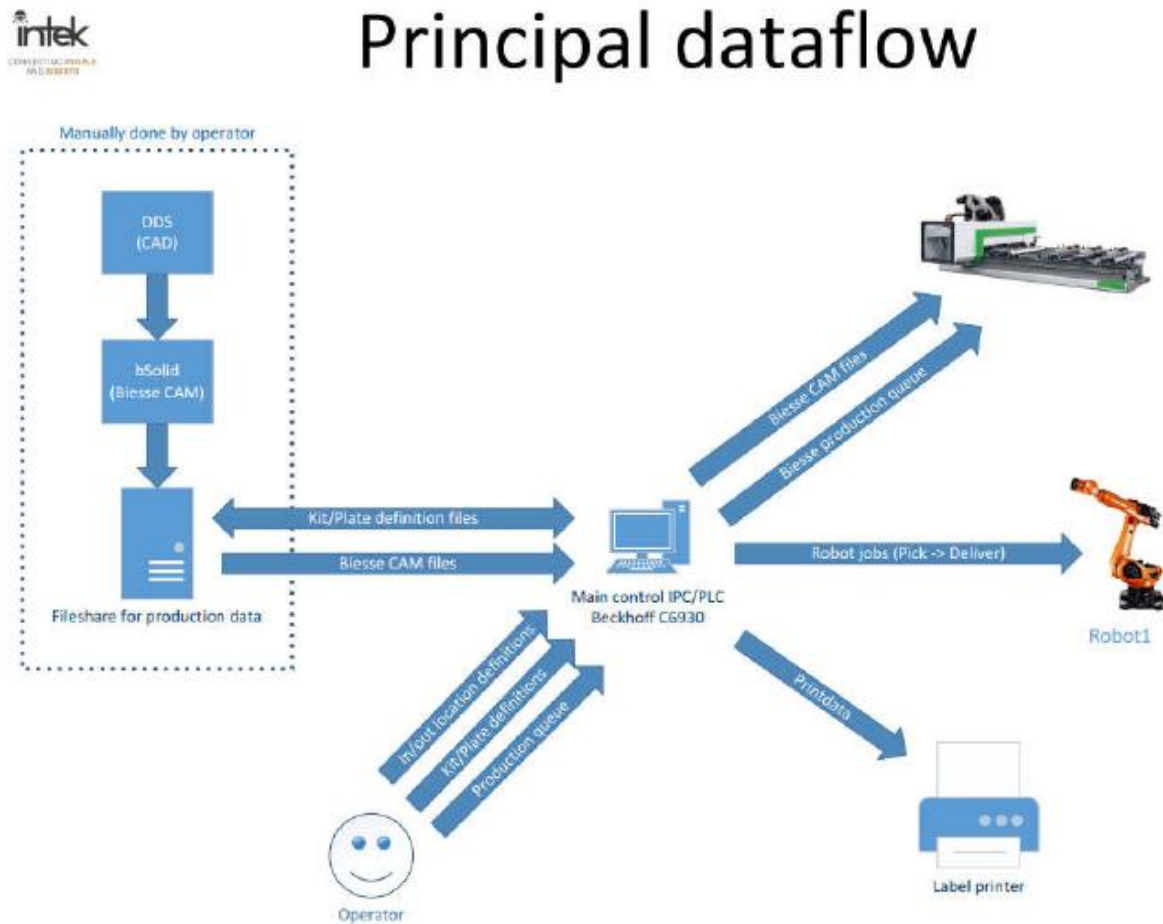
IFC filformat er basert på standarden ISO 16739 (BuildingSMART Norge, 2014).

## 2.5 Robot CNC

I Wikipedia omtales CNC-maskin som en maskin som kan brukes til å endre et stykke materiale til å møte nøyaktige spesifikasjoner. CNC-maskiner kombinerer et motorisert manøvrerbart verktøy (drill, bor) med en motorisert manøvrerbar plattform (dreiebenk). Både verktøyet og plattformen styres av en datakjerne som mater roboten med informasjon i form av CAD-filer. CAD-filene inneholder de nøyaktige spesifikasjonene om hvordan materialet skal se ut. Disse CAD-filene omformes til et sekvensielt program for maskinstyringsinstruksjoner, også kalt G-kode. G-kode er datamaskinens språk og forteller motorene hvor de skal bevege seg, hvor raskt og hvilken vei de skal følge.

CNC-maskinen er kapabel til å utføre mange forskjellige arbeidsoppgaver og er derfor utstyrt med et bredt utvalg av verktøy. Maskinen klarer selv å bytte verktøy basert på hvilken arbeidsoppgave den skal utføre.

CNC-maskinen til MBAS består av en platekutter fra Biesse (Italia), og en robotarm fra Kuka (Tyskland). Robotarmen står på et rullebånd og har ansvaret for å mate platekutteren med plater (Wikipedia).



Figur 4: oversiktsbilde av informasjonsflyt i Moelven Byggmodul AS

### 2.5.1 Compass

Programmet som skal "oversette" CAD-filene til et format CNC-maskinen kan forstå heter Compass. Compass har tidligere bare blitt brukt til produksjon av trapper, men har utviklet softwaren sin i samarbeid med MBAS for å kunne oversette CAD-filer. Når Compass oversetter CAD-filen genererer programmet en komplett liste over alle elementene som må kuttes. (Compass-software).

Dette er en jobb konstruktørene var nødt til å gjøre før, som de kommer til å slippe fremover.

# 3 Metode

I denne delen skal vi beskrive metodene som er brukt i oppgaven og hvorfor akkurat disse ble benyttet. Valget av undersøkelsesmetode er ifølge Halvorsen (2008) et fundamentalt valg som må foretas når forskeren har bestemt seg for å samle inn egne data. Det er en fremgangsmåte i forskningsprosesser for å få svar på spørsmål og å tilegne seg kunnskap om nye emner.

Metode handler om hvordan vi samler inn, behandler og tolker informasjon i en undersøkelse. Et hovedskille i samfunnsvitenskapelig metode går mellom kvalitativ og kvantitativ metode (Halvorsen, 2008).

I dette kapitlet skal det presenteres hvilke metoder som har blitt brukt for å komme frem til løsningen av problemstillingen.

## 3.1 Kvantitativ og kvalitativ metode

### 3.1.1 Kvantitativ metode

Dataene ifølge Halvorsen (2008) er kvantitativ dersom de kan måles og uttrykkes i tall eller andre mengdetemer og kalles "hard data". Eksempel på dette kan være hvor mange plater fabrikken kunne formatere før automatiseringen, kontra hvor mange plater som formateres etter anskaffelsen av nye verktøy/maskiner. All kvantitativ data kan måles og generaliseres. De viktigste kvantitative metodene er strukturerte intervjuer og spørreskjemaer der man stiller de samme standardiserte spørsmålene til alle respondentene med svaralternativer (Halvorsen, 2008).

Ved valg av metode som skal benyttes må man vite hvilken type data som skal samles inn og hvilke undersøkelser det er ønskelig å gjennomføre. Begge metodene krever at problemstillingen er presis og gjennomarbeidet. I praksis er det en fordel å kombinere begge metodene (Halvorsen, 2008).

### **3.1.2 Kvalitativ metode**

Kvalitativ data ifølge Halvorsen (2008) foreligger i form av variable utsagn eller tekst “myk data” som sier noe om de kvalitative (ikke-tallfestbare) egenskapene hos undersøkelsesenheter. Et eksempel på dette kan være hvordan snekkere opplever forandringer i daglig arbeid etter anskaffelse av nye verktøy, maskiner. Ved bruk av kvalitative metoder innhentes fyldige data som dermed øker muligheten for å forstå situasjoner slik det oppfattes av de som undersøkes. Ved kvalitative tilnærminger er opplegget fleksibelt og foregår ofte som ustrukturerte intervjuer, deltagende observasjoner eller lignende. Forskjellen fra kvantitativ metode er at det er problematisk å etterprøve undersøkelsen. Ved kvalitativ metode vil man også få mange opplysninger, om få undersøkelsesenheter (Halvorsen, 2008).

## **3.2 Validitet og reliabilitet**

### **3.2.1 Validitet**

Halvorsen (2008) betegner validitet som gyldighet og relevans. Det betyr at den innsamlede dataen, må være relevant, samtidig som den må være gyldig i forhold til problemet som undersøkes. Ved intervjuer er det viktig å velge intervjuobjekter som kan gi de beste svarene til det problemstillingen presenterer.

### **3.2.2 Reliabilitet**

Med reliabilitet, ifølge Halvorsen (2008), siktes det til hvor pålitelige målingene er. Det er viktig å utføre målingene korrekt og angi eventuelle feilkilder. Feilkilder kan oppstå i selve kommunikasjonen i intervjuene, forskjellig oppfatning av spørsmål, unøyaktig notering og feil tolkning av samlet informasjon.

### **3.2.3 Case-studie**

I Case-studier ifølge Halvorsen (2008) har vi bare én eller noen få undersøkelsesobjekter. Dette kan for eksempel være en person, en familie eller en bedrift. Utvelgelse skjer av analytiske formål og man vil være opptatt av prosesser, dvs. hvordan noe forløper eller

utvikler seg. I case-studier blir det som oftest brukt kvalitative metoder som deltakende observasjoner.

### **3.3 Metodevalg i oppgaven**

Oppgavens metode er å undersøke hvordan robotisering i fabrikken forandrer de forskjellige leddene i en prosess. Helt fra prosjektering av konstruksjonstegninger til levering av sluttprodukt. Oppgaven skal forsøke å svare på om anskaffelse av robotisert anlegg øker effektiviteten i forhold til sluttproduktet, selv om noen ledd eventuelt blir mere ressurskrevende.

I oppgaven er det brukt kvalitativ metode. Det har blitt brukt deltagende observasjoner og intervjuer, i tillegg til at det har blitt samlet materialet fra litteraturstudie. På denne måten kunne man etablere direktekontakt med bransjen for å tilegne seg dybdekunnskap relatert til problemstillingen.

#### **3.3.1 Ustrukturerte intervjuer**

I denne oppgaven har det blitt utført ustrukturerte intervjuer for å få dybdekunnskap og mulighet til å besvare forskningsspørsmålene. Som intervjuobjekter var det viktig å velge riktige personer som kunne svare på spørsmål som var relevante for oppgaven. Til de forskjellige intervjuobjektene var det stilt spørsmål for å få åpne svar. De kunne svare fritt uten å oppleve styring. Intervjuene var holdt på fabrikkens kontorer og på forskjellige arbeidsplasser i fabrikken. Det første intervjuet varte ca. en halv time siden problemstillingen ikke var bestemt enda. Denne dagen ble to personer presentert som kunne være aktuelle for å besvare spørsmål som var relevante for oppgaven. Etter at problemstillingen ble bestemt, ble det valgt ut en person som var best egnet til å svare på de spørsmålene oppgaven stilte. Etterhvert ble det intervjuet flere nøkkelpersoner fra forskjellige «ledd» av prosessen, som kunne dele erfaringer om hvordan overgangen har forandret arbeidshverdagen på fabrikken. Intervjuobjektene hadde forskjellige erfaringer og ansvar på fabrikken. Det andre intervjuet tok 2-3 timer og det ble gitt dypere svar på spørsmålene som ble stilt. Under oppgaveskrivingen ble det holdt kontaktet gjennom e-post med noen av kontaktpersonene ved MBAS. Det var dermed mulighet for å få svar på eventuelle spørsmål som dukket opp under oppgaveskrivingen, samt mulighet for å dobbeltsjekke den allerede samlede informasjonen.

Intervjuobjektene ved Moelven Byggmodul AS var:

- Fabrikk sjef
- Konstruksjonssjef
- Konstruktør
- 2 pers. som leverer varene til montører (Waterspider)
- Montør

### **3.3.2 Observasjoner**

Noen av intervjuene ble holdt direkte på arbeidsplassen til de som jobbet på fabrikken. Der fikk vi også en mulighet til å observere hvordan de forskjellige prosessene blir utført. Siden det første møte ble avholdt, mens fabrikken var under ombygging, fikk vi muligheten til å se hvordan de forskjellige arbeidsplassene på produksjonslinjene, så ut før fabrikkindustrialisering. Da det andre intervjuet ble holdt var omstillingsprosessen godt i gang og vi fikk muligheten til å sammenligne hvordan arbeidsstasjonene så ut før og etter ombyggingen.

### **3.3.3 Litteraturstudie**

Før litteraturstudiet var det gjort intervju med intervjuobjektene på Moelven ByggModul AS. Det var brukt induktiv metode først. Etter dette intervjuet fikk vi mer forståelse angående omstillingen i fabrikken og overgangen fra manuell til robotisert industrialisering på deler av produksjonen. Etter intervju og mange diskusjoner mellom gruppemedlemmer ble det gjort litteratursøk om industrialisering, robotisering, LEAN og grensesnitt. Problemstillingen ble deretter bestemt og etter det ble deduktiv metode og induktiv metode brukt om hverandre. Litteraturstudiet gjorde oss mer belyst på de forskjellige problemene som kan oppstå ved en robotisering. Ifølge Halvorsen (2008) er litteraturstudie som regel (teori) det første steget, før intervjuer (empiri). Denne oppgaven begynte forfattere med intervju som første skritt. Dette ble gjort for å skaffe en oversikt over hva oppgaven kunne inneholde, samt bestemme avgrensinger. Etter intervjuene ble det studert relevant litteratur på bakgrunn av erfaringer som ble gjort under intervjuene. Som Halvorsen (2008) forklarer er dette også en metode som kan brukes.

# 4 Empiri

I empiridelen skal informasjonen som ble samlet under intervjuer med forskjellige ansatte i Moelven Byggmoduler AS beskrives.

## 4.1 Mål etter overgangen

Produksjonsavdelingen til MBAS har ifølge konstruksjonssjefen i flere år hatt et krav om å kunne levere ca. 10 moduler hver dag. Dette kravet vil ikke endres etter overgangen til robotisert anlegg. Konstruksjonssjefen i MBAS mener derfor at de ikke kan forvente noen økonomisk gevinst i form av økt produksjon. Moelven Byggmodul AS ønsker derimot at dette kravet skal tilfredsstilles med langt færre mennesker involvert. De økonomiske gevinstene vil komme i form av et lavere lønnsbudsjett, grunnet økt effektivitet i produksjonen. Overgangen er planlagt til å skje gradvis og over en lengre periode. MBAS vil av den grunn ha god tid til å planlegge nedbemanningen. Etter samtaler med MBAS har det kommet frem at MBAS ønsker at nedbemanningen skal være en naturlig utskifting. Ved en naturlig utskifting vil ingen direkte miste jobben, nedbemanningen skjer ved at man ikke erstatter arbeidere som for eksempel går av med pensjon eller får seg ny jobb.

## 4.2 Konstruktøren

### 4.2.1 Før:

Tidligere har konstruktørene ved MBAS brukt DDS-CAD på en veldig simpel måte. Kravene for nøyaktighet var veldig lave ettersom tegningene ble tegnet for en snekker. En simpel 2D tegning var mer enn nok for at snekkeren skulle forstå hva som skulle kuttet. Etter samtaler med en konstruktør i MBAS var det både positive og negative sider ved dette. En av de positive sidene ved dette var at det gikk fort å prosjektere, siden denne metoden ikke krevde at konstruktøren måtte fylle inn så mye informasjon.

## 4.2.2 Etter:

Nå som tegningene skal tegnes slik at en robot forstår dem, blir kravene for nøyaktighet veldig mye høyere. En robot har ingen form for sunn fornuft og kutter bare det den får beskjed om. Konstruktørene skal bruke DDS-CAD 3D og er nødt til å dimensjonere hver eneste bjelke og bjelkelag med riktige dimensjoner. Det vil utvilsomt bli mer jobb for konstruktørene da det er mye mer informasjon som må føres inn med det nye systemet. Etter samtaler med konstruktører hos MBAS har det kommet frem at dette er en utvikling det er delte meninger om. Samtidig som noen mener det er negativt at det blir mer tidkrevende å prosjektere, er det flere som mener det er positivt at konstruksjonstegningene stiller strengere krav til konstruktøren. Det at modultegnene i tiden fremover er nødt til å være helt eksakte, tar selvfølgelig mer tid, men gir konstruktøren mer ansvar og av den grunn mer kontroll over prosjektet.

Når man jobber med DDS-CAD 3D vil man også kunne tegne inn elektronikk, vann og avløp og ventilasjon. Da vil man kunne se mulige feil mye tidligere enn man har kunnet tidligere. Hvis konstruktøren skulle gjøre en feil i tegningen på et prosjekt der det skal produseres mange like moduler, kan det oppstå et stort problem i fabrikken. På prosjekter hvor det skal produseres mange like moduler, vil man tegne modulen en gang og kopiere den så mange ganger man trenger. Etter overgangen vil det ikke lenger være en snekker som kan oppdage slike feil før modulene blir produsert. Hvis modulene er tegnet feil vil de derfor mest sannsynlig bli produsert feil. For å unngå feil i tegninger må de ha sidemannskontroller, hvor en annen konstruktør går over arbeidet og informerer om eventuelle feil.

## 4.3 Materialliste

Når konstruktøren er ferdig med konstruksjonstegningen og prosjektet skal starte, skal en liste med materialene som kreves leveres til innkjøpsavdelingen. Denne materiallisten er det konstruktøren selv som har hatt ansvaret for å sette sammen. Tidligere har man måtte skrive denne listen manuelt, men dette vil ikke lenger være nødvendig. Med det nye systemet vil materiallisten bli automatisk generert på bakgrunn av informasjonen konstruktøren har lagt inn i DDS CAD. Dette vil spare konstruktørene for mye arbeid, i tillegg til at det vil fjerne et ledd hvor potensielle feil kan oppstå.



STENDER VERKSDATA

Alle mål i mm, vinkel i grader

Prosjekt: PROD, etasje 1
Vegg: 9 M1-IV1
Produksjonsnr:
Tiltakshaver: Kunde
Adresse 1: Adresse
Adresse 2:
Ansvarlig: , 25.03.19

Table listing material items for 'Konstruksjonsvirke'. It includes columns for item name (Bunnsவில், Toppsவில்), dimensions (Dimensjon), length (Lengde), angle (Vinkel), quantity (Nr), and total quantity (Antall).

Figur 5: Automatisk generert materielliste for enkel vegg

Materielliste fra DDS-CAD Konstruksjon



Informasjon: 12798
Tiltakshaver: Malthus Unifam
BoQ fil: Bop\_Excel1.xls

UTVENDIGE vegger f. etg

Large table listing construction materials for exterior walls. Columns include material name (e.g., Svill, Stender), dimensions, length, and quantity. It features a detailed grid of material types (1-GV1 to 4-IV10) with corresponding quantities for each.

Figur 6: Fullverdig materielliste fra DDS-CAD

## **4.4 Bestilling av varer**

### **4.4.1 Før:**

Tidligere har konstruktørene laget materiallisten til hvert enkelt prosjekt. Innkjøpsavdelingen har ansvaret for å sjekke hva som ligger på lager og hva som eventuelt må bestilles. Når et prosjekt er ferdig hender det at det er materialer til overs. Disse materialene havner på MBAS sitt lager og blir eventuelt brukt til et senere prosjekt. For å spare snekkerene for en del arbeid har MBAS tidligere bestilt ferdig prekuttet stendere. Ifølge konstruktører ved MBAS har dette medført at stendere i mange forskjellige lengder og dimensjoner har endt opp på lageret. For å kunne benytte seg av disse, må et prosjekt som krever stendere i akkurat samme lengde og dimensjon dukke opp. Dette kan ta lang tid og har forårsaket at lageret til MBAS har vokst seg unødvendig stort. Ifølge MBAS har dette lageret vokst seg opp til en verdi av om lag 30 millioner kroner.

### **4.4.2 Etter:**

Planen fremover er at alt av stendere skal kappes på fabrikk. Det eneste som fremdeles skal bestilles fra andre leverandører er panel. Ved å kutte alt selv slipper MBAS å bestille ferdigkuttete stendere. I stedet for å bestille ferdigkuttete stendere i mange forskjellige lengder og dimensjoner, kan de nå kutte etter behov. Dette skal ifølge MBAS sørge for at mindre materialer blir sendt til lageret. Det er prosjektert at verdien på lagerbeholdningen skal ned til rundt 10 millioner kroner.

## **4.5 Operatøren**

Når produksjonen blir mer automatisert og robotisert kreves en annen kompetanse av de ansatte. Operatøren vil ha ansvaret for å sette maskinene i arbeid, i tillegg til overvåking av roboten mens en arbeider.

Disse operatørene vil være mennesker som har jobbet i produksjonen som produksjonsmedarbeidere hos MBAS tidligere. Operatørene har vært på kurs hos leverandørene av maskinene de vil ha ansvaret for, samt et operatørkurs i regi av Intek

Engineering AS (Raufoss) som er firmaet som har satt sammen maskinene for MBAS. På kursene har operatørene fått opplæring i hvordan man styrer roboten, samt en enkel innføring i vedlikehold av maskinene. Ved større feil og mangler hos robotene vil det være Intek Engineering AS som vil få ansvaret for utbedring av feilene.

## 4.6 Hundegger

Maskinen som skal stå for kuttingen av stolper og stendere for MBAS er en Hundegger maskin levert av et tysk selskap med samme navn.

MBAS har tidligere bestilt ferdig prekuttet stolper og stendere fra andre leverandører. Planen fremover er at Hundegger-maskinen skal klare å dekke MBAS sitt behov, slik at det ikke lenger skal være nødvendig å bestille fra andre leverandører. Etter stolpene er ferdig kuttet vil de bli pakket manuelt. Ifølge Konstruksjonssjef hos MBAS er dette en endring som møtes med mye positivitet. Det faktum at MBAS i tiden fremover slipper å bestille stolper og stendere fra andre leverandører skal ifølge konstruksjonssjefen gjøre logistikken lettere.

## 4.7 Montøren

Montørens oppgave er å sette sammen modulene. Fram til nå har montøren vært nødt til å hente de materialene de har trengt til prosjektet. Målet fremover er at montøren skal motta en modultegning og alt han trenger til prosjektet i ett og samme kit. Alle materialene skal være ferdig kuttet og klart til montering. Det at alle materialene er ferdig tilpasset og kuttet når de kommer til montøren sparer montøren for mye arbeid.

For å forsikre seg om at alle montørene har de materialene de trenger kommer begge produksjonslinjene til å ha hver sin “water spider”. “Water spider” er et begrep som refererer til en bestemt person hvis hovedoppgave er å sørge for at materialer leveres til hvor de trengs. Hovedgevinsten ved å bruke “water spider” er at resten av arbeiderne kan ha fullt fokus på sine egne oppgaver. Dette minsker også hvor mye transportavfall og ineffektivitet som finnes i prosessen ved å isolere alt til en eller flere posisjoner (Shmula, 2017).

Den nye metoden ble av en montør hos MBAS sammenlignet med å sette sammen IKEA møbler.

# 5 Resultat

Etter observasjoner i fabrikk og under intervjuer med de som jobber i Moelven Byggmodul AS ble det avklart at etter omstillingen noen av ledd i prosessen har blitt mer ressurskrevende.

- Det er mer arbeid for konstruktører å tegne i DDS-CAD 3D program som trengs mer nøyaktighet og mer arbeid enn det var før.
- Det blir innført nye ledd som:
  - Operatør
  - Hundegger som kapper stendere, bjelker, søyler osv. på fabrikk
  - Waterspidere som leverer ferdig pakket kit til montørene

Andre ledd blir mye mer effektive enn de var før.

- Konstruktørene slipper å lage materialister siden de kommer automatisk i det nye programmet.
- Roboten klarer å formatere platene mye fortere enn et menneske kan gjøre
- Roboten gjør jobben uten feil.
- På grunn av anskaffelse av hundegger vil det ikke lenger være nødvendig å bestille prekuttete varer som tok mye plass på lageret. Slipper også mye unødvendig arbeid med kjøring inn og ut av lageret.
- Montørene slipper å rette på konstruktørens feil på tegninger. Slipper å finne på løsninger hvordan feilen kan rettes opp etter oppdagelse av feil på tegninger.

## 6 Diskusjon

- **Produktiviteten øker**

Siden Moelven Byggmodul AS er i en relativt tidlig fase av ombyggingen, kan det være vanskelig å fastslå nøyaktig hvor mye produktiviteten vil øke som følge av robotiseringen.

- **Nye arbeidsplasser**

Som et direkte resultat av anskaffelsen av robotene vil noen av leddene i produksjonen være annerledes enn det har vært tidligere. Det har blitt behov for ny kompetanse og nye arbeidsstillinger har blitt opprettet for å dekke dette behovet.

- **Effektivitet i separate ledd:**

### Konstruktører

MBAS planlegger å ha like mange konstruktører som det var før anskaffelse av robotisert anlegg. Etter overgangen fra prosjektering i 2D til 3D, vil det ta lenger tid for konstruktørene å lage tegninger enn det har gjort før. Men tanken ifølge konstruksjonssjefen er at når de lærer å bruke programmet, vil hele tegneprosessen inkludert materialberegning gå raskere. Konstruktørene slipper å lage materiallisten selv, denne vil bli automatisk generert av programvaren. Ifølge konstruksjonssjefen det er tanke at det leddet blir med effektiv etter hvert med like mange konstruktører som det var før.

### CNC maskin og robotarm

CNC maskinen (Biesse) formaterer plater mens en robotarm (Kuka) forer CNC maskinen med plater og flytter de vekk til bestemt plass etter utskjæring. Denne prosessen skal ifølge konstruksjonssjefen være mye mer effektiv enn det har vært tidligere. Tidligere har platene blitt kuttet og formatert manuelt. Siden roboten kan gjøre jobben feilfritt, blir det spart mye tid i neste ledd der menneskelige feil måtte fikses ved sen oppdagelse.

## Hundegger

Hundegger maskinen skal kutte stendere, bjelker osv. og er et nytt ledd som ikke var nødvendig å ha før. Tidligere har Moelven Byggmodul AS bestilt ferdig prekuttet materialer fra andre leverandører. På grunn av det ekstra leddet kan det tenkes at effektiviteten blir lavere. På en annen side er det grunn til å tro at det faktisk at en kan produsere varer selv, kan bidra til lavere produksjonskostnad. I tillegg gjør dette leddet i produksjonen at Moelven ikke lenger trenger å ha lager av varer i samme omfang. Dette kan gi gevinst i form av lavere krav til lagerplass, og i forhold til oppbundet kapital.

## Montør

Montørene trenger ikke lenger å bruke tid på å hente manglende materialer. På grunn av det ifølge konstruktøren ble det brukt mye tid. Det blir spart mange timer ved bruk av waterspidere som skal levere materialer til montører når det blir etterspurt og dermed effektiviteten økt.

Ved oppdagelse av feil i tegninger kunne konstruktøren fikse det fort og enkelt ved å tegne inn manglende deler og montørene kunne finne løsninger hvordan dette skal rettes opp mens han bygget modulen. Etter robotisering montørene kan ikke lenger lage egne løsninger etter å ha oppdaget feil i tegningene. Konstruktørene må informeres. Det krever at konstruktørene må fikse tegningene og hele prosessen må gjøres på nytt. Det blir mer tidskrevende enn det var før å ordne opp hvis det blir gjort feil i tegningene enn det var før. Derfor er det viktig ifølge konstruksjonssjefen at konstruktørene gjør jobben feilfritt.

- **Nøyaktighet i produksjonen**

Det er utvilsomt at robotene kan gjøre jobben med større nøyaktighet enn det et menneske kan. Derfor effektiviteten og kvaliteten øker.

- **Større effektivitet totalt**

Etter undersøkelser og observasjoner ser vi at noen ledd blir mer ressurskrevende. Av denne grunnen kan det tenkes at hele prosessen fra konstruksjon til sluttprodukt skal gå saktere pga. innføring av nye ledd. Det er derimot viktig å understreke om total effektivitet.

- **Økt produktivitet, og dermed økt konkurransekraft**

Siden Moelven Byggmodul AS fremdeles er i en tidlig fase av overgangen er det vanskelig å si om produktiviteten har blitt bedre etter endringene. Det har derimot kommet frem i intervjuer med MBAS at de ansatte er fornøyde med overgangen og endringene som har kommet som følge av robotiseringen.

- **God flyt (logistikk integrert i prosess, ingen ventetid eller lagring, sporbarhet)**

En av faktorene for å øke effektiviteten er god flyt i hele produksjonslinjen. Har man god flyt sparer man på unødvendig venting. Man slipper å bruke tid på unødvendig lagring og unødvendig kjøring for å finne og hente materialer. Det er også viktig at fremgangen i produksjonen kartlegges slik at man kan bruke denne informasjonen til å planlegge hvordan man kan forbedre seg i fremtiden.

- **Noen mister jobben.**

Det er foreløpig tenkt å ha 3 operatører. På grunn av behov for ny kompetanse som trengs til å utføre operatørens jobb, blir tidligere arbeidere fra fabrikken omskolert. Ifølge konstruksjonssjefen dette gjøres slik at ingen mister jobben. Samtidig trengs det nye mennesker som skal jobbe med hundegger og kappe søyler, bjelker osv., i tillegg trengs “Waterspidere” for å levere materialer til montørene som trenger det. Disse stilingene vil også fylles av mennesker som har jobbet i produksjonen hos MBAS. Ifølge en konstruksjonssjef er det 8-10 personer som enten blir pensjonert eller slutter selv hvert år. Derfor vil ingen bli sagt opp på grunn av omstillingen.

- **Store investeringskostnader.**

Investeringskostnader er store men ifølge fabrikkssjefen er målet å øke inntjeningen med 30%.

## 7 Konklusjon

Det blir vanskelig å trekke en endelig konklusjon på bakgrunn av informasjonen som har blitt tilegnet i denne oppgaven om robotisering i Moelven Byggmodul AS har vært en fornuftig investering. Investeringen i robotisert anlegg har vært dyr, men omstillingen fra manuelt håndverk til robotisert produksjon har vist seg å gå i en ønskelig retning så langt. Robotene kan gjøre jobben fortere enn mennesker og vil øke produktiviteten på sikt. Sluttresultatet kan også bli bedre siden robotisert anlegg gjør jobben med stor presisjon og uten menneskelig feil. Teoretisk sett vil konstruksjon og produksjon bli mer effektivt totalt sett. Det trengs derimot mer tid før man kan fastslå om produktiviteten og kvaliteten og dermed effektiviteten øker som følge av robotiseringen.



# Videre forskning

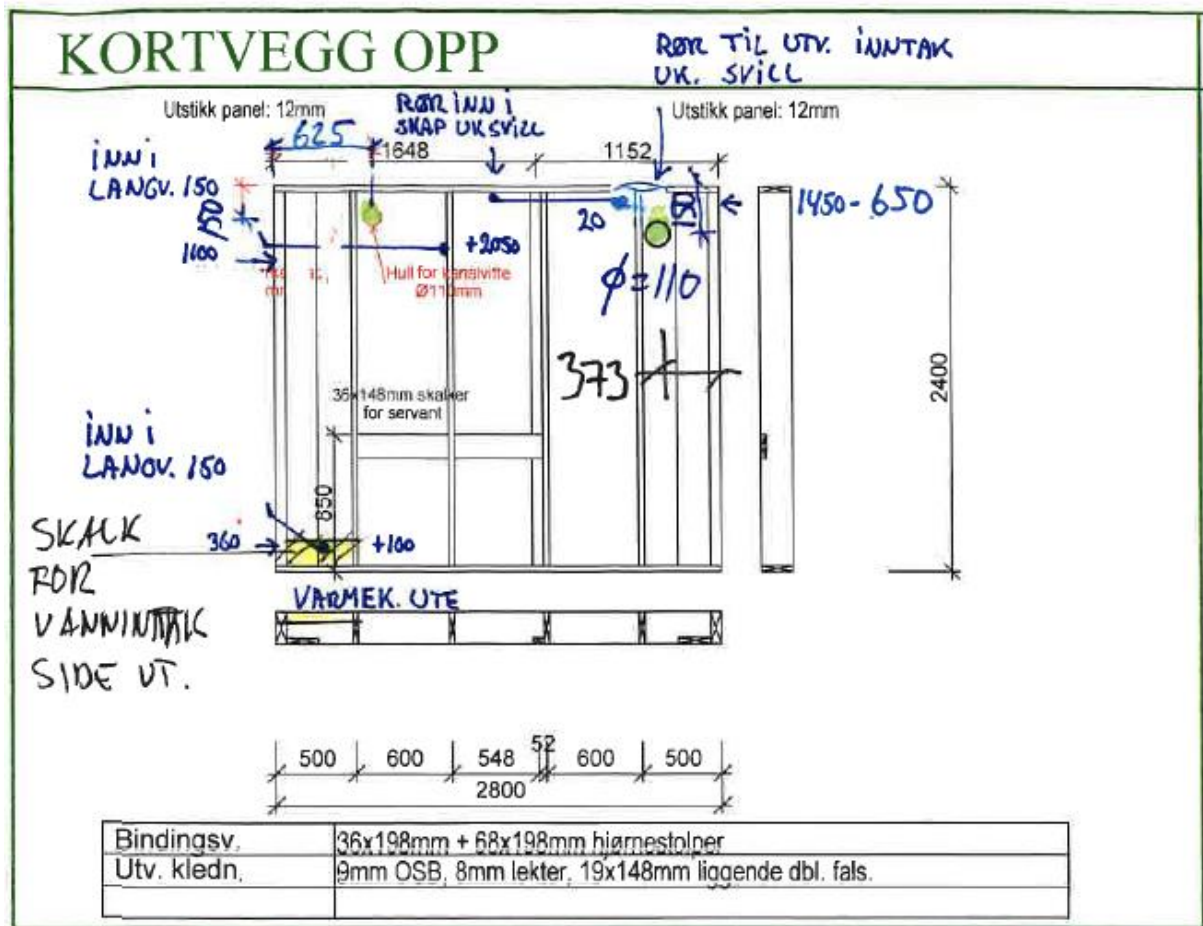
Med tanke på videre undersøkelser kan det være interessant å se på hvordan kvaliteten av sluttprodukter blir. Også undersøke om robotisering i bedriften har økt inntjeningen med 30% som det var tenkt og hva de 30% innebærer. Hvor de 30% hentes fra?

- Mindre mennesker som skal jobbe?
- Produsere like mange moduler bare mer effektivt? (Økt effektivitet)
- Å produsere flere moduler en det blir produsert i dag? (Økt produktivitet)
- Bedre kvalitet på sluttprodukter og dermed økt pris per modul?
- Mindre svinn?

# Vedlegg

## Vedlegg 1 – Kortvegg

Kortvegg tegnet i DDS-CAD FØR anskaffelse av robotisert anlegg.




### Generell info for hele prosjektet:

Utv. farge vindu: Hvit  
Utv. farge vannbrett: sort  
Utv. farge vannbrettstokk: sort  
Omramming: hvit  
Ventilasjon: Tecno team  
Låsesystem: Certego

Bygningskategori: Permanent

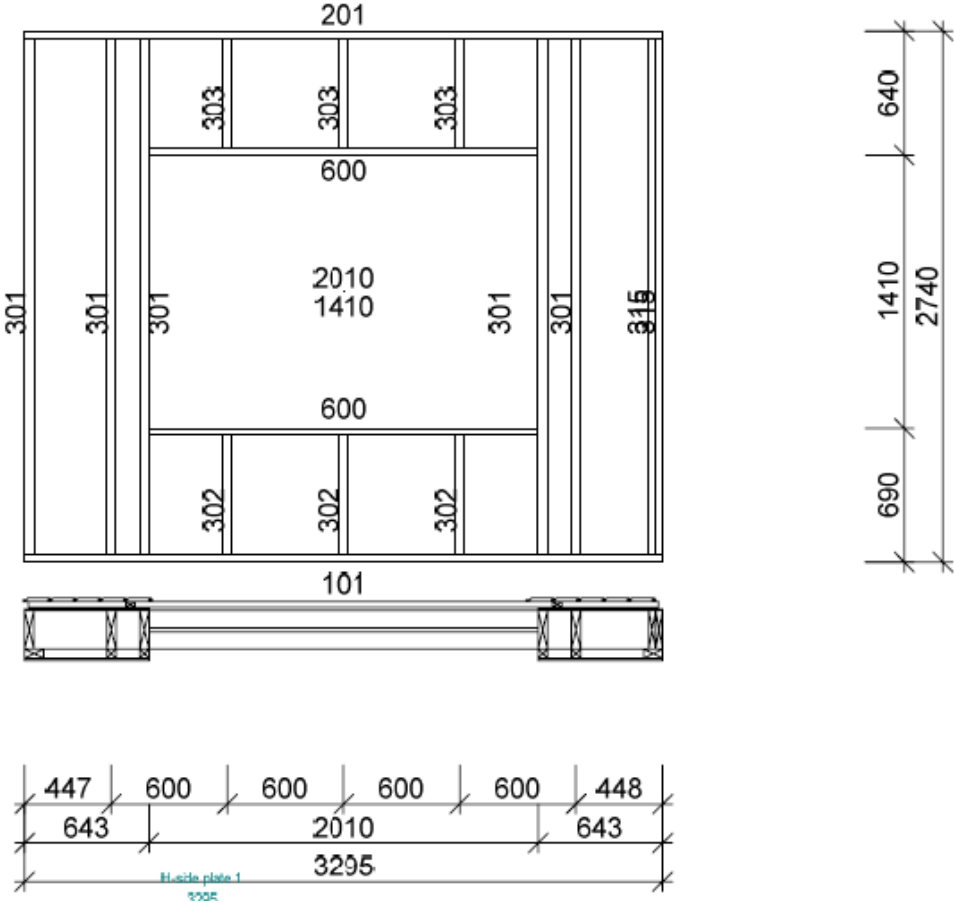
Etasjehøyde: 2750mm

Kvalitet sarnafil: 

Koblingstype: 

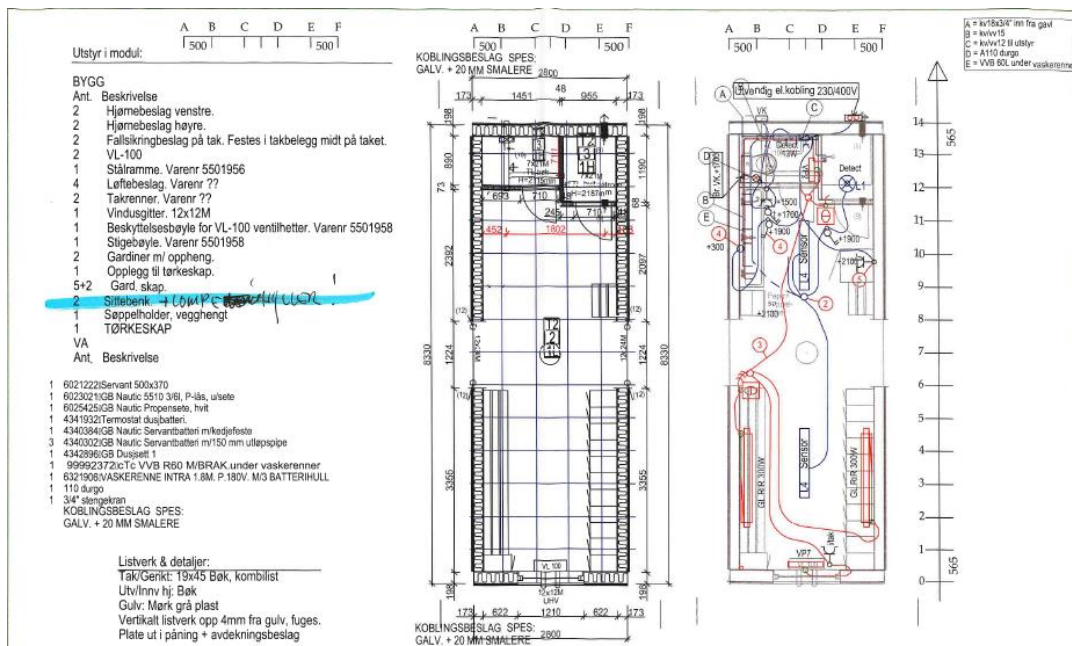
# Vedlegg 2 – Kortvegg

Kortvegg tegnet i DDS-CAD konstruksjon ETTER anskaffelse av robotisert anlegg.



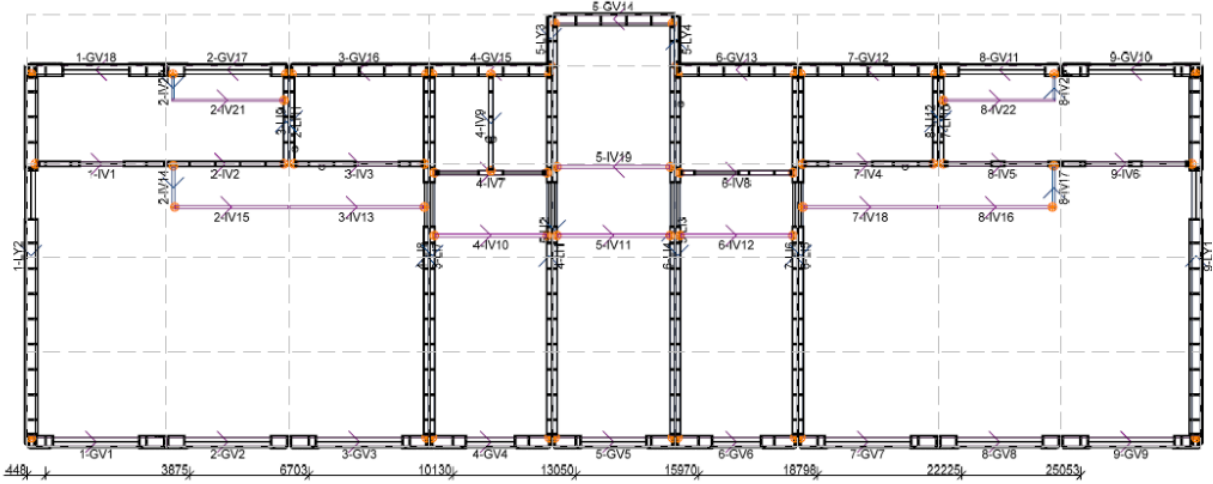
# Vedlegg 3 – Plantegning

## Plantegning FØR anskaffelse av robotisert anlegg.



# Vedlegg 4 – Produksjonsplan

Produksjonsplan ETTER anskaffelse av robotisert anlegg.



# Litteraturliste

Bacheloroppgave (2017) *Betydningen av robotisering i verftene for konkurransekraften til den maritime klyngen på*

Sunnmøre. Bacheloroppgave, Ntnu Ålesund. Tilgjengelig fra: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2492508/TS301011%20-%20kandidat%2010009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

BuildingSMART Norge (2014) *BuildingSmart Datamodell* Tilgjengelig fra: <https://buildingsmart.no/hva-er-afenbim/bs-datamodell>.

Bygg21 (2019) *Industrialisering av byggeprosjekter*. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg21.no/rapporter-og-veiledere/industrialisering-av-byggeprosjekter/4.0-bygg21s-anbefalinger/#raad3429>.

Compass-software *Staircase Construction & Timber CNC-Processing*. Tilgjengelig fra: <http://www.compass-software.de/en-us/products-solutions/cam/cnc-connection?fbclid=IwAR0bW3Vr44egnCMXMYyJrURcpulB54Qr4wFED93yVP33BaWDgXONpH3jXc>.

Data Designe System Nemetschek Group *DDS-CAD Konstruksjon - Det rette valget for trehuskonstruksjon!* Tilgjengelig fra: <https://www.dds-bi.no/produkter/dds-cad-konstruksjon/>.

Eirik, Ø. (2018) *Hva er robotisering egentlig?* Tilgjengelig fra: <https://blogg.lyse.no/2018/04/12/hva-er-robotisering-egentlig/>.

FN-SAMBANDET united nations association of Norway (2017) *Bærekraftig utvikling*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/Tema/Fattigdom/Baerekraftig-utvikling>.

Halvorsen, K. (2008) *Å forske på samfunnet*. 5. utg. Oslo: J.W.Cappelens Forlag as.

Inovasjon Norge (2015) *Hva er egentlig Industri 4.0?* Tilgjengelig fra: <https://innovasjonsbloggen.com/2015/10/22/hva-er-egentlig-industri-4-0/> (Hentet: 08. mars 2019).

Meld. St. 27 (2016–2017) (2017) *Industrien – grønnere, smartere og mer nyskapende*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-27-20162017/id2546209/>.

Moelven-konsernet (2019) *Om Moelven-konsernet*. Tilgjengelig fra: <https://www.moelven.com/no/om-moelven/>.

Moelven Byggmodul AS (2019) *Om selskapet Moelven Byggmodul AS*. Tilgjengelig fra: <https://www.moelven.com/no/om-moelven/byggsystemer/moelven-byggmodul-as/>.

Moum, A. et al. (2017) *Industrialisering av byggeprosessene. Status og trender*. (978-82-536-1559-2 (pdf)). Tilgjengelig fra: <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2467908>.

Regjeringen.no (2002) *Nasjonal strategi for bærekraftig utvikling*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nasjonal-strategi-for-baerekraftig-utvikl-2/id448574/>.

RobotNorge AS *Vi leverer løsninger*. Tilgjengelig fra: [https://robotnorge.no/robotlosninger/?gclid=CjwKCAjwq-TmBRBdEiwAaO1enztH2pau-guRU1mR0FkATm9Pjv05NYKEx4pGczBWz00LWGZH2orSkBoCaU8QAvD\\_BwE](https://robotnorge.no/robotlosninger/?gclid=CjwKCAjwq-TmBRBdEiwAaO1enztH2pau-guRU1mR0FkATm9Pjv05NYKEx4pGczBWz00LWGZH2orSkBoCaU8QAvD_BwE).

Shmula (2017) *What is the Role of the Water Spider in Lean Manufacturing?* Tilgjengelig fra: <https://www.shmula.com/what-is-the-role-of-the-waterspider-in-lean-manufacturing/22565/>.

SINTEF *SFI Manufacturing*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/prosjekter/sfi-manufacturing/>.

Wikipedia Numerical control. Tilgjengelig fra:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Numerical\\_control?fbclid=IwAR0n6DDfe2n2MGqENTliCQU19JV85vbBIm1ysvIxGuwwoPRdl10wF0XZtKU](https://en.wikipedia.org/wiki/Numerical_control?fbclid=IwAR0n6DDfe2n2MGqENTliCQU19JV85vbBIm1ysvIxGuwwoPRdl10wF0XZtKU).