

Bacheloroppgave

Vegard Elsetrønning
Grete Bilden

Konsept for design og automatisk produksjon av trebaserte veggelementer

Mai 2021

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for konstruksjonsteknikk

Bacheloroppgave

2021



Vegard Elsetrønning
Grete Bilden

Konsept for design og automatisk produksjon av trebaserte veggelementer

Bacheloroppgave
Mai 2021

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for konstruksjonsteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Oppgavens tittel: Konsept for design og automatisk produksjon av trebaserte veggelementer	Dato: 19. mai 2021		
	Antall sider: 86		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	x
Navn: Grete Bilden og Vegard Elsetrønning			
Veileder: Jan Steinar Egenes			
Eventuelle eksterne faglige ressurspersoner: Tor Erik Nicolaisen og Oleksandr Semeniuta			

Sammendrag:

En økende trend for etterspørsel av Landheim AS sine veggelementer har ført til at produksjonen ønskes å bli mer effektiv og automatisk. Særlig var det bekymring for at innsetting av vinduer og dører i veggelementet ville gi en flaskehals som forsinket produksjonen. For å løse problemstillingen ble den delt opp i 2 forskningsspørsmål. Første forskningsspørsmålet skulle løse hvordan Landheim kan sette inn vinduer i et veggelement på en mer effektiv måte med redusert tid. Metodene gruppa brukte var besøk hos samarbeidsbedriften Landheim AS sin fabrikk, intervjuer med ressurspersoner på skolen, og konkurrentanalyse. Det andre forskningsspørsmålet ønsker å finne tiltak Landheim kan gjøre for å optimalisere veggelementproduksjonen. Gruppa har brukt 2 konkurrentanalyser, intervjuer av ressurspersoner, og besøk hos Landheim AS for å svare på dette. For å kartlegge nåværende situasjon på fabrikk, ble søk på Østre Toten Kommune sine kartsider gjort for å lage en modell. Litteratursøk har gått på produksjonsmetoder, hva andre Bachelor- og Masteroppgaver har funnet som kunne bygges på, og element konkurrenter. Anbefalt litteratur har ressursperson Tor Erik Nicolaisen gitt oss, og Oleksandr Semeniuta har gitt oss innsikt i hvordan roboter fungerer og hvilke operasjoner de er i stand til å gjøre. 7 ulike innsettingsmetoder av vindu i veggelement ble resultatene som ble diskutert og analysert videre. I forhold til effektiv veggelementproduksjon, ga konkurrentanalysen resultater i forhold til andre leverandører med eller uten SINTEF sitt godkjenningssmerke. Modellen ble modellert i Tekla Structures, og plan- og snittegninger ble studert i forhold til dagens produksjon og hvordan man kunne effektivisere produksjonslinjene til både etasjeskiller- og veggelement. Konklusjonen ble å bruke 2 samarbeidende roboter til å håndtere flere operasjoner i tillegg til innsetting av vinduet. Et mindre investeringstungt alternativ ble å montere vinduene i egne elementer, hvor de senere ble montert i resten av bindingsverket. Produksjonslinja besto til slutt av 2 portaler, 4 roboter, en kontrollstasjon, og en pakkemaskin for veggelementene. Etter de 2 portalene og robotene, ble det foreslått å implementere et bord som kunne vippe veggelementet i skrå posisjon slik at innsettingen av vinduet ble enklere.

Stikkord:

Veggelementer
Trebaserte
Materialer
Konkurrentanalyse

 (sign.)

 (sign.)

Sammendrag

En økende trend for etterspørsel av Landheim AS sine veggelementer har ført til at produksjonen ønskes å bli mer effektiv og automatisk. Særlig var det bekymring for at innsetting av vinduer og dører i veggelementet ville gi en flaskehals som forsinket produksjonen. For å løse problemstillingen ble den delt opp i 2 forskningsspørsmål. Første forskningsspørsmålet skulle løse hvordan Landheim kan sette inn vinduer i et veggelement på en mer effektiv måte med redusert tid. Metodene gruppa brukte var besøk hos samarbeidsbedriften Landheim AS sin fabrikk, intervjuer med ressurspersoner på skolen, og konkurrentanalyse. Det andre forskningsspørsmålet ønsker å finne tiltak Landheim kan gjøre for å optimalisere veggelementproduksjonen. Gruppa har brukt 2 konkurrentanalyser, intervjuer av ressurspersoner, og besøk hos Landheim AS for å svare på dette. For å kartlegge nåværende situasjon på fabrikk, ble søk på Østre Toten Kommune sine kartsider gjort for å lage en modell.

Litteratursøk har gått på produksjonsmetoder, hva andre Bachelor- og Masteroppgaver har funnet som kunne bygges på, og element konkurrenter. Anbefalt litteratur har ressursperson Tor Erik Nicolaisen gitt oss, og Oleksandr Semeniuta har gitt oss innsikt i hvordan roboter fungerer og hvilke operasjoner de er i stand til å gjøre.

7 ulike innsetningsmetoder av vindu i veggelement ble resultatene som ble diskutert og analysert videre. I forhold til effektiv veggelementproduksjon, ga konkurrentanalysen resultater i forhold til andre leverandører med eller uten SINTEF sitt godkjenningsmerke. Modellen ble modellert i Tekla Structures, og plan- og snittegninger ble studert i forhold til dagens produksjon og hvordan man kunne effektivisere produksjonslinjene til både etasjeskiller- og veggelement.

Konklusjonen ble å bruke 2 samarbeidende roboter til å håndtere flere operasjoner i tillegg til innsetting av vinduet. Et mindre investeringstungt alternativ ble å montere vinduene i egne elementer, hvor de senere ble montert i resten av bindingsverket. Produksjonslinja besto til slutt av 2 portaler, 4 roboter, en kontrollstasjon, og en pakkemaskin for veggelementene. Etter de 2 portalene og robotene, ble det foreslått å implementere et bord som kunne vippe veggelementet i skrå posisjon slik at innsettingen av vinduet ble enklere.

Abstract

The growing demand after the wall element Landheim AS is producing, have resulted in Landheim needing the production to become more efficient and more automatic. Particularly there has been a concern for the installation of windows and doors being too time consuming and becoming a bottleneck in the production. To solve this problem, the report was divided into 2 research questions. The first research question tackles how Landheim can insert windows into the wall element in a more efficient way with reduced time. The methods the group used to answer the problem were visits to the factory Landheim AS uses, interviews with professors at the school, and a competitor analysis. The second research question wants to find measures Landheim can make to optimize the wall element production. To answer this, the group used 2 competitor analyzes, interviews with professors, and a visit to Landheim AS. To map the current situation of the factory, a search was made on East Toten home pages to create a model.

The literature has been based on production methods, what other bachelor's and master's theses have found of information, and element competitors. Recommended literature has been given to us by Professor Tor Erik Nicolaisen, and Professor Oleksandr Semeniuta has given us insight into how robots work and what kind of operations they are able to perform.

7 different insertion methods of windows in wall elements were the results which were discussed and analyzed further. In relation to efficient wall element production, the competitor analysis gave results in relation to other suppliers with or without SINTEF's approval mark. The model was modeled in Tekla Structures, and floor and sectional drawings were studied in relation to current production and how to streamline the production lines for both the floor and the wall element.

The conclusion was to use 2 cooperating robots to handle several operations in addition to inserting the window. A less investment-intensive alternative was to install the windows in separate elements, where they were later installed in the rest of the timber framing. The production line eventually consisted of 2 portals, 4 robots, a control station, and a packaging machine for the wall elements. After the 2 portals and the robots, it was proposed to implement a table that could tilt the wall element in an inclined position so that inserting the window could become easier.

Forord

Bacheloroppgaven du leser på her er resultat av et samarbeid mellom 2 studenter ved NTNU, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet ved Gjøvik, våren 2021. Oppgaven er skrevet ved Institutt for vareproduksjon og byggteknikk og utgjør 20 studiepoeng for hver av studentene. Studieretningen for studentene er Bygningsingeniør, ingeniørfag og konstruksjon.

Arbeidet med bacheloroppgaven er et samarbeid med en liten nærbedrift på Skreia som heter Landheim AS. Vi valgte temaet elementproduksjon, fordi vi syntes det virket spennende å få ett innblikk i noe vi har troen på at blir framtidens måte å bygge hus på. En stor takk til Landheim AS, at vi fikk besøke bedriften og fikk mye nyttig informasjon fra Espen N. Pettersen og Tommy Evenrud midt oppe i Covid 19 epidemien.

Vi vil takke veileder og lærer Jan Steinar Egenes og våre 2 ressurspersoner på NTNU Gjøvik: Oleksandr Semeniuta og Tor Erik Nicolaisen for kreative forslag og gode innspill for å løse problemstillingen.

Gjøvik, 18. mai 2021

Grete Bilden

Vegard Elsetrønning

Innholdsfortegnelse

Sammendrag.....	ii
Abstract	iv
Forord	vi
Figurliste.....	xi
Tabelliste	xii
Begreper og terminologi.....	xiii
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn	2
1.2 Formål.....	3
1.3 Omfang og begrensninger	3
1.4 Oppgavens oppbygning	5
2 Teori	7
2.1 Konkurrentanalyse i markedet.....	8
2.2 Funksjon til veggelementet.....	9
2.2.1 Utvendig trebasert veggelement.....	9
2.2.2 Innvendig trebasert veggelement	10
2.2.3 Bærende eller ikke bærende vegger	10
2.2.4 Andre typer utvendige veggelementer	11
2.2.5 Innsetting av vindu	13
2.3 Produksjonsdimensjon til veggelement	16
2.3.1 Landheim sin produksjonsdimensjon.....	16
2.3.2 Studie av elementproduksjon i 2014	18
2.3.3 Roboter i byggebransjen.....	19
2.3.4 Prosesser som kan forenkle produksjonen	21
2.4 Sikkerhet, miljø og produktliv	23

2.4.1	Sikkerhet for Landheim.....	23
2.4.2	Produktliv og emballasje.....	24
3	Metode.....	26
3.1	Informasjon om roboter	26
3.2	Framgangsmåte ved forskningsspørsmål 1.....	27
3.2.1	Idemyldring	27
3.2.2	Konkurrentanalyse	27
3.3	Framgangsmåte ved forskningsspørsmål 2.....	29
3.3.1	Landheimbesøk	29
3.3.2	Konkurrentanalysen i forhold til forskningsspørsmål 2.....	30
4	Resultater.....	32
4.1	Forskningsspørsmål 1	32
4.1.1	Konkurrentanalyse fra 18 bedrifter	32
4.1.2	Idemyldring og intervjuer av vindusinnsetting	34
4.1.3	Roboter og maskiner i forhold innsetting av vindu.....	36
4.2	Landheim og produksjonsplanløsninger.....	38
4.2.1	Landheim i forhold til dagens plan og snittløsninger.....	39
4.2.2	Forslag til nye produksjonslinjer.....	42
4.3	Konkurrenter og produksjonsmetoder	44
4.3.1	SINTEF godkjente veggelementer	44
4.3.2	Konkurrentanalyse	46
5	Diskusjon og analyse.....	48
5.1	Forskningsspørsmål 1	48
5.1.1	Mulige innsetningsmetoder	48
5.1.2	Konkurrentenes håndtering av vindusinnsetting	49
5.2	Forskningsspørsmål 2.....	51
5.2.1	Utvikling i veggelementproduksjonen	51

5.2.2	Fordeler og ulemper med SINTEF-godkjenning	51
5.2.3	Fordeler eller ulemper ved LCA	52
5.2.4	Grunnlag for endringer i produksjonslinjer.....	52
5.2.5	Konkurrentenes håndtering av produksjonslinjene	53
6	Konklusjon	56
6.1	Vurdering av resultatene.....	57
6.2	Arbeid videre	57
	Litteraturliste	59
	Vedlegg	62

Figurliste

Figur 1 Hvor i prosessen skaden kan skje (SINTEF Byggforskserien 700.110 Figur 41, 2010)	1
Figur 2 Produktutvikling med dimensjoner og underkategorier (laget i Mind Manager).....	7
Figur 3 Bilde av eksempel på oppbygning av trebasert veggelement (Byggmakker, 2018)	9
Figur 4 Termowood prinsipp for veggoppbygning (SINTEF Certification, 2017).....	11
Figur 5 Termowood materialoppsett i utvendig veggelement (SINTEF Certification, 2017).	12
Figur 6 Massivtre veggelementer fra Norsk Massivtre AS (SINTEF Certification, 2020).	12
Figur 7 Eksempel på montering av vindu (SINTEF Byggforskserien, 2018).....	14
Figur 8 Innsetting av vindu i dagens produksjon på Landheim skjer både stående og liggende i veggelementet.....	17
Figur 9 Komplekst 6 kantet takelement settes sammen av 2 roboter, bildet er hentet fra Youtube film (KUKA - Robots and automation, 2019).....	19
Figur 10 De ulike komponentene av konkurrentanalysen.....	29
Figur 14 3D modell av dagens vegger og gulv på planet der produksjonen foregår, laget i Tekla Structures.....	38
Figur 15 Snitt for å se trapper og høyder i planområde i delplan 1.....	39
Figur 16 Plantegning over delplan 1	39
Figur 17 Snitt for delplan 2 kranbanen på høyre side og søyle midt i venstre halvdel av hallen	40
Figur 18 Plantegning for delplan 2.....	40
Figur 19 Snittet viser venstre side med 2 etasjer høyre side med kun kranbanen.....	41
Figur 20 Plantegningen over delplan 3	41
Figur 21 2 etasjer til venstre for kranbanen, i den andre hallen til høyre for kranbanen viser port ut	42
Figur 22 Plantegningen over delplan 4	42
Figur 23 Forslag til nye produksjonslinjer for veggelementer	43

Tabelliste

Tabell 1 Positive og negative sider ved veggelementer fra vedlegg av studie i 2014 (Bergum V L, 2014)	18
Tabell 2 Plannivåer i LEAN-produksjon	22
Tabell 3 Konkurrentanalyse del 1	32
Tabell 4 Konkurrentanalyse del 2	33
Tabell 5 Konkurrentanalyse del 3	33
Tabell 6 SINTEF Godkjente trebaserte veggelementer, produksjonssted og konkurrent.....	44
Tabell 7 Konkurrentanalyse del 1	46
Tabell 8 Konkurrentanalyse del 2	46
Tabell 9 Konkurrentanalyse del 3	47
Tabell 10 Positive og negative sider ved ulike innsetningsmetoder av vindu	48

Begreper og terminologi

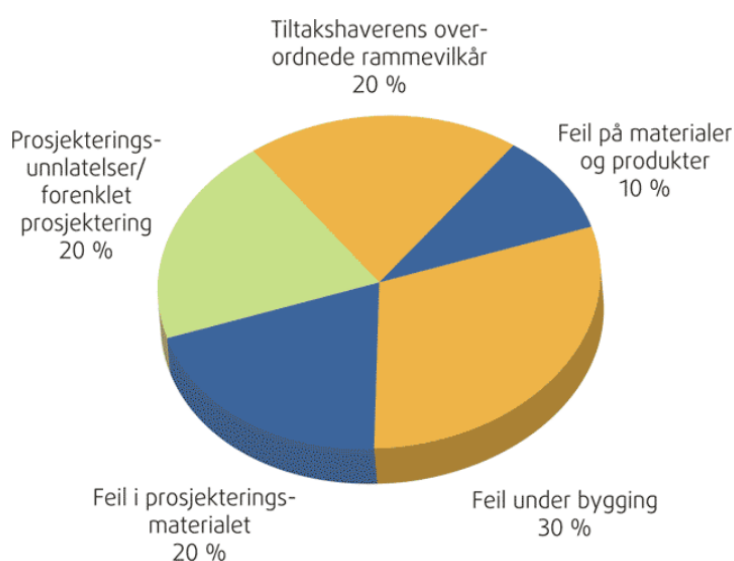
- BIM** Building information modeling er en 3-dimensjonal modell som kan brukes i et byggeprosjekt og involvere flere brukere i samme modell (Caverion, u.å.)
- OSB- plater** Innvendige plater som består av 3 lag med treverk med limte trefliser, de 2 ytterste lagene har trefliser som går i lengderetningen til plata, det midterste laget går motsatt retning. Platen brukes i både innvendige tak, vegger og gulv. Forkortelsen OSB er engelsk og står for Oriented Strand Board (Monter, u.å.).
- Parametrisk design:** Er en prosess basert på algoritmisk tenkning, som fører fram til parametere og regler/grenser som kommer sammen for å definere, og lage en klarhet mellom relasjonene til design intensjon og design tenkning (NODE rådgivende ingeniører AS, u.å.)
- Personer som jobber med bygg (NODE rådgivende ingeniører AS, u.å.):**
- RIB: Rådgivende ingeniør på bygg
 - RIE: Rådgivende ingeniør innen elektronikk
 - RIG: Rådgivende ingeniør på geoteknikk
 - RIV: Rådgivende ingeniør på varme, ventilasjon og sanitærteknikk
 - ARK: Arkitekt
- Precut:** Handler om å forhåndskappe og nummerere bjelker, stolper og reisverket i tre til en bygning før det kommer til stedet der hvor huset skal reises (Morsund S R, 2016).
- Rullebord** For elementproduksjon brukes bord med stålruller på hver side. Bredden er minst 2,4 meter med muligheter for festing av elementet ut mot sidene som topp- og bunnsvill blir presset mot. Ruller går i lengderetning på hver side slik at elementer lettere kan rulles videre til neste bord/operasjon.

Walls2Paint:

Er sponplater som er behandlet med grunningsfolie på begge sider og klikksystem for å lett sette sammen plater med minst mulig sprekk mellom platene, de limes før de klikkes sammen. Platene leveres klare til innendørs bruk for maling eller tapetsering uten at det er nødvendig å sparkle (Byggma ASA, 2015).

1 Innledning

Med norske værforhold som er meget varierende, er det alltid en risiko for at materialene som ligger ute på byggeplassen tar til seg en del fuktighet. Dette gjør at veggene og etasjeskillerne som blir konstruert tar med seg fuktigheten, og blir værende i bygget. Ifølge SINTEF Byggforsk sin forskning står fuktpåvirkede skader for 76% av alle byggeskader, og av disse kan man tilskrive 40% av årsakene til prosessrelaterte byggefeil til materialer og produkter, samt feil under bygging. Se figur under fra Byggforskserien «700.110 Byggeskader. Oversikt» (SINTEF Byggforskserien, 2010).



Figur 1 Hvor i prosessen skaden kan skje (SINTEF Byggforskserien 700.110 Figur 41, 2010)

Mulige konsekvenser er fuktskader inne i veggene som leder til råte, eller våt isolasjon som svekker isolasjonsevnen. Resultatet av dette har blitt store materielle skader og kostnader på opptil 17 milliarder NOK årlig (Solberg, 2017), som entreprenøren må betale for, eller huseieren. Som vi ser, er fukt og feil under bygging store syndebukker.

En løsning til dette problemet har vært å flytte produksjonen av elementer innendørs, hvor materialene kan klimatisere seg og ikke bli påvirket av værforholdene før montering. Sammen med bedre og tryggere arbeidsforhold for håndverkerne, burde prefabrikkerte trebaserte elementer være en attraktiv vei å gå for byggenæringen.

Vår kontaktperson, og daglig leder i Landheim AS, Espen N. Pettersen mener at hvis de skal være med å konkurrere i markedet er det viktig at de er fleksible nok så de kan levere

skreddersydde elementer til kundene, og at de klarer å effektivisere produksjonen av elementene. Som regel klarer Landheim å konkurrere på pris mot tradisjonell plassbygging, men til tider er ikke dette nok for at kunden skal velge fabrikkproduserte treelementer. Derfor ser Landheim etter nye måter for å redusere kostnadene på, for å sikre seg enda flere kunder.

1.1 Bakgrunn

Temaet til vår Bacheloroppgave valgte vi ut selv fra en liste med ulike oppgaver NTNU fikk etterspørsel om fra diverse bedrifter. Bedriften Landheim AS har gitt oss i oppgave å prøve å finne de mest effektive produksjonsmetodene for å møte etterspørselen av trebaserte veggelementer. Landheim har en liten bedrift på Skreia med forholdsvis store inne- og utearealer. Produksjonen i dag produserer precut, takstoler, etasjeskillere og veggelementer. Produksjonen foregår med mange manuelle operasjoner, men saging av trevirket foregår ved hjelp av 3 Hundegger sager som står i hallen ved siden av veggelementproduksjonen. Etterspørselen etter veggelementene er stigende, og det forekommer nå at bedriften må si nei til oppdrag fordi tidsfristen for å levere blir for kort.

Landheim har som strategi å øke kapasiteten og automasjonen til fabrikk trinnvis, for å fordele investeringene over et større tidsrom. Dermed reduserer de den økonomiske risikoen ved å ikke gape over for mye. I forbindelse med dette har de planlagt en bestilling på to nye portaler/maskiner hvor en av de har i oppgave å spikre stenderne sammen med topp- og bunnsvillen. Portalene skal være i stand til å øke denne prosessen med x5 det den er i dag. Med to nye portaler på vei, vil dette samtidig skape flaskehalser lengre ut i produksjonen.

1.2 Formål

Med Landheim sin nye ekspansjon av maskinbaserte løsninger i fabrikken, ønsker de at vi skal se nærmere på hvilke muligheter de har for å øke hastigheten til de resterende operasjonene av å sette sammen veggelementet. Vi har derfor valgt å fordype oss og se spesifikt på innsetting av vinduer i veggelementet. Dette er noe de allerede sliter med å gjøre fort nok, og med den planlagte økningen i produksjonen, vil dette bli en enda større flaskehals.

I tillegg til å se på flaskehalsen, har vi valgt å se på fabrikken i sin helhet, og undersøke hvilke muligheter Landheim har for å effektivisere veggelementproduksjonen.

Forskningsspørsmålene vi ønsker å belyse er:

1. «Hvilke tiltak kan Landheim gjøre for å effektivisere innsettingen av vinduer?»
2. «Hvilke tiltak kan Landheim gjøre for å optimalisere sin produksjon av trebaserte veggelementer?»

1.3 Omfang og begrensninger

Denne Bacheloroppgaven ble startet opp i november 2020, der det ble satt opp en fremdriftsplan for januar til juni 2021 som det skulle jobbes med oppgaven på Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) ved Gjøvik. Som basis for timeantallet som skal brukes til oppgaven er det i håndboka for Bacheloroppgaver i ingeniørutdanningen ved NTNU satt til 2/3 av fulltidsbelastningen, som tilsvarer omtrent 550 til 600 timer per elev.

Som nevnt tidligere i «formål» kapittelet, velger vi å løse oppgaven med å lage en todelt problemstilling som studentene skal svare på i denne rapporten.

Første forskningsspørsmålet i rapporten lyder: «*Hvilke tiltak kan Landheim gjøre for å effektivisere innsettingen av vinduer?*» Som en stor flaskehals i produksjonslinjene til Landheim, er det viktig at vi klarer å skape en bedre flyt. For å få en bedre oversikt på hva som kan gjøres, velger vi å gjennomføre en konkurrentanalyse på hvordan andre elementbedrifter i Norge løser innsetting av vinduer. Dette kan føre til at Landheim ikke

nødvendigvis trenger å gjøre så store forandringer for å effektivisere denne prosessen. For å utfordre byggebransjen på hvor langt man kan gå for å automatisere, skal vi også se i hvilken grad man kan ta i bruk roboter for innsetting av vinduer. Når vi ser på denne delen, velger vi å ikke ta i betraktning Landheim sine planer om trinnvis investering, men i stedet se på hvilket potensial det er mulig å hente rundt bruk av roboter. For å begrense tid vi må bruke på å finne relevant informasjon, tar vi i bruk flere ressurspersoner som har kunnskap innenfor områdene.

Når vi ser videre på denne delen av oppgaven i teksten, vil vi hovedsakelig fremheve hvordan å få innsetting av *vindu* til å bli mer effektivt, og ikke dører. Dette er på grunn av at operasjonene for å sette inn vindu er mere komplekse en for dører, og dette synet deler Landheim også. I tillegg er mange av operasjonene like mellom vinduer og dører, og derfor gjøres det lettere å hovedsakelig sette søkelys på vinduet.

Det andre forskningsspørsmålet i rapporten lyder: «*Hvilke tiltak kan Landheim gjøre for å optimalisere sin produksjon av trebaserte veggelementer?*» Her velger vi å se på hvordan produksjonen til Landheim foregår i dag, og hvordan de kan organisere elementproduksjonen slik at det blir best mulig flyt gjennom stasjonene og fabrikken. Vi ønsker å ta tak i dette for å fjerne alle tidstyver Landheim har i fabrikken, og dermed kunne øke volumet de klarer å produsere. Til produksjonen av elementene tar vi utgangspunkt i maskinene de har i dag og portalene de har tenkt å bestille. For å komme fram til et svar, tar vi i bruk prinsipper fra bilindustrien og fra LEAN tankegangen. Vi tar bakgrunn i disse, fordi bilindustrien har mye mer erfaring med å produsere på fabrikk enn byggebransjen, og de bruker Lean under sin produksjon.

Vi vil undersøke om det finnes maskiner som er i stand til å utføre alle oppgavene for å konstruere et helt veggelement, eller om noen prosesser er bedre hvis mennesker gjør det. Kan det være ett samarbeid mellom menneske og maskin? Vi vil ikke undersøke i hvilken grad produksjonen møter FNs bærekraftsmål, men generelt der hvor produksjonen har miljøfordeler vil vi nevne det.

1.4 Oppgavens oppbygning

Rapporten er lagt opp på IMROD metoden, IMROD står for introduksjon, material og metode, resultater og diskusjon (NTNU senter for faglig kommunikasjon (SEKOM), u.å.). Den røde tråden som følges gjennom rapporten, er trebaserte veggelementer og innsetting av vinduer.

Kapittel 1: Introduksjonen tar for seg skadeomfanget nasjonalt i byggeprosessen statistisk sett. Bakgrunnen forteller om Landheim AS sin problemstilling i forhold til produksjonen av veggelementer. Formålet introduserer framgangsmåten som er tenkt for å løse de 2 forskningsspørsmålene som spesifiseres opp mot Landheim AS sin problemstilling. Omfanget og begrensningene i forhold til de 2 forskningsspørsmålene utdypes. Rapportens oppbygning oppsummeres og settes i system.

Kapittel 2: Teoridelen for veggelementer introduseres ved hjelp av produktdimensjonene. Veggelementets funksjon beskrives med underkapitler som tar for seg ulike typer veggelementer og dimensjonering. Konkurrentanalyse introduseres og forklares. Veggelementets produksjonssystemer beskrives med underkapitler som vinkler Landheim AS sitt produksjonssystem mot andre systemoppbygninger. Sikkerhet, miljø og produktliv beskrives i forhold til Landheim AS og mulige produksjonsendringssystemer.

Kapittel 3: Metodene som brukes i rapporten beskrives generelt, deretter mer konkret for hver av de 2 forskningsspørsmålene.

Kapittel 4: Resultatene fra metodene med litteratursøk, intervjuer og egne mulige løsninger settes opp skjematisk og informerende.

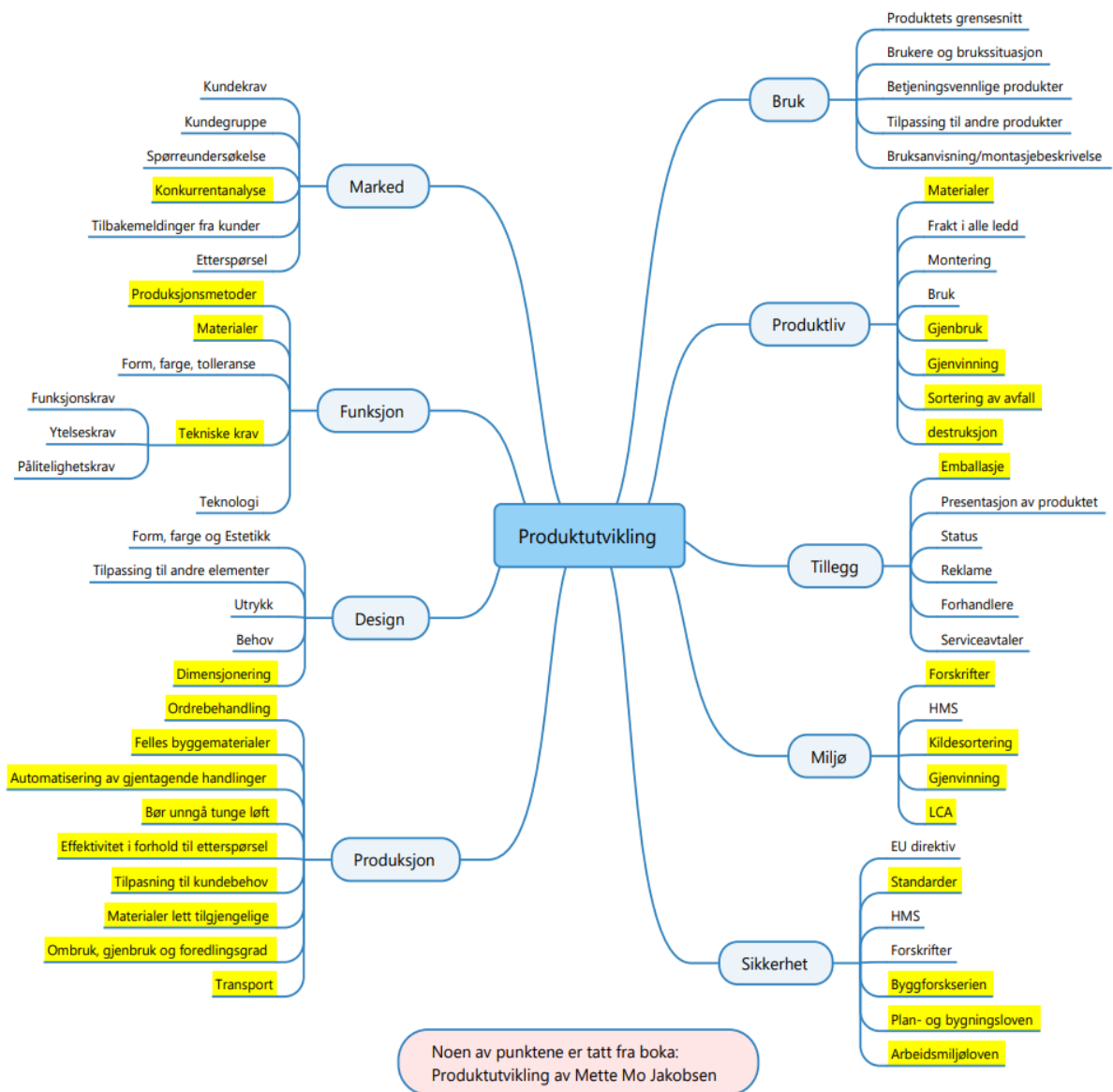
Kapittel 5: Analysering og diskusjon av andre bedrifters produksjonslinjer og rapporters resultater beskriver negative og positive vinklinger av mulige løsninger.

Kapittel 6: Løsningene til forskningsspørsmålene besvares i konklusjonen.

2 Teori

I teorikapittelet handler det om produktdimensjoner som det er jobbet med ut i fra en bok om produktutvikling (Mo Jacobsen, 1997). På

Figur 2 under vises produktutvikling i forhold til 9 dimensjoner. De underordnede kategoriene med uthevet farge er de som er prioritert i forhold til oppgaven med veggelementet.



Figur 2 Produktutvikling med dimensjoner og underkategorier (laget i Mind Manager)

For å holde oversikten over dimensjonene vil teoridelen legges opp slik at de legges i rekkefølge ut fra venstre og nedover, deretter mot høyre og nedover i forhold til de 9 dimensjonene. I underkategoriene til dimensjonene vil det allikevel forekomme at flere underkategorier samles innenfor hvert kapittel og at det naturlig vil ha flere underkategorier under samme delkapittel. Dimensjonering har av naturlige årsaker blitt satt under delkapittelet produksjon. De 4 siste dimensjonene gir kapittel: Sikkerhet, miljø og produktliv.

2.1 Konkurrentanalyse i markedet

«Konkurrentanalyse innebærer at konkurrentenes produkter analyseres, og at denne informasjonen brukes aktivt i produktutviklingen. Ved å bruke denne metoden kan vi oppnå viktig informasjon om hvordan konkurrerende produkter tilfredsstillter brukerbehov og andre krav, og også informasjon om forskjellige løsninger, for eksempel tekniske.»
(Mo Jacobsen, 1997, s. 69)

Hensikten med konkurrentanalyse er å lage seg et bilde av markedet man produserer til, og bruke analysen som et verktøy for å ta gode beslutninger om hvilke veivalg man skal ta i alle steg av produksjonen. Her kan de ulike produksjonsdimensjonene bli dratt inn og bli brukt som en veileder på hva man skal se på og sammenligne seg selv med mot konkurrentene sine.

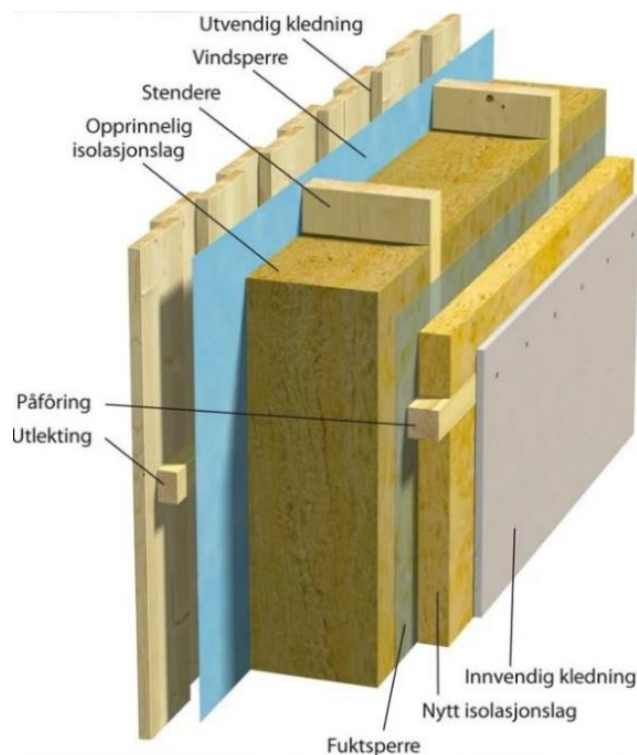
Fremgangsmåten Jacobsen beskriver blir delt inn i seks steg. De to første punktene forklarer hvordan man skal innhente informasjonen om konkurrentene. Punkt tre og fire tar for seg innkjøp og testing av konkurrenters produkter. For oss og vår oppgave med valgt tema i byggebransjen, passer ikke vinklingen som presenteres i de fire første punktene, som appellerer til produktets evne til å oppfylle kundekrav. I vår analyse skal vi ikke analysere produktet som blir tilbudt (som her er elementet), men undersøke produksjonen til elementet før det er blitt et ferdig produkt. Derfor utformer vi et eget oppsett for å analysere konkurrentene, og vinkler analysen som nevnt.

2.2 Funksjon til veggelementet

Funksjonsdimensjonen til veggelementet som rapporten ser nærmere på er produksjonsmetoder, materialer og tekniske krav. Dimensjonering fra designdimensjonen vil også bli presentert i delkapittelet om bærende og ikke bærende vegger. For å vise hvor kompleks ett trebasert veggelement kan være, blir det tatt med en kort forklaring på hvordan et veggelement kan være oppbygget. Dette oppklarer hvilke operasjoner elementfabrikker må være i stand til utføre når vi tar opp dette senere i oppgaven.

2.2.1 Utvendig trebasert veggelement

Begrepet trebasert utvendig veggelement har som regel en oppbygning som inneholder disse materialene startet fra utsiden av veggen: utvendig kledning, utlekting, vindsperre, stendere i samme lag som isolasjonen, fuktsperre, nytt lag med isolasjon og påføring samt en innvendig kledning. Denne elementoppbygningen vises på Figur 3 under.



Figur 3 Bilde av eksempel på oppbygning av trebasert veggelement (Byggmakker, 2018)

Utvendig panel, utlekting, stendere og påforinger kan være spikret eller skrudd sammen. Vindsperran stiftes til stenderne. Produsenter av trebaserte veggelementer varierer i forhold til hvilken type isolasjon som er i elementet, og tykkelser på isolasjonen i veggen. Jo mer

isolasjon jo mindre vil U-verdien i veggen ha. Sammen med vindspærren, fuktspærren og mer isolasjon, vil veggen blir tettere og stenger lyd, luft og varme/kulde bort fra inn klima i forhold til utetemperaturen.

Innvendig kledning kan være gipsplater, OSB-plater, walls2paint-plater, innvendig panel, eller fliser og baderomsplater. Den innvendige kledningen kommer an på hva slags rom den skal tilpasses. Ofte vil kunder selv bestemme hvilken type innvendig kledning som ønskes. Derfor produserer Landheim sine elementer uten innvendig kledning.

2.2.2 Innvendig trebasert veggelement

Når man betegner innvendige trebaserte veggelementer vil det si veggene inni huset. Disse veggene har mindre isolasjon enn de ytre veggene, og de har heller ikke utvendig kledning eller vindspærre. Noen leveranser med innvendige trebaserte veggelementer kan derfor inneholde kun stendere og isolasjon. Som regel holdes disse sammen ved å pakke dem i plastemballasje.

2.2.3 Bærende eller ikke bærende vegger

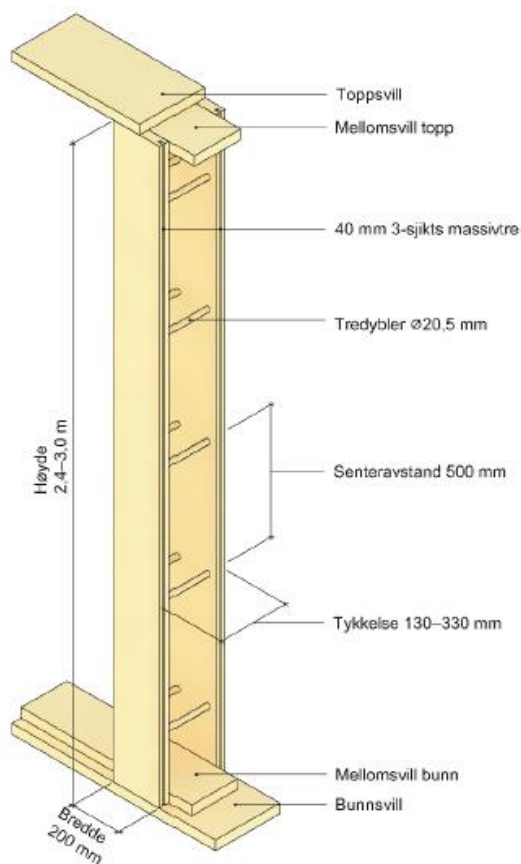
Ved beregninger på tykkelser av stendere som holder oppe veggen må man ta hensyn til om de er bærende eller ikke, og visse tekniske krav. Ikke bærende vegger skal holde bare selve veggen og kunne tåle vindkrefter hvis det er en utvendig vegg. Dimensjonering av en utvendig ikke bærende vegg har en sikkerhetsfaktor samt vind som man finner i standard NS-EN 1991-1-4 (vindlaster) i forhold til sted og kotehøyde på vegg og bygningsplassering. Hvis man skal beregne stenderne i forhold til en bærende utvendig vegg, må man i tillegg finne egenlasten og nyttelaster av eventuelle flere etasjer over veggen i standard NS-EN 1991-1 (laster på konstruksjoner) og snølasten over veggen i standard NS-EN 1991-1-3 (snølast). Man skal gå ut ifra formler som er beskrevet i standard NS-EN 1990 (Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner) i både innvendige og utvendige vegger. I tillegg må man ta hensyn til brann i standard NS-EN 1991-1-2 (laster på konstruksjoner ved brann), laster som kan skje under frakt og montering på byggeplass NS-EN 1991-1-6 (laster under utførelse), og som kommer fra seismiske undersøkelser som fare for jordskjelv NS-EN 1998 (prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning). Byggforskserien «523.251 Bindingsverk av tre i

småhus. Dimensjonering og utførelse» har henvisninger om hvordan man kan bruke disse standardene i prosjekteringsfasen (SINTEF Byggforskserien, 2014).

2.2.4 Andre typer utvendige veggelementer

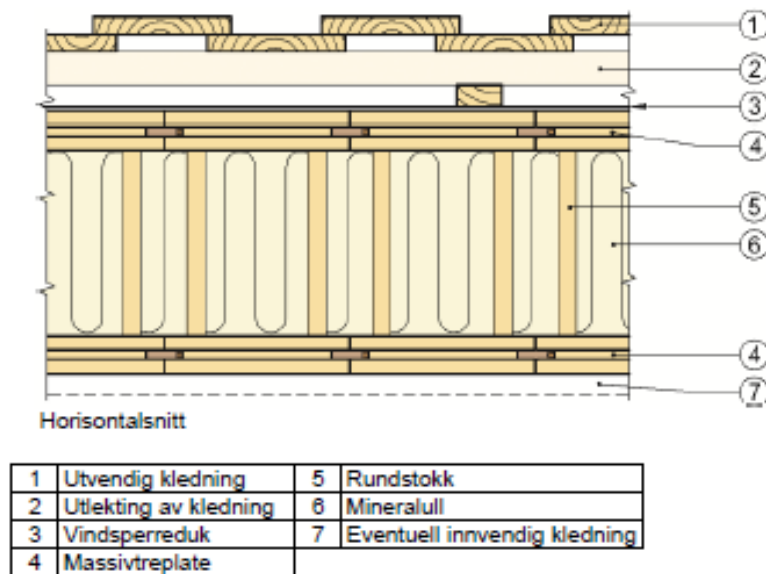
Under søk på veggelementer ble det funnet noen med litt annet konsept enn vanlige trebaserte veggelementer. To produsenter som lager andre veggelementer, er Termowood (SINTEF Certification, 2017) og Norsk Massivtre AS (SINTEF Certification, 2020)

Termowood har basert seg på isolasjon med 3-sjikts massivtreplate i veggens høyderetning og massivtreplater i vanger oppe og nede som kalles bunnsvill og toppsvill. For å holde isolasjonen sammen inni elementet brukes det rundstokk av furu som limes inn i spor på hver side til 3-sjikts platene. For å tilfredsstille tekniske forskrifter øker man tykkelsene på platene for å tåle naturkreftene fra vind og snø og egenlast, for å sikre gode u-verdier kan isolasjonstykkelsen utvides. Figur 4 og Figur 5 viser materialene i veggelementet og oppsettmetoden i tillegg til utvendig og innvendig kledninger.



Figur 4 Termowood prinsipp for veggoppbygning (SINTEF Certification, 2017).

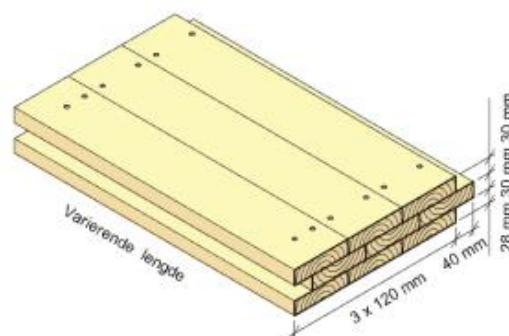
Dette veggelementet har ikke fuktsperre og baseres på naturlig gjennomstrømning av luft slik at man vil få et bedre inneklima. Et meget naturvennlig produkt som bruker mindre plast enn de andre konkurrentene på markedet.



Figur 5 Termowood materialoppsett i utvendig veggelement (SINTEF Certification, 2017).

Norsk Massivtre bruker kun grantre i sine produkter. Oppbygningen i veggelementene er et overlappende plankesystem i lengderetning (se Figur 6) som skrues sammen med HECO treskruer. Ingen skjøter legges i lengderetningen på elementer under 4,5 meter.

Elementlengder tilpasses kundens ønsker, sammenskruing av elementene er med treskruene øverst og nederst. Metoden kalles not/fjærløsning.



Figur 6 Massivtre veggelementer fra Norsk Massivtre AS (SINTEF Certification, 2020).

2.2.5 Innsetting av vindu

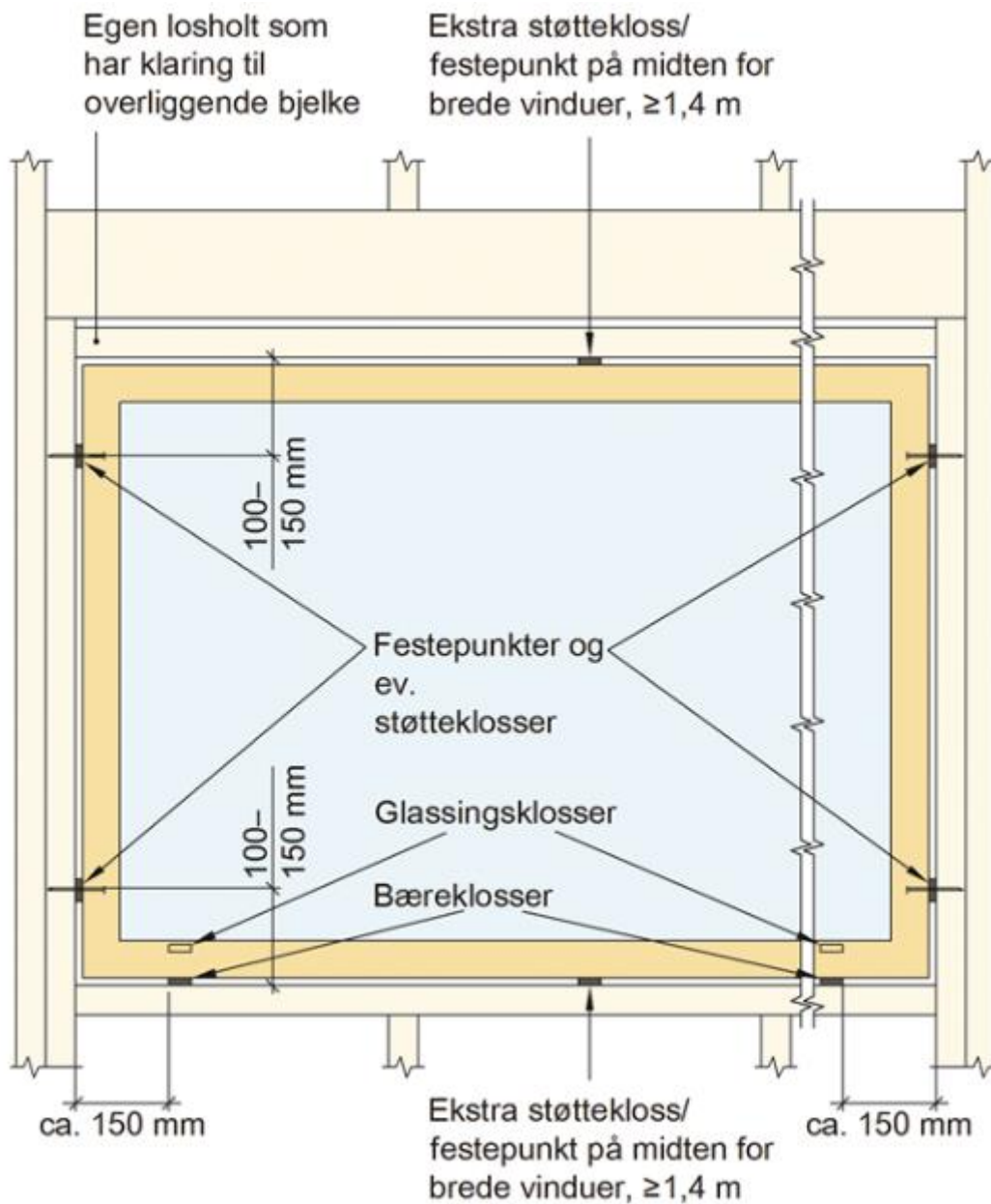
Ifølge Landheim, blir nesten aldri et veggelement konstruert på samme måte to ganger i deres produksjon. Dette gjelder også for innsettingen av vinduet i elementet. Dette gjør at det blir vanskelig for oss som ikke kjenner til alle innsettingsmetodene å forutse hvordan vi skal gjøre dette mer effektivt. I denne forbindelse tar vi i bruk SINTEF Byggforskserien sine anvisninger om innsetting av vindu i bindingsverk.

I SINTEF Byggforskserien «523.701 Innsetting av vindu i vegger av bindingsverk», går de igjennom seks hovedpunkter som er viktig å ta hensyn til. Disse omhandler alternative plasseringer i veggen, hvordan vinduet bør monteres, festes, tettes, samt isolering og omramning av vinduet (SINTEF Byggforskserien, 2018).

Plassering i veggen

Dybden vinduet plasseres inn i veggen er første stedet hvor det kan skille fra bestilling til bestilling. SINTEF har to hovedalternativer hvor de skiller mellom at vinduet kan plasseres plant med vindsperra, eller at vinduet plasseres et stykke inn i isolasjonssjiktet. Alternativene har sine ulike styrker og svakheter, med innslipp av sol som varierer, beskyttelse mot slagregn, eller slitasje og vedlikeholdsbehov. Til syvende og sist blir det arkitekten og kunden som tar beslutningen av hva som blir aktuelt.

Montering



Figur 7 Eksempel på montering av vindu (SINTEF Byggforskserien, 2018).

Ved montering er det viktig å tilføye støtte i ulike punkter rundt vinduet (se Figur 7) så åpne/lukke mekanismen fungerer slik den skal, og samt hindre mulige lekkasjer. Her er det tre faktorer som er viktig; ta i bruk bæreklosser som plasseres under de bærende delene av karmen, plasser støtteklosser i monteringsfugen ved festepunktene etter behov, og innfesting av vinduet til stenderne. De ulike behovene varierer fra hvor stort og tungt vinduet er. Ved større vinduer kreves det mer montering. Bæreklossene må være like og jevne slik at de forblir i vater når vinduet plasseres på losholten, som også må være i vater slik at vinduet blir rett plassert i åpningen.

Regntetting av monteringsfugen

SINTEF tar i bruk prinsippet om totrinnstetting som går ut på å verne mot slagregn. For å oppnå dette lager man atskilt regnskjerm og lufttetning, hvor du har et luftet og drenert rom imellom. Dette kan man oppnå ved å ta i bruk flere anerkjente løsninger. Mest vanlig for å oppnå regnskjerming er å montere en omramning rundt vinduet, og et vannbrettbeslag.

Lufttetning

Måtene man kan løse utvendig lufttetning på er veldig varierende, og det anbefales å bruke ulike metoder for ulike situasjoner. De mest vanlige materialene å bruke er fugeskum, elastisk fugemasse, ekspanderende fugebånd, teip, eller strimler av vindsperrematerial. Disse har ulike egenskaper for isoleringsevne og håndtering. I Landheim sin produksjon av veggelement, er det kunden og arkitekten som avgjør hva som skal bli brukt. Landheim har ingen kontroll over dette heller, som igjen gjør det vanskelig å standardisere arbeidsoppgavene på fabrikken.

Vannbrettbeslag

Monteringen av vannbrettbeslag slår sammen «regntetting» og «lufttetting» avsnittene, og tar for seg hvordan disse skal fungere sammen for å oppnå ønsket regnskjerming. Det forklarer hvordan å beskytte egenskapene til materialene som blir brukt, ved å ta i bruk vannbrett over og under vindu, så materialene varer lengst mulig. Vannbrettet beskytter veggpanelet, slik at fuktighet ikke suges opp i endeveden. Vedvarende fukt kan føre til råteskader.

Isolering, innvendig tetning og omramning

Til slutt beskriver SINTEF hvordan å ferdigstille vinduet med valgt isolasjon til monteringsfugen med ulike spesifikasjoner. Deretter blir den ferdigisolerte fugen tettet i lik stil som med den utvendige lufttetningen, for å hindre trekk og kondens. Innvendig omramning blir til slutt plassert rundt vinduet.

2.3 Produksjonsdimensjon til veggelement

Beskrivelsen av alle prosessene som skjer fra det er dialog med en kunde, til ferdig levert veggelement på byggeplassen, er veggelementets produksjonsdimensjon.

Vanlig ordrebehandling gjøres gjennom samtale i møte, over telefon eller nett. En bekreftelse vil sendes til kunde for å sjekke at kunde og leverandør har samme visjon på hvordan de vil ha veggelementene. I produksjonen kan det være å foretrekke samme byggematerialer i flere prosesser og samme festemetoder på flere elementer, slik at råmaterialer og sammenkomster er lett å kjenne igjen for både produksjonsmedarbeider og kunder. Man kan lettere lage automatiseringsprogrammer for slike gjentakende operasjoner i produksjonen. Fordeler med å automatisere er å effektivisere produksjonen, unngå tunge løft, og gjentakende ensformige bevegelser for produksjonsmedarbeidere. I tillegg er det enklere å sjekke mange like produkter enn mange med ulike sjekkpunkter. Effektiv prosess er å betrakte som et produktfremtrinn i elementproduksjon og produksjon generelt. Det er kundene som bestemmer hvilke produkter som er ettertraktet og som gir en god videreføring av et produkt. Miljøvennlighet er viktig i alle ledd. Det er en fordel med kortreiste materialer til bedriften både for miljø og kostnader. Transporten bør være så miljøvennlig som mulig.

2.3.1 Landheim sin produksjonsdimensjon

På Landheim skjer ordrebehandlingen på kontoret, mens produksjonen foregår i produksjonshallene. Landheim har kunder med ulike forventninger til veggelementene, der hvor dialog mellom kunden og Landheim avgjør hvordan veggelementene skal se ut. Noen faste kunder bestiller kun precut fra fabrikken, mens andre bestiller både veggelementer, etasjeskillere og takstoler. I dataprogram lages både takstoler og veggelementer i en modell som vises til kunden før produksjon.

Dagens produksjon i produksjonshallene har mange manuelle operasjoner. Tunge løft begrenses ved at de har en til to kraner i hver produksjonshall som kan løfte elementene ved å flytte de videre eller å heise de opp vertikalt. Det er mange rullebord som forenkler arbeidet når man skal skyve veggelementene videre uten kran. Rullebordene kan justeres i høyderetning slik at arbeiderne får best mulige tilpassede arbeidsstillinger.

I produksjonshallen for veggelementer gjøres spikring, taping og innlegging av isolasjon, vindsperre og dampspærre manuelt av produksjonsmedarbeiderne. Hver materialtype plasseres på flere steder i lokalene selv om de er like. Dette gjelder både isolasjon, trematerialer og tilvirkningsprodukter. For å unngå tunge løft på innsetting av vindu har man et trykkluftbasert verktøy som er innsatt med sugekopper som holder vekten til vinduet. Innsettingen av vinduer varierer med stående innsetting eller liggende innsetting. Se Figur 8.



Figur 8 Innsetting av vindu i dagens produksjon på Landheim skjer både stående og liggende i veggelementet

For å frakte materialer som trengs til produksjonen tar de i bruk traller og trucker. Det store utelageret gjør at de har stor tilgang til materialer. De aller fleste materialene kjøpes inn fra lokale produsenter.

- I-bjelker og smallimtre fra Hunton i Gjøvik
- Trelast fra Moelven
- Byggevarer fra Byggmakker på Gjøvik
- Glava og Rockwool rett fra fabrikker

Ferdige elementer, takstoler og etasjeskillere pakkes og settes ut på kaldt lager til de blir hentet av lastebiler og vogntog.

2.3.2 Studie av elementproduksjon i 2014

Fra konklusjonen i en studie utført i 2014, utført av Vegar Løken Bergum, var det små forskjeller på fremgangsmåtene for produksjon av vegger, enten på fabrikk eller på byggeplass (Bergum V L, 2014). Standardisering av veggelementproduksjon i fabrikk var derimot enklere og ga mer produktivitet. Enklere produksjon var også begrunnet for å lettere få maskiner til å automatisere prosesser. Selv om den ene bedriften som ble introdusert hadde store deler av produksjonen automatisert, var det fremdeles feil og mangler på veggelementene. Begrunnelsen for feilene og manglene var høyt søkelys på produksjonsproduktivitet og dårlig med kvalitetskontroller. Fordelene med elementbygging på fabrikk var lettere kildesortering, mer forutsigbart produksjonsvolum og tørr produksjon. Ut fra vedlegget til konklusjonen viste man til positive sider og negative sider i forhold til veggelement i byggeprosjekt, noen av punktene er brukt i Tabell 1 nedenfor.

Tabell 1 Positive og negative sider ved veggelementer fra vedlegg av studie i 2014 (Bergum V L, 2014)

	Positivt	Negativt
Kvalitet	<ul style="list-style-type: none"> • Mindre fare for byggfukt • Lavere feilrate ved standardisering 	<ul style="list-style-type: none"> • Transportskader • Montasjeskader
Kostnader	<ul style="list-style-type: none"> • Lave riggekostnader ved kort prosjekt • Færre ansatte og kortere prosjekt gir lavere kapital- og lønnskostnader 	<ul style="list-style-type: none"> • Endringer fordyres • Økt transportkostnad
Logistikk	<ul style="list-style-type: none"> • Mindre riggplass • Færre ansatte 	<ul style="list-style-type: none"> • Økt bruk av kraner • Krav til transportvei • Mellomlagring • Forsinkelser fordyrer
Fleksibilitet		<ul style="list-style-type: none"> • Høydebegrensninger i transport • Dyrere å rette byggefeil • Feil oppdages sent
Sikkerhet helse og arbeidsmiljø	<ul style="list-style-type: none"> • Ryddighet • Færre arbeidstimer, mindre skader, uhell og tunge løft • Maskiner tar farlig arbeid 	<ul style="list-style-type: none"> • Større arbeidsuhellkonsekvens • Vanskelig avstiving ved montasje • Økt risiko ved flere kraner

2.3.3 Roboter i byggebransjen

Artikkel

Under litteratursøk ble det funnet en artikkel om roboter i bygge- og anleggsbransjen (Kvålshaugen, Kolbjørnsrud og Sannes, 2020). Konklusjonen på utviklingen av roboter er å samordne mer av de samme tegneprogrammene inn i building information modeling (BIM). I dag har ofte hvert enkelt fagfelt sine dataprogrammer som de lager tegninger fra og legger til som PDF i BIM. Hvis man skal ha et bedre samarbeid bør alle modeller lages i samme tegneprogram, da vil de bli lettere håndtert i BIM.

Roboter som refereres i artikkelen er av forskjellige slag. Spesifikasjonen på robotene er:

- Roboter som hjelper mennesker, disse har lite med automatisering
- Menneske som hjelper roboter, disse har høy grad av automatisering, men trenger informasjon fra mennesker for å utføre spesielle oppgaver
- Robot alene, har full automatisering av arbeidsprosessen.

Youtube video

På søk etter roboter og automasjon i byggeprosjekt ble det funnet et byggeprosjekt med komplekse takelementer. Prosjektet var laget i dataprogram og 2 roboter samarbeidet med å sette sammen de komplekse delene ved at den ene plasserte en planke mot platen mens den andre skrudde de i sammen. Se Figur 9 (KUKA - Robots and automation, 2019).



Figur 9 Komplekst 6 kantet takelement settes sammen av 2 roboter, bildet er hentet fra Youtube film (KUKA - Robots and automation, 2019)

Når de ulike plankedelene var festet rundt den sekskantede plata, limte den ene roboten og den andre roboten plasserte plate 2 oppå. Plate 2 ble i tillegg skrudd fast av robot. For at de komplekse delene skulle passe sammen på taket som gikk i en bue, freste robotene spor slik at de ulike takelementene passet sammen som et puslespill. Det ferdige takelementet var uten isolasjon eller vinduer, fordi taket var frittstående i en park med plass til å gå igjennom under uten vegger.

Bruk av roboter

Ved søk på roboter finnes det roboter i mange størrelser. For å finne den mest aktuelle roboten kan robotprodusenten bruke bæreevne og rekkevidde for bruken i produksjon som grunnlag (KUKA Nordic AB Sales, 2021) (FANUC, u.å.). Et samarbeid med robotleverandør er et vanlig utgangspunkt før man anskaffer en robot. Programmering, opplæring og vedlikehold må tas i betraktning i forhold til innkjøp. Man må også huske på at maskinforskriften må overholdes (Lovdata, 2009). For å finne ut hvilken robot som er mest aktuell til veggelement og vindu ser man på størrelsen og vekten. I forhold til Byggforskserien 520.110 «Modulbygninger av tre. Vurdering av egnethet» som blant annet tar opp temaet transport, henvises det til bredde på moduler på maks 4 meter. Ellers kreves politieskorte og kjøring kun mellom kl.22.00 og kl.06.00 (SINTEF Byggforsk, 2020). Lengden på en modul er satt til maks 16 meter. Veggelementer er ikke like store som byggmoduler, og fra Landheim sin side ble bredde satt over 4 meter fordi volumet ikke er like stort som moduler. For å sette en maks grense, settes bredde til 4,5 meter, og lengde til 12 meter på veggelementet. Vindu har tyngre vekt enn plankevekt og vil være avgjørende for totalvekten til veggelementet. Vanlige 2 lags glass i vinduer veier ca. 20 kg/m^2 , men de tyngste vinduene med lydglass som brukes for å dempe støy utenfra veier 41 kg/m^2 (Lotherington P B, 2006). Plankevekt på furu og gran er 435 kg/m^3 (epd-norge.no, 2020).

2.3.4 Prosesser som kan forenkle produksjonen

Av prosesser som kan forenkle arbeidet i produksjonen både ved kontoret og i produksjonshallene kan det nevnes LEAN, Parametrisk Design og SAP.

LEAN produksjon

LEAN kan oversettes til Slank på norsk. LEAN er et forbedrings- og rasjonaliseringssystem som brukes i produksjonslinjer (Rolfsen, 2014).

Opprinnelig startet Ford sitt samlebånd i Detroit på en systematisk og gjennomtenkt måte, hvor masseproduksjonen, spesialiseringen og samlebånd var satt i system. Systemet LEAN ble utviklet gjennom et samarbeid mellom 2 amerikanske ingeniører Edward Deming og Joseph Juran ved Ford fabrikken i Detroit, Toyota samt andre japanske industribedrifter i Japan. Toyota var i startfasen til nytt produksjonssystem rundt andre verdenskrig da samarbeidet oppsto. Metodene utfra dette samarbeidet er senere kalt genuint japanske og ble introdusert på nytt som nye løsninger tilbake til USA. Toyota kalte den utviklede metoden for Toyota produksjonssystem.

I 1992 lagde forskeren Lauri Koskela en rapport med introduksjon til LEAN bygging i byggebransjen, og jobbet som gjesteforeleser ved Stanford Universitetet i USA. Senere flyttet den finske forskeren hjem til Finland, og startet å presentere LEAN bygging på konferanser. Forskeren fra Finland Koskela, foreslår å standardisere byggeprosessen slik at det blir mer industrialisering. En av forslagene er å gjøre større deler av bygget ferdig før de ankommer byggeplassen. Metoden resulterer i bedre kontroll når det blir færre operasjoner på selve byggeplassen. Andre løsninger er større grad av automasjon ved bruk av datasystemer, for å ha bedre oversikt på byggeprosessene og når ulike leverandører ankommer bygget. Med leverandører menes bl.a. elektrikere, rørleggere og ventilasjonsarbeidere samt transport av byggematerialer.

Verktøy fra LEAN-produksjon som tilpasses byggeprosess er «The Last Planner System». Planleggingsverktøyet legger opp 4 plannivåer som skal forbedres ved at de deles opp og detaljeres. De fire nivåene er i Tabell 2:

Tabell 2 Plannivåer i LEAN-produksjon

Hovedfremdrifts- plan	Produksjonsplan	Utkvikksplan	Faseplan
Punkter brytes ned i mindre deler	Rullende plan med forholdsvis ca. 3 ukers horisont	5 -6 uker fram i tid	Kritiske milepæler
Aktivitet Omfang Tid	Måloppnåelse av forrige uke vurderes før ny rulleringsplan vedtas	Planlegger i samarbeid med fagarbeidere for riktig rekkefølge. Klarerer for hindringer slik at helhetsplanen er lik	Bruker teknikken med bakover i tid planlegging 1 ukes detaljplanlegging

Viktige forutsetninger for god planlegging utfra prosjektleders syn med LEAN er å:

- Snakke med tverrfaglige tidlig i prosjektet
- Få til et godt samarbeid av tverrfaglige tidlig
- Delegere en del beslutninger til underprosjekter som kalles såkalt involverende planlegging, denne planleggingen krever kompetanse

Parametrisk Design

Parametrisk Design kan modelleres i dataprogram som kan beskrives som parametrisk modellering. Ut ifra firmaet NODE rådgivende ingeniører AS, kan vi trekke definisjonen på hva Parametrisk modellering er:

«Parametrisk modellering er en ny prosjekteringsmåte, der geometrien i konstruksjonsdeler blir definert gjennom formler, der noen utvalgte parametere kan endres raskt. Denne metoden er først og fremst interessant i en konseptfase, der forskjellige alternativer skal vurderes.»

(NODE rådgivende ingeniører AS, u.å.).

Fordeler med Parametrisk Modell er at den kan deles i en BIM (Building information modeling), der både RIB (Rådgivende ingeniør på bygg), ARK (Arkitekt), RIV (Rådgivende ingeniør varme, ventilasjon og sanitærteknikk), RIE (Rådgivende ingeniør elektronikk) og RIG (Rådgivende ingeniør geoteknikk) kan se modellen. RIB-FEM-modell for

dimensjonering, i IFC og DWG for lettere vise modellen for ARK og for å importere videre til programmer som Grasshopper, Python og Tekla for RIB.

Parametrisk Design kan tegnes i bl.a. ArchiCAD tegneprogram (ArtTool, 2020)

SAP

SAP står for Systemanalyse Programutvikling, og er en produsent av programvarer for styring av forretningsprosesser som kan effektivisere databehandling og informasjon på tvers av organisasjoner og kunder. SAP er et nettbasert forretningsprogram som kan hjelpe små og mellomstore bedrifter med å knytte bedre kontakt med kundene sine og hjelpe til med dataprogrammer som kan forenkle (SAP, u.å.-a) (SAP, u.å.-b).

2.4 Sikkerhet, miljø og produktliv

For å lage produkter må man følge en del krav og standarder. Produksjonen skal gjøres slik at det ikke går ut over liv og helse til arbeiderne, og produktet bør være miljøvennlig og kunne gjenvinnes.

2.4.1 Sikkerhet for Landheim

For å sikre at veggelement tåler belastninger når det fraktes, monteres, og fra langtids belastninger, må man følge standarder til dimensjonering nevnt i delkapittelet 2.2.3 Bærende eller ikke bærende vegger. Byggforskserien er også nevnt som oppslagsverk i det samme kapitlet for fremgangsmåter i dimensjonering.

I tillegg til Plan- og bygningsloven, som setter krav til planer, utførelse av byggverk og materielle krav til en utbygger og tiltakshaver, kreves det kontroll av veggelementer som leveres byggeplass. Fordi Landheim ikke har SINTEF godkjente veggelementer må hvert element godkjennes på byggeplassen ved levering (Plan- og bygningsloven, 2008).

2.4.2 Produktliv og emballasje

I forhold til veggelementer er mesteparten laget av treverk som kan gjenvinnes til mindre produkter eller brukes som varmekilde. På Landheim brukes treverksrester fra de tre Hundegger-sagene for det meste i produksjonen til oppvarming i ovnen som står plassert i etasjen under fabrikkhallen. Plast i produksjonen blir gjenvunnet, og Landheim har avtale om henting fra renovasjonsselskapet. Isolasjonen blir gjenvunnet ved at de har kjøpt inn en komprimeringsmaskin som lager nye isolasjonsdeler fra restene de får av kutting til veggelementene. Gummitrekk som brukes over elementene på lastebiler og vogntog gjenbrukes flere ganger, og oppfordres til å returnere både når de er hele og når de slites med hull. Landheim AS har høy prioritet på sortering av avfall som vises rundt på hele bedriften. Landheim AS leverer også flis fra produksjonen til bønder i nærområdet.

Livsløpvurdering av produkter

LCA står for Life Cycle Assessment og er en livsløpsvurdering som kan gjøres på produkter og bygninger for å begrense miljøpåvirkninger. SINTEF Byggforskserien «470.102 Metodiske valg og problemstillinger ved livsløpvurdering» viser hvordan man kan sette opp livsløpet (SINTEFF Byggforsk, 2015). I byggebransjen kan LCA brukes i ulike faser i byggeprosessen for å sammenligne designalternativer. Krav til bruk av livsløpsvurderinger kan settes til byggeprosjekter.

3 Metode

For å svare på deler av oppgaven har vi tatt i bruk en resursperson, Tor Erik Nicolaisen, for å velge ut relevant litteratur som inneholder produktdesign, produksjon og produksjonsmetoder. Med over 20 års erfaring som ingeniør innenfor industri og produksjon, tar vi imot både tips og råd om hvor vi burde lete etter informasjon. I denne sammenhengen har vi fått anbefalinger om å låne flere bøker innenfor produksjonsdesign, som vi kommer nærmere tilbake til senere. Litteratursøk på andre Bachelor- og Masteroppgaver ble utført for å se hva andre har funnet før oss, som vi kunne bygge videre på.

3.1 Informasjon om roboter

Ressursperson 2, Oleksandr Semeniuta ble brukt for å finne informasjon om roboter som finnes i dag på nett. Søket etter robotene skulle vise oss hvor mye de kunne programmeres til, i hvor stor grad de kunne håndtere ulike operasjoner, og hvilke roboter som kunne egne seg til deler av elementproduksjonen.

Under samtalen med Oleksandr (Tirsdag 13. april) spurte vi blant annet om følgende:

- Løftekapasitet
- Robotsamarbeid
- Plassering i forhold til arbeidsoppgaver (innsetting av vindu)
- Vurdering av vindusstørrelse/vekt
- Vurdering av innsetningsdybde
- Vurdering av innsetting i forhold til veggelement
- Vedlikehold, opplæring
- Kunnskap for å bruke robotene i drift
- I hvor stor grad blir de brukt i byggebransjen i dag?

Det ble stilt noen veldig generelle spørsmål angående roboter, for å gi studentene en bedre forståelse for hvordan roboter fungerer og opererer, og mer spesifikke spørsmålene rettet mot den byggrelaterte delen av oppgaven.

3.2 Framgangsmåte ved forskningsspørsmål 1

«Hvilke tiltak kan Landheim gjøre for å effektivisere innsettingen av vinduer?»

3.2.1 Idemyldring

Landheim nevnte tidlig i dialogen med Bachelorgruppa at innsetting av vinduer var en utfordring de var interessert i at vi skulle se nærmere på. Derfor valgte vi i et tidlig stadium av oppgaven å ta i bruk idemyldring, for å se på hvilke muligheter det var for å forbedre og effektivisere innsettingen. Sammen med idemyldring, tok vi i bruk vår resursperson, Tor Erik, for å legge frem våre ideer, og gi innsyn, så han kunne komme med innspill til hvilke retninger vi kunne ta våre ideer.

Ut ifra ideene vi satt igjen med til slutt, ble Google søk brukt med relevante søkeord, for å undersøke om det fantes alternativer i markedet allerede for å gjøre vindusinnsettingen lettere.

3.2.2 Konkurrentanalyse

For å undersøke hva Landheim kan gjøre bedre for å effektivisere produksjonen, spesielt ved innsettingen av vinduer, blir det utført en konkurrentanalyse, for å se hvilke løsninger andre treelementbedrifter har valgt å bruke. I konkurrentanalysen ser vi på alle de ulike prosessene ved byggingen av veggelementet, og deler det inn i store nok biter så det er mulig å få et helhetlig bilde av hva valget av metode er. Prosessene blir delt opp i både manuelle og automatiske håndtering, og igjen ut ifra det, om det blir brukt spesifikt verktøy/metode for å fullføre operasjonene. Valget om å ta med manuelle operasjoner også, selv om det er automatisering oppgaven er ute etter, er for å få et overblikk over hva som er mulig, og hvor langt andre bedrifter har klart å gå for å bli helautomatisert. Dette knyttes også inn i forskningsspørsmål 2 senere.

Tanken bak analysen er å undersøke om det allerede finnes en norm i veggelement miljøet, over hvordan de velger å løse ulike prosesser. Hvis ingen velger å bruke roboter til en prosess, kanskje det er en årsak til at dette ikke blir gjort. Ved å ta dette inn i betraktning gir det et realistisk syn på hva som er realiteten pr i dag, og ikke kun hva en tenker *burde* ha vært tatt i bruk. Dette gir også leseren et innblikk i hvordan veggelementproduksjonen foregår.

For å finne aktuelle konkurrenter så effektivt som mulig, tok vi kontakt med Per Skogstad, som er informasjonsleder fra Treteknisk. Treteknisk er en frittstående forskningsforening med 130 medlemsbedrifter, og med store kunnskaper om alt innenfor trevirke (Treteknisk, 2021). Ved å bruke ekspertisen til Skogstad klarte vi å lage oss en god oversikt over treelementbedrifter i Norge som kan være aktuelle å sammenligne med Landheim. Til slutt sto vi igjen med til sammen 18 bedrifter. For å finne ut hvordan bedriftene opererte, tok vi i bruk Google søk, og baserte analysen på informasjonen vi fant. Det som ble mest aktuelt å se på var hjemmesidene til bedriftene og Youtube videoer vi fant av fabrikkene deres. Planen om å kun ta med informasjon som var mulig å finne på nettet, var for å se hvor åpne de ulike bedriftene var om hvordan de opererte.

Bedriftene i analysen er som følger:

- 1-2-Tre Elementproduksjon (Vestfold og Telemark)
- Innlandet Elementfabrikk (Innlandet)
- Jatak alliansen (Generelt Sør-Norge)
- Optimera/ Monter (Hele Norge)
- Overhalla hus (Trøndelag)
- Støren Treindustri (Trøndelag)
- Sætheren Element AS (Viken)
- Øverbygg (Trøndelag, Viken, Vestlandet)
- RVT (Ringsaker vegg- og takelementer) (Innlandet)
- LSE (Lindal Smith Elementer) (Agder, Trøndelag, Møre og Romsdal)
- Igland Garasjen (Vestlandet, Vestfold og Telemark, Trøndelag)
- Konsmohus (Agder, Vestfold og Telemark, Viken)
- Hedalm Anebyhus (Innlandet, Viken)
- Mesterhus (Oslo)
- Bredesen Opset (Innlandet)
- PreTre (Agder, Vestland, Innlandet, Trøndelag, Rogaland)
- Aretreindustrier (Viken, Vestland, Innlandet)
- Kvatro AS (Møre og Romsdal)

Konkurrentanalysens struktur

Som nevnt tidligere i teori kapitelet, har vi beskrevet hvilke materialer og komponenter en tradisjonell vegg består av. Derfor velger vi å dele inn de ulike variablene i undersøkelsen med disse komponentene som utgangspunkt.

Bedrift som bygger elementer		Samarbeider med		Kapping av tre		Sammensetning av bindingsverk			Dampsperre	
						Innmating	Plassering	Festing		
Vindsperre		Gips/plater		Isolasjon		Vindu/dører				
Innmating	Festing/kapp			Kutting	Innlegging	Innsetting	Kiler/isolasjon	Omramming		
Kommentar VINDU		Kommentarer GENERELT				Nettside		Hentet kilde		

Figur 10 De ulike komponentene av konkurrentanalysen

Som Figur 10 viser ovenfor, blir noen større operasjoner delt inn i flere mindre deler, for å undersøke om det blir gjort en kombinasjon av manuelt og automatisk arbeid. Det blir kun resultatet av "Vindu/dører" som blir diskutert i forskningsspørsmål 1. De andre delene av produksjonen vil bli diskutert videre i forskningsspørsmål 2.

3.3 Framgangsmåte ved forskningsspørsmål 2

«Hvilke tiltak kan Landheim gjøre for å optimalisere sin produksjon av trebaserte veggelementer?»

3.3.1 Landheimbesøk

For å optimalisere produksjonen ved veggelementer hos Landheim brukte vi intervju av Espen N. Pettersen, og besøk på bedriften for å kartlegge dagens produksjon opp mot ideer om forbedringer av produksjonen. For å få bedre forhold til arealer inni hallene ble det brukt søk på Østre Toten Kommune sine kartsider. Modellering i Tekla Structures ble gjort for å lage 3D modell, plan og snittegninger som viser dagens produksjonslinjer mot forslag til

endringer i produksjonslinjene både tenkt fra Landheim sine investeringer og videre investeringer til optimal produksjon.

3.3.2 Konkurrentanalysen i forhold til forskningsspørsmål 2

Videre blir det tatt i bruk 2 tabeller med konkurrenter og flere intervjuer for å besvare forskningsspørsmål 2. Den ene tabellen har SINTEF sitt godkjenningsmerke på trebaserte veggelementer og søk på hvor produksjonen deres befinner seg. Videre vil det bli sammenligning av konkurrenter i en tabell der de ulike produksjonsmetodene vises. Intervjuer vil bli brukt for å se hvordan Landheim produserer i dag, og hvilke utfordringer de har innen produksjon. Ressurspersoner fra skolen vil bli intervjuet for å finne fram til nye innovative løsninger. Intervjuene vil ha forhåndsbestemte spørsmål, men vi vil også ta i betraktning spørsmål som kommer opp etter hvert som intervjuobjektene svarer.

Mange av våre kilder til konkurrentanalysene er funnet på internett. SINTEF sine nettsider er en teknisk godkjenning som viser hvilke konstruksjonsdetaljer som er i veggelementene, hvilke deler av bygninger som elementene kan brukes til og hvilke egenskaper elementene har i forhold til bæreevne, brannmotstand, miljø, bruk og godkjenningsgrunnlag.

4 Resultater

Kapitlene om teori og metoder har ledet oss inn på resultater av aktuelle bruksområder som har vært, som er, og som er i utvikling i byggebransjen og kan vinkles inn mot veggelementproduksjon.

4.1 Forskningsspørsmål 1

«Hvilke tiltak kan Landheim gjøre for å effektivisere innsettingen av vinduer?»

4.1.1 Konkurrentanalyse fra 18 bedrifter

Tabell 3 Konkurrentanalyse del 1

Bedrift som bygger elementer	Kapping av tre	Sammensetning av bindingsverk			Dampsperre	Vindsperre	
		Innmating	Plassering	Festing		Innmating	Festing/kapp
1-2-Tre Elementproduksjon	Hundegger	M	A	A	M	*	*
Innlandet Elementfabrikk	Hundegger	*	A	A	*	*	A
Jatak alliansen	Hundegger	M	M med spor	Halv M	*	*	*
Optimera /Monter	Hundegger	M	M med spor	M	M	*	*
Overhalla hus	Hundegger	M	A	A	A	*	*
Støren Treindustri	Hundegger	M	A	A	*	*	*
Sætheren Element AS	Hundegger	M	A	A	*	M	A
Øverbygg	Hundegger	*	*	*	*	*	*
RVT	*	M	M ?	M	M	M	M
LSE (Lindal Smith Elementer)	Hundegger	M	A	A	M	M	M
Igland Garasjen	*	*	*	*	*	*	*
Konsmohus	*	*	*	*	M	M	M
Hedalm Anebyhus	? Precut	M	A	A	*	M	A
Mesterhus	*	*	*	*	*	*	*
Bredesen Opset	Hundegger	M	M	M	*	*	*
PreTre	Hundegger	*	M med spor	*	*	*	*
Aretreindustrier	Hundegger	*	*	*	*	*	*
Kvatro AS	PreCut	M	M	M	M	M	M

Operasjonene i veggelementproduksjon i Tabell 3, Tabell 4 og Tabell 5 viser følgende forkortelser:

M: operasjonen blir utført manuelt Halv M: operasjonen blir utført manuelt og automatisk

A: operasjonen blir utført automatisk M med spor: blir brukt precut for plassering

*: det ble ikke funnet noe informasjon Konkurrentanalyse del 1

Tabell 4 Konkurrentanalyse del 2

Bedrift som bygger elementer	Gips/plater	Isolasjon		Vindu/dører		
		Kutting	Innlegging	Innsetting	Kiler/isolasjon	Omramming
1-2-Tre Elementproduksjon	M vakuumløfter	M	M	M	M	M
Innlandet Elementfabrikk	*	A	M	M vakuumløfter	M	M
Jatak alliansen	*	M	M	M	M	M
Optimera /Monter	M	M	M	M	M	M
Overhalla hus	A	M	M	M	M	M
Støren Treindustri	A	M	M	M	M	M
Sætheren Element AS	?	*	*	M	M	M
Øverbygg	*	*	*	*	*	*
RVT	M	M	M	M	M	M
LSE (Lindal Smith Elementer)	M	M	M	M	M	M
Igland Garasjen	*	*	*	M	M	M
Konsmohus	M			M	M	M
Hedalm Anebyhus	*	A	A	*	*	*
Mesterhus	*	*	*	*	*	*
Bredesen Opset	*	*	*	*	*	*
PreTre	*	*	*	*	*	*
Aretreindustrier	*	*	*	*	*	*
Kvatro AS	M	M	M	M	M	M

Tabell 5 Konkurrentanalyse del 3

Bedrift som bygger elementer	Kommentar VINDU	Kommentarer GENERELT
1-2-Tre Elementproduksjon		
Innlandet Elementfabrikk	Lager egne elementer for vindu	Bruker sammensetningsportal til flere operasjoner (bindingsverk, dampspærre, panel)
Jatak alliansen	Lager egne elementer for vindu	
Optimera /Monter		Teiper rundt vindu
Overhalla hus		Bruker sammensetningsportal til flere operasjoner (bindingsverk, dampspærre, panel)
Støren Treindustri		Isolasjon: Skjer ovenfra, der hvor det legges inn.
Sætheren Element AS		
Øverbygg		Driver mest med hytter
RVT		Tar i bruk mye stålfasade.
LSE (Lindal Smith Elementer)		
Igland Garasjen		Det er andre standarder da det kommer til garasjer.
Konsmohus		Isolasjon skjer på byggeplassen
Hedalm Anebyhus	Lager egne elementer for vindu	
Mesterhus		
Bredesen Opset		
PreTre		Viser fram kun hvordan prod. av takstoler fåregår.
Aretreindustrier		Viser fram kun hvordan prod. av takstoler fåregår.
Kvatro AS		Vanskelig å se, men ser ut som det meste skjer manuelt

Fra konkurrentanalysen var det to metoder for innsetting av vinduer som var foretrukket. Den metoden som er mest utbredt er kun å bruke manuelle operasjoner, og sette inn vinduet nesten til slutt, etter isolasjon, vind- og dampspærre, og gipsplater. Som vi ser fra Tabell 3 og Tabell 5 blir det ikke brukt roboter eller maskiner til disse operasjonene. Det eneste vi ser blir brukt av maskiner er vakuumløfter, for å hjelpe til med å holde vinduet på plass mens man gjør de tradisjonelle operasjonene rundt å feste, isolere, og fuge vinduet.

Det som vi ser at de to mer automatiserte fabrikkene gjør, Hedalm Anebyhus og Innlandet Elementfabrikk, er at de lager et eget element for vinduet hvor gjør al montasje av vinduet ferdig på en separat stasjon, som de senere plasserer inn i elementet sammen med stenderne (henvist i Tabell 5). Selv om ingenting av det de gjør under monteringen av vinduet foregår automatisk, er dette noe som står ut som en ulik variasjon av tradisjonell innsetting. Utenom dette, ser vi lite variasjon av preferert metode.

4.1.2 Idemyldring og intervjuer av vindusinnsetting

Vi tok i bruk litteratursøk, hvor vi brukte søkemotoren Google. Søkordene "vindusinnsetting", "vindus klips", "original way to install window", og lignende ble brukt. Disse ordene ga ingen resultater utenom de vanlig innsetningsmetode utført av mennesker, som gir inntrykket av at det ikke finnes noen originale metoder for å sette inn vinduer på en mer tidseffektiv måte.

Innsetningsmetoder av vindu

Det ble satt fokus først på å undersøke om det var mulighet for å utvikle et system selv for å øke hastigheten på operasjonen. Idemyldringen startet med å kontakt med Espen og Tor Erik.

Da det kom til hvordan vinduene monteres i elementene som produseres, tok vi utgangspunkt i informasjon Landheim ga oss. For å gå mer detaljert inn på hva de ulike stegene og alternativene er for innsetting, tok vi i bruk SINTEF Byggforskserien sine anbefalinger om hvordan å sikre en godt fungerende montering av vindu inn i bindingsverket.

Etter etterfølgende intervju med Oleksandr med robotspørsmål kunne vi liste opp følgende med ulike innsetningsmetoder som roboter bør kunne håndtere:

1. Robot 1 som løfter vinduet opp fra samlehaug/stativ med vinduer og setter vinduet inn i veggelementet ved hjelp av gripere eller trykkluft til sugekopper. Robot 2 monterer vinduet i veggelementet som forklart i kap. 2.2.5.
2. Vi tar i bruk kun en robot til å gjøre alle prosessene. Roboten henter vindu og setter det inn i veggelementet. Deretter bytter roboten verktøy og fester vinduet. Her trengs litt sensorer for at roboten skal vite når veggelementet kommer, hva slags vindu som skal settes inn, og i hvilken dybde vinduet skal plasseres i vindusåpningen samt at veggelementet bør ha 10 graders vinkel.
3. Innsetting av kiler enten manuelt eller av robot som fungerer som låsemekanisme når vinduet presses inn i vindusåpningen. En robot setter inn vinduet og robot 2 skrur det fast slik at det blir i water.
4. Tor Erik sitt forslag med adapter for å sette inn vinduet i riktig posisjon (helping hands). Her må man finne parametere til de ulike vinduene, robot setter inn vinduet.
5. Lage egne elementer for vinduene. De egne elementene kan lages kontinuerlig med roboter som setter inn vinduer. En eller 2 roboter kan gjøre innsettingen.
6. Bruke et klipssystem som klikker på plass vinduet i riktig innsetningsdybde. Med klipssystem kan roboter ta over jobben med innsetting av vinduer.
7. En metode som går ut fra en eller flere av punktene over.

Forutsetningene i punktene er at klosser blir montert i vegglivet slik at innsetningsdybden i veggelementet blir riktig for vinduet.

4.1.3 Roboter og maskiner i forhold innsetting av vindu

Frakting av veggelement til monteringsstasjon

I forhold til størrelsen på veggelementet som i kapittel 2.3.3 ble definert til lengde maks 12 meter og høyde maks 4,5 meter bør elementet ikke løftes mer enn nødvendig på grunn av uhåndterbar størrelse som kan gi skader og skjevheter. Når elementet skal fraktes til vindu stasjonen bør man ta i bruk løftebord for å reise elementet opp mer vertikalt når det trengs.

De tyngste vinduene nevnt i kapittel 2.3.3 som skal kunne plasseres i veggelementer har maks vekt på 41 kg/m². Utvendig høyde i veggelementet er stenderhøyden pluss tykkelsen av bunnsvill og toppsvill som kommer an på snølaste og tyngder over toppsvill på bygget. Vinduet må plasseres under toppsvill og over bunnsvill. Det er i forhold til denne størrelsen på vinduer man beregner vekten fra, som roboten skal kunne håndtere. Siden veggelementet kan være opptil 12 meter langt er det mest praktisk med skinner som robotene kan plasseres på slik at de styres langs de 12 meterne. Man beregner rekkevidde fra skinne og til punktene vinduet skal plasseres i.

Robot kapasitet

Som sagt i forrige avsnitt, har vinduer en maks vekt på 41 kg/m². Hvis vi skal ta i bruk en robot for å løfte/holde vinduet på plass i veggelementet under montering, trenger roboten å ha en bærekapasitet for å kunne håndtere en stor variasjon av vinduer den gitte bedriften opererer med. Roboten som har i oppgave å gjennomføre de ulike monteringen trenger ikke ha den samme kapasiteten, men i stedet være i stand til å løfte og håndtere de ulike verktøyene som brukes til montasjen.

Etter at vi har snakket med Oleksandr og stilt de ulike spørsmålene fra kap. 3.1 «Informasjon om roboter», og gjennomført nettsøk, føler vi oss komfortable med å si noe om hvilke steg av vindusmonteringen som er mulig å gjennomføre med bruk av roboter. Hvis vi går ut ifra anvisningene til SINTEF «523.701 Innsetting av vindu i vegger av bindingsverk» som ble forklart i kap. 2.2.5, kan vi forklare de ulike stegene.

Plassering i veggen: For at roboten skal klare å ta tak og flytte på vinduet, kan vi bruke vakuumbekker som monteres på roboten. For å vite hvor elementet, vinduet og roboten

befinner seg i forhold til hverandre, er det to muligheter. Vanlig er å ta i bruk enten et kamerasystem som orienterer roboten hvor den er i rommet, sammen med en AI som lærer roboten hvordan den skal håndtere ukjente situasjoner. Dette brukes hvis mange av parameterne ikke er konstante. Andre muligheten er å bruke 3D modeller på alt sammen og alt skjer på dataprogrammet. Dette krever stor nøyaktighet, siden 3D modellene må stemme 100% med hvordan elementet og vinduet ser ut i virkeligheten, og hvor det er plassert i rommet. Alt er forhåndsbestemt, som gjør at hvis ikke 3D modellen og virkeligheten stemmer overens, fungerer det ikke.

Montering: Mens vinduet blir holdt fast, kan den andre roboten utføre oppgavene som skal bli gjort rundt vinduet. Ved bruk av en klype, kan roboten plassere bæreklossene og støtteklossene på de riktige lokasjonene rundt vinduet. Deretter bytter roboten verktøy fra klype til drill, og fester vinduet til bindingsverket.

Lufttetning: For å oppnå lufttetning må vi se på hvilke alternativer som er lettest å gjennomføre for at roboten skal klare å utføre det. For roboten sin del ser vi for oss at fugeskum vil være lettest å bruke. Her kan roboten bytte fra drillen til en fugeskumpistol, og legge en jevn stripe med skum rundt hele vinduet i kun en operasjon. De andre lufttetningene kan antageligvis brukes også, men vil kreve flere operasjoner og dermed lengre tid.

Regntetting av monteringsfuge: Ved monteringen av omramning og vannbrettbeslag rundt vinduet, vil det være nødvendig å legge elementet ned i en liggende stilling igjen, hvor de to robotene kan samarbeide. Her trenger ikke roboten som holdt vinduet på plass gjøre dette lengre. Den ene kan ha ansvar for å plassere og holde omramningen på riktig posisjon, mens den andre roboten spikrer de på plass.

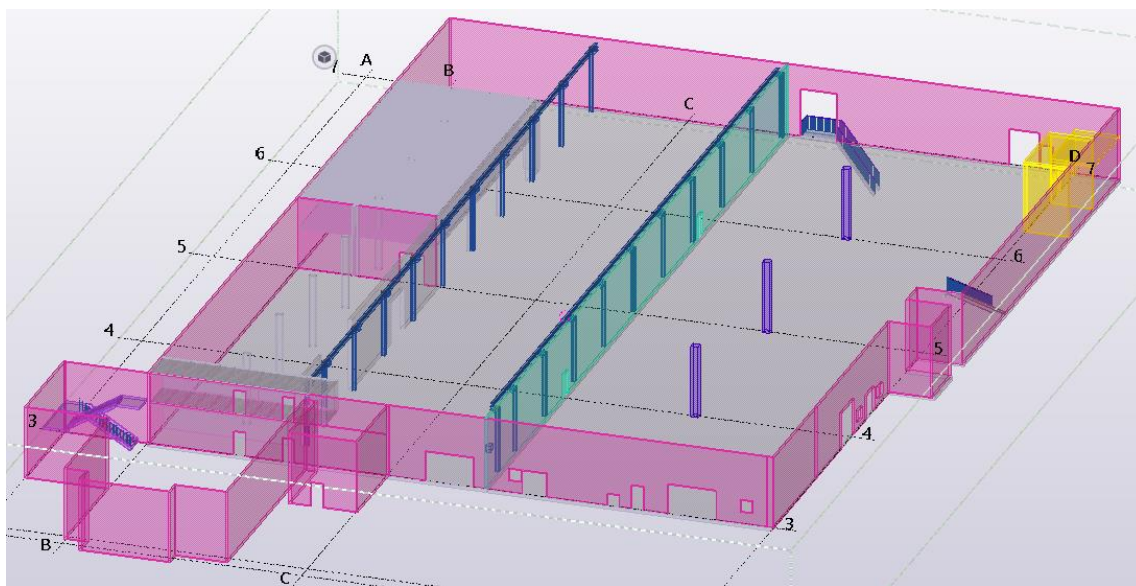
Vannbrettbeslag: Her igjen bruker vi et samarbeid mellom de to robotene, hvor den ene holder vannbrettbeslaget i riktig posisjon, imens den andre spikrer de på plass.

Isolering, innvendig tetning og omramning: Siden vinduet nå er tett på utsiden, må elementet snus rundt, og legges på andre siden, for å la robotene komme til. For å gjøre isoleringen av vinduet lett for roboten å utføre, kan vi igjen ta i bruk skum. Hvis vi heller vil bruke en remse med mineralull, kan de to robotene hjelpe hverandre med å isolere monteringsfugen. En legger ut remsa, men den andre følger tett bak og dytter isolasjonen inn i fugen. Videre for tetning og omramning, utfører robotene de samme operasjonene de gjorde på andre siden av elementet.

4.2 Landheim og produksjonsplanløsninger

«Hvilke tiltak kan Landheim gjøre for å optimalisere sin produksjon av trebaserte veggelementer?»

Resultater fra metodene besøk hos Landheim AS, søk på adressen hos Østre Toten kommunes kart og modellering av dagens bedrift i tegneprogrammet Tekla Structures. Ved søk på Østre Toten sine kartsider ble Landheims bygninger funnet. Det viser seg at opprinnelig bygning er fra 1898, den gangen var det oppstart av A/S Toten Ullvarefabrikk som samtidig tok over deler av elven som det hadde vært mølleaktivitet på (Røse, 1952). Senere etter flere eierskifter ble navnet Landheim Veveri. I dag er det bedriften Landheim AS som driver stedet. Fordi deler av bygningen er så gammel har den sin stedsverdi i Østre Toten, den er ikke SEFRAK registrert men høyt anbefalt å bevares som verneverdig bygning ut i fra kulturhistorisk stedsanalyse utført på Skreia i 2017 (JAF arkitektkontor AS, 2017). Dagens løsninger og fremtidig forslag legges som tegninger for å løse forskningsspørsmålet.



Figur 11 3D modell av dagens vegger og gulv på planet der produksjonen foregår, laget i Tekla Structures

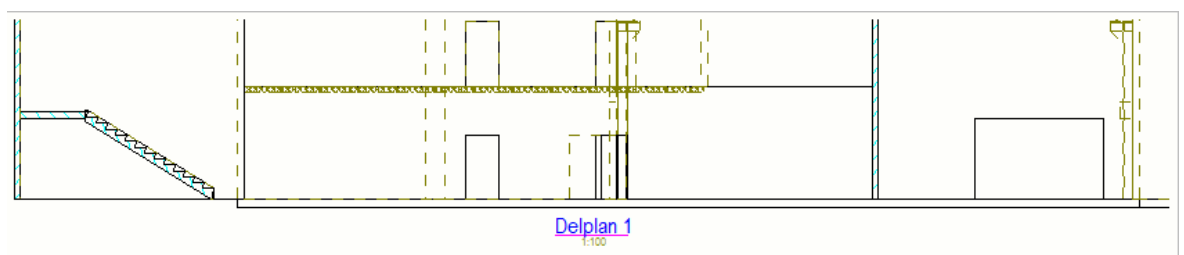
Alle veggene i modellen som er på Figur 11 er murvegger unntatt de gule veggene som er i tre. Åpningene i vegger er porter, dører og vinduer. Alle vinduer er ikke tegnet inn i modellen i forhold til virkeligheten i bedriften. De lilla og grå søylene er i betong, mens de blå søylene er til kranbanen som kan drifte 2 kraner.

I produksjonshallene produseres det takstoler, etasjeskillere og veggelementer. For å se nærmere på hvordan dagens situasjon er i forhold til produksjonslinjen på veggelementene og lagere er det tegnet opp 4 snitt og 4 plantegninger som deler opp produksjonshallen til venstre i modellen over. Snittene er fra akse 3 til 4, akse 4 til 5, akse 5 til 6 og akse 6 til 7.

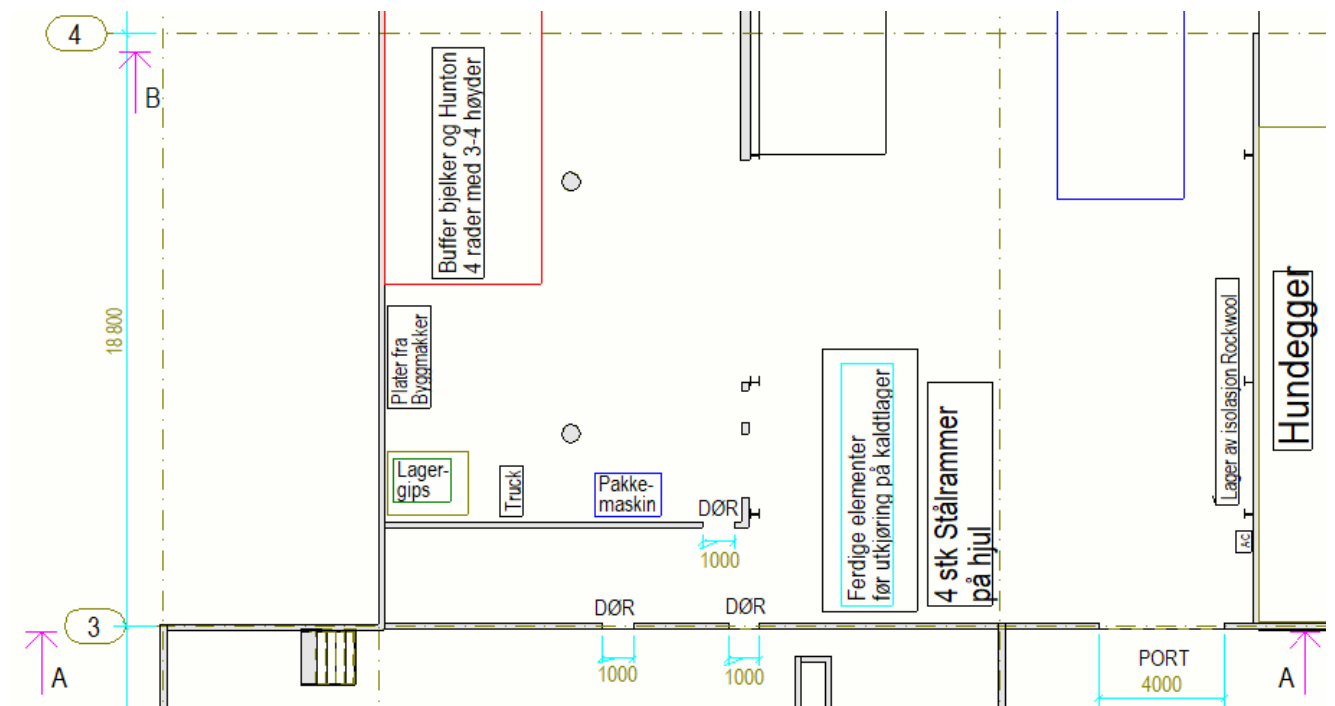
I kapittel 4.2.2 lages et planforslag på kun nye produksjonslinjer.

4.2.1 Landheim i forhold til dagens plan og snittløsninger

Dagens planløsning fra mellom akse 3 og 4 som delplan 1 vises i Figur 12 og Figur 13.



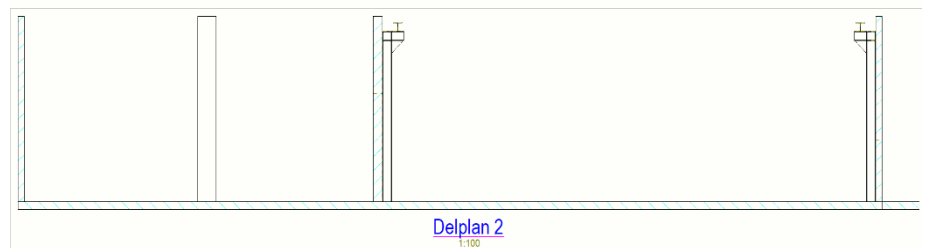
Figur 12 Snitt for å se trapper og høyder i planområde i delplan 1



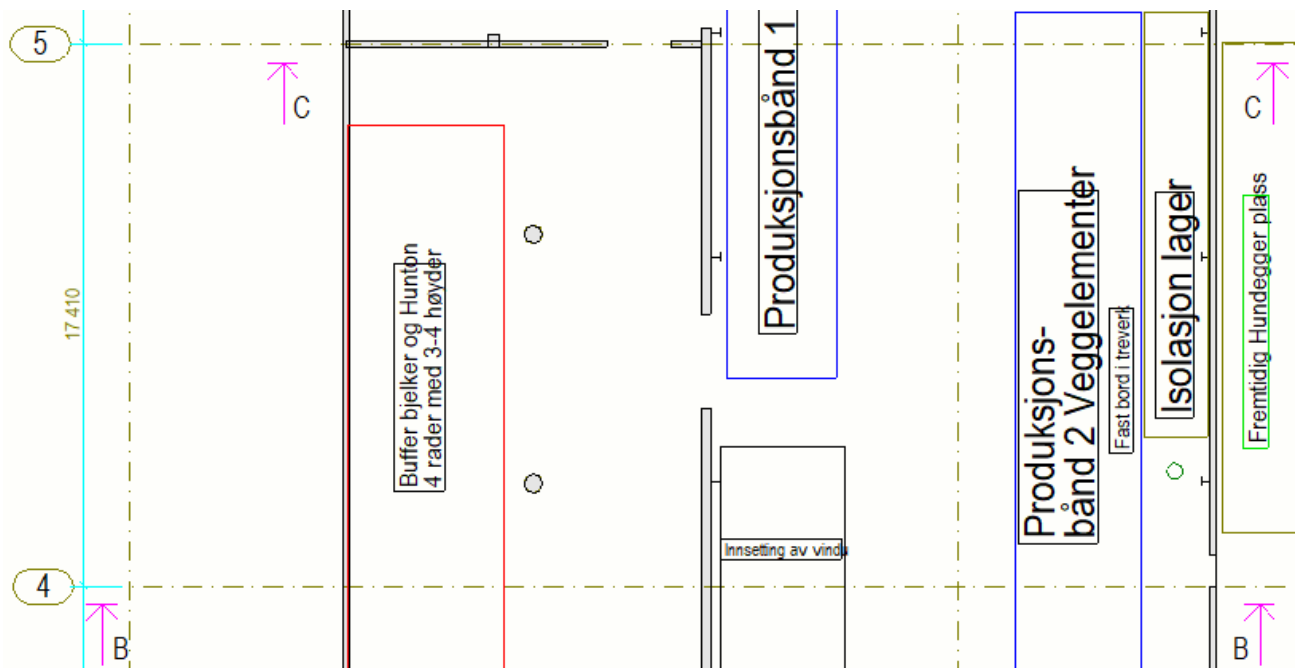
Figur 13 Plantegning over delplan 1

Plantegningen over delplan 1 viser plassering av pakkemaskin, lager av gips, plater, bjelker og isolasjon. Noen ferdige elementer settes ventende på utkjøring like ved porten. Stålrammene på hjul brukes til å frakte elementer på. På den andre hallen kan vi se plasseringen på en av Hundegger sagene.

Dagens planløsning mellom akse 4 og 5 som delplan 2 vises i Figur 14 og Figur 15.



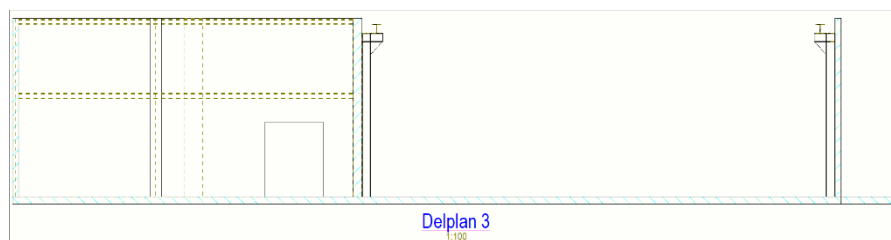
Figur 14 Snitt for delplan 2 kranbanen på høyre side og søyle midt i venstre halvdel av hallen



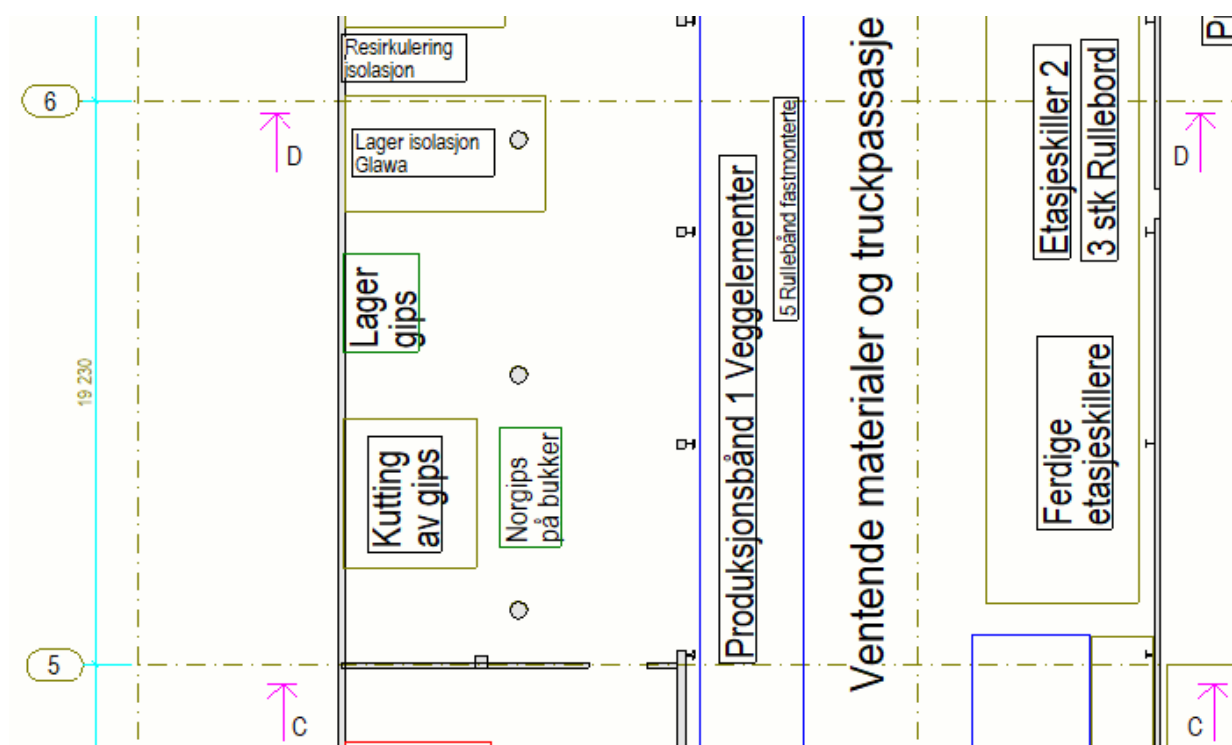
Figur 15 Plantegning for delplan 2

Plantegning for delplan 2 viser plasseringer for 2 produksjonsbånd for veggelementer, lagring av bjelker og isolasjon samt dagens plassering av innsetting av vindu. På den andre produksjonshallen vises fremtidig plassering av en Hundegger sag.

Dagens planløsning mellom akse 5 og 6 som delplan 3 vises i Figur 16 og Figur 17.



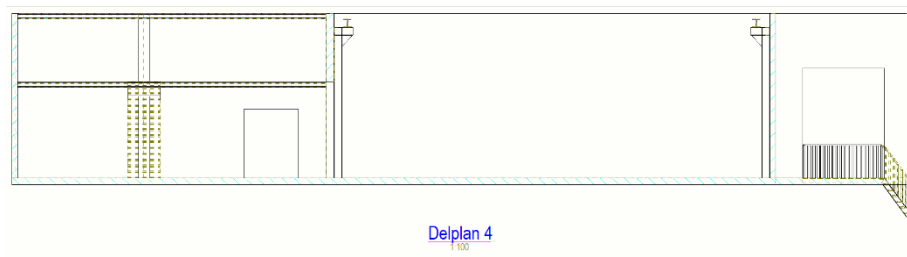
Figur 16 Snittet viser venstre side med 2 etasjer høyre side med kun kranbanen



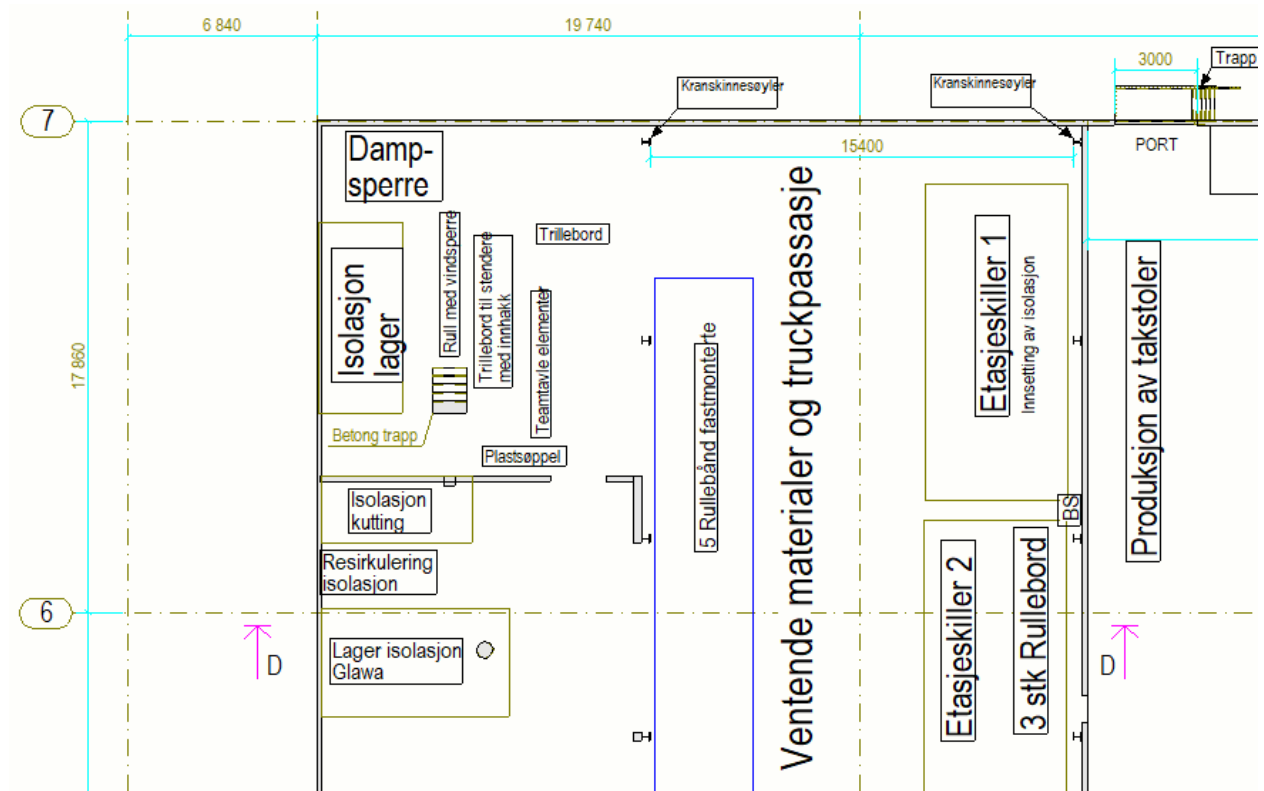
Figur 17 Plantegningen over delplan 3

Delplan 3 sin plantegning viser til venstre lagring av gips og isolasjon med hver sine kuttetasjoner, til høyre vises produksjonslinje for veggelementer og etasjeskillere. Plassering av ferdige etasjeskillere er stablet i egen haug på et arbeidsbord.

Dagens planløsning mellom akse 6 og 7 som delplan 4 i Figur 18 og Figur 19.



Figur 18 2 etasjer til venstre for kranbanen, i den andre hallen til høyre for kranbanen viser port ut



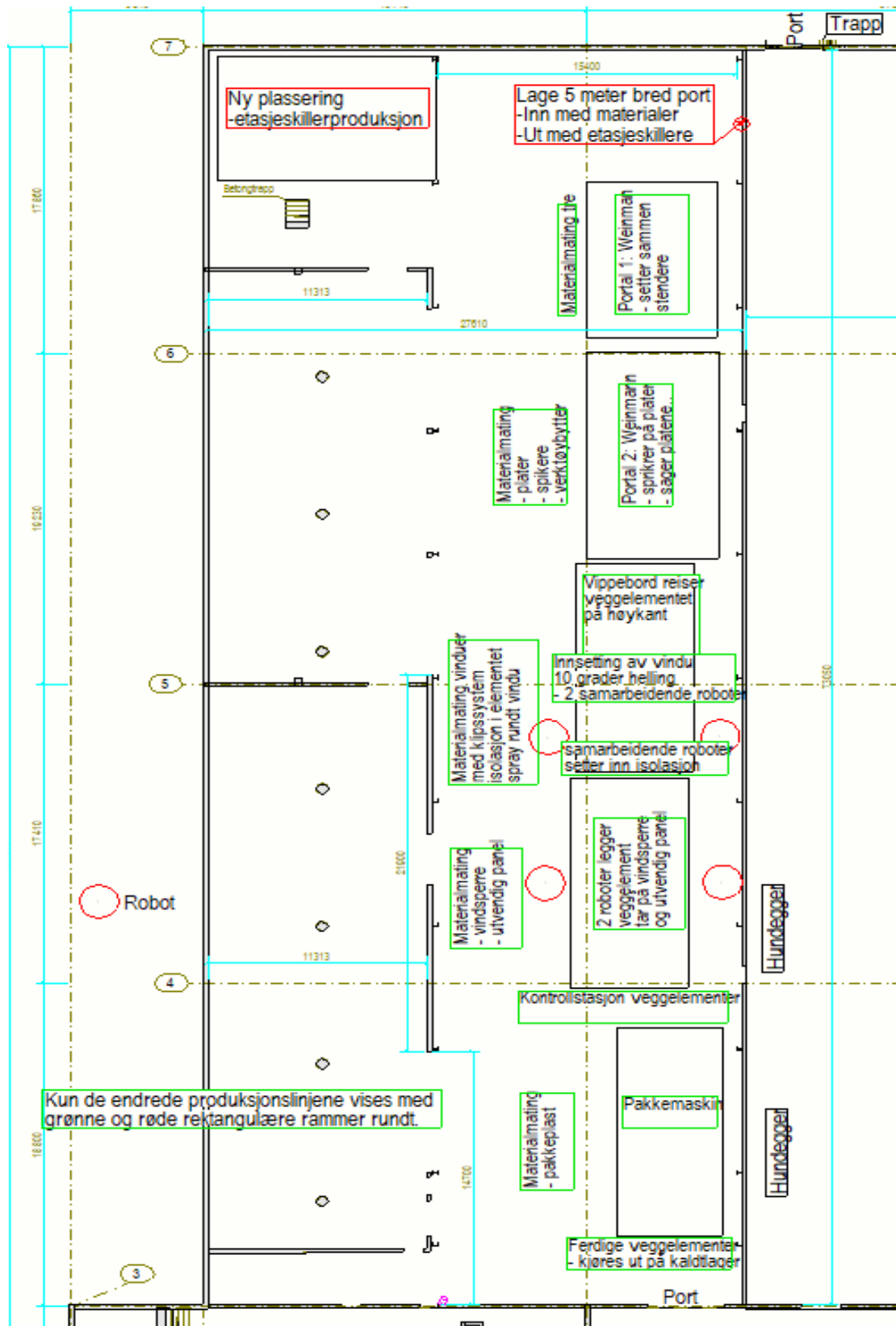
Figur 19 Plantegningen over delplan 4

Plantegningen til delplan 4 viser mye lagring av veggelementmaterialer på venstre halvdel av hallen der det for det meste er stor høyde mot taket. Resten av veggelementproduksjonslinja er på de fastmonterte rullebåndene, mens etasjeskillere monteres på den høyre siden. I den andre produksjonshallen vises port som takstolene heises ut på i dagens produksjon.

4.2.2 Forslag til nye produksjonslinjer

Løsninger for produksjonslinjene til veggelementer og etasjeskillere foreslås å bli endret. Forslag til nye plasseringer, nye maskiner og roboter til produksjonslinjene vises på

plantegning på Figur 20. Robotene bør stå på skinner langsmed linja. I tillegg kan det settes opp digitale tavler som viser hvor i produksjonen ulike elementer befinner seg.



Figur 20 Forslag til nye produksjonslinjer for veggenelementer

4.3 Konkurrenter og produksjonsmetoder

Det ble utarbeidet 2 tabeller som tar utgangspunkt i konkurrenter som jobber med trebaserte veggelementer. Den første tabellen består av konkurrenter som har SINTEFF sin godkjenning, den andre tabellen har konkurrenter som er mest aktuelle å gå ut ifra som konkurrenter for Landheim.

4.3.1 SINTEF godkjente veggelementer

Den første tabellen som vises i Tabell 6 under har tatt utgangspunkt i fra SINTEF sine godkjente veggelementer, av de som ble funnet var det 38 veggelementgodkjenninger som hadde bindingsverk. Tabellen viser godkjenningsnummer som er signert av både leverandør og SINTEF representant, produktnavn, og hvilken innehaver som har godkjenningen.

Tabell 6 SINTEF Godkjente trebaserte veggelementer, produksjonssted og konkurrent

SINTEF Godkjente trebaserte veggelementer				
SINTEF				Aktuelle
Godkjent nr	Produkt	Innehaver	Har søkt på youtube og på hjemmesider	konkurrenter
TG 20655	Lindal Smith Elementer	Lindal Treindustri AS	Norsk produksjon i Risør, Sør-landet	
TG 20534	Termowood element	Termowood AS	Bygget med massivtre med isolasjon inni , TEWO	
TG 2542	Ringsaker Vegg- og Takelementer- elementsystemer	Ringsaker Vegg- og Takelementer AS	Manuell produksjon i Brumunddal og Elverum	x
TG 2557	Hålogaland Element Bygningsmoduler	Hålogaland Element AS	Produksjon i Risøyhamn, Nord-Norge	
TG 2532	Matek Trehusmoduler og elementer	Matek AS	Utenlandsk produksjon, men interessante videoer	
TG 20595	Jatak element- og precutsystem	Jatak AS	Har allianse med flere firmaer, landsdekkende produksjon	x
TG 20064	ByggNor elementer	ByggNor OU	Utenlandsk produksjon	
TG 20064	Kegasa element og modulsystem	UAB Kegasa sales	Utenlandsk produksjon	
TG 20482	Skado Medis Construction elements	Skado Medis UAB	Utenlandsk produksjon	
TG 20014	Unihouse trehuselementer	Unihouse S.A.	Utenlandsk produksjon	
TG 20001	Econdo trehuselementer	Econdo production UAB	Utenlandsk produksjon	
TG 2229	Konsmohus veggelementer	Konsmo Fabrikker as	Produksjon på Konsmo på Sørlandet	
TG 2135	Fresvik Panel og Fresvik Element	Fresvik Produkt AS	Produserer sandwichelementer (polyretanskum og stål)	
TG 2218	Senja Veggelementer	Senja Elementer AS	Produksjon på Senja i Nord-Norge	
TG 20005	MESTERGRUPPEN elementsystem	Mestergruppen AS	Portefølge med Norbohus, Pretre og mange flere	x
TG 20633	Innlandet Treelementer	Innlandet Elementfabrikk AS	Produksjon i Hamar	x
TG 20429	Rusånes trehuselementer	Rusånes Fabrikk AS	Produksjon i Rusånes i Nord-Norge	
TG 20413	Tinde Hytter veggelementer	Tinde Bygg AS	Produksjon i Rindebu	x
TG 20713	Fakta Bygg Elementer	Fakta Bygg AS	Produksjon i Stavanger på Vestlandet	
TG 2612	Overhalla trehuselementer	Overhalla Hus AS	Produksjon i Overhalla litt nordover i Innlandet	x
TG 20296	Lövstad trehuselementer	Lövstad Tråhus AB	Utenlandsk produksjon	
TG 20392	Tiberi SIPs vegg- og takelementer	Tiberi AS	OSB plater med lim og EPS (kontor på Sørlandet)	
TG 20510	Optimera Byggelementer	Optimera AS	6 produksjonshaller i Norge, nærmeste i Hamar	x
TG 2555	Byggmann trehussystemer	Direktehandel AS	Optimera - Maskin og manuell	x
TG 2440	ABC Gruppen trehussystem	ABC Gruppen AS	Alle prosesser innen ABC hus	x
TG 2498	Norsk Massivtre	Norsk Massivtre AS	Annen type vegg med 2 oppbygninger av massivtre	
TG 20436	Gokstad Hus byggesystem	SIA Gokstad Hus	Utenlandsk produksjon	
TG 2505	as Ferdighus trehussystem	Ferdighus as	Produksjon i Sørreisa i Nord-Norge	
TG 20360	Skydsmedis Building System	JSC Skydsmedis	Utenlandsk produksjon	
TG 20249	Selbuhus modulhus	Selbuhus Industrier AS	Produksjon i Selbu, Trøndelag. De lager hele moduler	
TG 20100	Martinsons KL-trå	Martinsons Såg AB	Produksjon i Sverige, massivtreelementer	
TG 20480	Kriaute building system	UAB Kriaute	Utenlandsk produksjon	
TG 20739	Cresco Eiendom byggesystem	Cresco Eiendom AS	Amerikansk produksjon	
TG 2149	Hedalm Anebyhus trehussystem	Hedalm Anebyhus AS	Produksjon på Ilseng, Hamar	x
TG 20036	Nordbohus byggesystem	Nordbohus AS	Samarbeid med Overhalla Hus	x
ETA 11-0205	Nordic Houses timber frame building kits	Nordic Houses OU	Utenlandsk produksjon	
TG 20597	Gildera Byggesystemer	GILDERA UAB	Utenlandsk produksjon	
TG 20441	Huntonveggen	Hunton Fiber AS	1-2-Tre Elementproduksjon og Optimera bruker Hunton	x

Selv om det er mange kryss på aktuelle konkurrenter så viser det seg i flere søk på internett at små bedrifter har slått seg sammen. Dette har de gjort enten ved å bli oppkjøpt eller ved å bli samarbeidspartnere. Derfor kan en ha et tettere samarbeid som kan håndtere flere ledd i forhold til husbygging inn i samme firma. Dette gjelder Mestergruppen som har en allianse med Pretre, Nordbohus og Overhalla Hus. Jatak hus som har allianse med flere samarbeidspartnere. Hunton har kun råmaterialer som det er flere veggelementbedrifter som kjøper av. På denne måten er det på en måte ikke 12 aktuelle konkurrenter, men 8. Noen har basert seg på å lage veggelementene til moduler før de kjøres ut på byggeplass.

Nyere søk på diverse veggelementprodusenter viser en utvikling av ferdige elementer til hus og leilighetsbygg samt kontorbygg (ABC hus, 2020) (Optimera, 2018). Ferdige elementer som produseres til nyere hus, leiligheter og fleretasjes bygninger i dag er veggelementer, etasjeskillere, takstoler og ulike typer moduler. Noen av konkurrentene har satt tider på hele prosessen fra man kjøper tomt, bestemmer seg for hustype og til ferdig oppsatt hus. Denne prosessen går stadig fortere fordi noen av konkurrentene har sikret seg alle leddene alene, som for eksempel på ABC hus eller Optimera som legger opp til å samarbeide slik at det er bedre kommunikasjon mellom alle leddene. Ferdighus katalogene deres ligger klare på internett og er enkle å endre i dataprogram som kobles direkte mot produksjon.

SINTEF godkjenning kan være fordel for kunder som vil vite mer om produktene til ulike byggesystemer og innehavere for å sammenligne konkurrenter.

Godkjenningen av veggelementene gir svar på:

- Hvilke materialer og oppbyggingsmetoder som brukes
- Om godkjenningen omfatter kun veggelementer eller om det er flere typer elementer i samme godkjenning
- Hvilke bruksområder som de brukes til i bygningstyper
- Hvilke egenskaper i forhold til bæreevne, brannmotstand, varmeisolasjon, lydisolering og miljøforhold som inn klima og avfallshåndtering
- Hvilke SINTEF byggforskserier de er basert på
- Hvilket merke som viser godkjenningen
- Ansvarlige personer fra SINTEF og innehavers navn eller bedriftsnavn med internetlenke tilknyttet bedriftsnavnet

4.3.2 Konkurrentanalyse

Hvis vi ser tilbake på analysen vi startet å diskutere i forskningsspørsmål 1, ser vi her på de resterende operasjonene for å ferdigstille veggelementet.

Tabell 7 Konkurrentanalyse del 1

Bedrift som bygger elementer	Kapping av tre	Sammensetning av bindingsverk			Dampsperre	Vindsperre	
		Innmating	Plassering	Festing		Innmating	Festing/kapp
1-2-Tre Elementproduksjon	Hundegger	M	A	A	M	*	*
Innlandet Elementfabrikk	Hundegger	*	A	A	*	*	A
Jatak alliansen	Hundegger	M	M med spor	Halv M	*	*	*
Optimera /Monter	Hundegger	M	M med spor	M	M	*	*
Overhalla hus	Hundegger	M	A	A	A	*	*
Støren Treindustri	Hundegger	M	A	A	*	*	*
Sætheren Element AS	Hundegger	M	A	A	*	M	A
Øverbygg	Hundegger	*	*	*	*	*	*
RVT	*	M	M ?	M	M	M	M
LSE (Lindal Smith Elementer)	Hundegger	M	A	A	M	M	M
Igland Garasjen	*	*	*	*	*	*	*
Konsmohus	*	*	*	*	M	M	M
Hedalm Anebyhus	? Precut	M	A	A	*	M	A
Mesterhus	*	*	*	*	*	*	*
Bredesen Opset	Hundegger	M	M	M	*	*	*
PreTre	Hundegger	*	M med spor	*	*	*	*
Aretreindustrier	Hundegger	*	*	*	*	*	*
Kvatro AS	PreCut	M	M	M	M	M	M

Tabell 8 Konkurrentanalyse del 2

Bedrift som bygger elementer	Gips/plater	Isolasjon		Vindu/dører		
		Kutting	Innlegging	Innsetting	Kiler/isolasjon	Omremming
1-2-Tre Elementproduksjon	M vakuumløfter	M	M	M	M	M
Innlandet Elementfabrikk	*	A	M	M vakuumløfter	M	M
Jatak alliansen	*	M	M	M	M	M
Optimera /Monter	M	M	M	M	M	M
Overhalla hus	A	M	M	M	M	M
Støren Treindustri	A	M	M	M	M	M
Sætheren Element AS	?	*	*	M	M	M
Øverbygg	*	*	*	*	*	*
RVT	M	M	M	M	M	M
LSE (Lindal Smith Elementer)	M	M	M	M	M	M
Igland Garasjen	*	*	*	M	M	M
Konsmohus	M			M	M	M
Hedalm Anebyhus	*	A	A	*	*	*
Mesterhus	*	*	*	*	*	*
Bredesen Opset	*	*	*	*	*	*
PreTre	*	*	*	*	*	*
Aretreindustrier	*	*	*	*	*	*
Kvatro AS	M	M	M	M	M	M

Tabell 9 Konkurrentanalyse del 3

Bedrift som bygger elementer	Kommentar VINDU	Kommentarer GENERELT
1-2-Tre Elementproduksjon		
Innlandet Elementfabrikk	Lager egne elementer for vindu	Bruker sammensetningsportal til flere operasjoner (bindingsverk, dampsperre, panel)
Jatak alliansen	Lager egne elementer for vindu	
Optimera /Monter		Teiper rundt vindu
Overhalla hus		Bruker sammensetningsportal til flere operasjoner (bindingsverk, dampsperre, panel)
Støren Treindustri		Isolasjon: Skjer ovenfra, der hvor det legges inn.
Sætheren Element AS		
Øverbygg		Driver mest med hytter
RVT		Tar i bruk mye stålfasade.
LSE (Lindal Smith Elementer)		
Igland Garasjen		Det er andre standarder da det kommer til garasjer.
Konsmohus		Isolasjon skjer på byggeplassen
Hedalm Anebyhus	Lager egne elementer for vindu	
Mesterhus		
Bredesen Opset		
PreTre		Viser fram kun hvordan prod. av takstoler fåregår.
Aretreindustrier		Viser fram kun hvordan prod. av takstoler fåregår.
Kvatro AS		Vanskelig å se, men ser ut som det meste skjer manuelt

Operasjonene i Tabell 7, Tabell 8 og Tabell 9 viser følgende forkortelsene:

M: operasjonen blir utført manuelt Halv M: operasjonen blir utført manuelt og automatisk

A: operasjonen blir utført automatisk M med spor: blir brukt precut for plassering

*: det ble ikke funnet noe informasjon

5 Diskusjon og analyse

Teori, metoder og resultater danner grunnlag for diskusjon og analyse.

5.1 Forskningsspørsmål 1

«Hvilke tiltak kan Landheim gjøre for å effektivisere innsettingen av vinduer?»

5.1.1 Mulige innsetningsmetoder

I forhold til de 7 mulige punktene som står som forslag til innsetting av vinduer i underkapittelet til 4.1.2 er det flere av disse som er sannsynlige å kunne bruke i produksjonen. Vi setter opp en tabell med de ulike forslagene for å se fordeler og ulemper, se Tabell 10 under.

Tabell 10 Positive og negative sider ved ulike innsetningsmetoder av vindu

Forslag til innsetningsmetode	Positivt	Negativt
2 roboter gjør samme jobb som dagens praksis	Sparer lønnsutgifter, operasjonene går fortere ved bruk av 2 roboter Mindre feil	Ekstra kostnader med innkjøp, opplæring, programmering, og kan skape dødtid for robotene hvis de ikke har nok å gjøre
1 robot gjør alle prosessene vindu i skrå stilling, bytter verktøy	Sparer lønnsutgifter,	Ekstra kostnader med innkjøp, opplæring, programmering, og kan fortsatt bli en flaskehals hvis bruken av <u>en</u> robot bruker for lang tid
Kilesystem som låser fast vinduet når det presses inn	Sparer lønnsutgifter, raskere i drift	Må finne kilesystem som fungerer, kostnader med robot

Adapter som (helping hands)	Hvis man finner riktig type adapter vil produksjon bli raskere	Mye tid på å finne mulig adapterløsning kan utgjøre kostnader
Egne elementer for vinduer	Ingen innkjøp Fjerner flaskehalsen	Behøver planlegging og system for at vinduet skal være i vater også når det settes sammen med elementet
Klipssystem som klikker på plass vinduet riktig	Raskere innsetting av vindu	Mye tid på å finne klippssystem som fungerer kan utgjøre kostnader, kostnader ved robot
En metode som kombinerer de over	Raskere innsetting av vindu	Planlegging, finne system, kostnader ved innkjøp av robot

I forhold til metodene bør det utarbeides tester som viser hvilke metoder som er mest aktuelle for Landheim. Roboter kan programmeres til å utføre flere operasjoner på innsettingen av vindu, som skumisolering og plassering av klossene før innsettingen av vinduet. Det bør tas i betraktning å kunne bruke robotene i flere operasjoner for at den skal være så produktiv som mulig, men ikke så mange så den bidrar til å lage flaskehalsen.

5.1.2 Konkurrentenes håndtering av vindusinnsetting

Som vi ser fra konkurrentanalysen, har ikke bedriftene som ble sett på gjort store tiltak for å effektivisere innsetningsmetodene. Den mest vanlige metoden, normen, er å bygge hele elementet først, og deretter sette inn vinduet med alle omramninger til slutt. Det er kun tre utstikkere fra analysen som bruker en annen innsetningsmetode. Her lager de et lite element med stenderne og losholtene som vinduet festes i, og monterer vinduet i det. Deretter plasseres det ferdigmonterte elementet med vinduet inn i resten av veggelementet. Fordelen med å bringe prosessen ut av samlebåndet, kan være at vindusmonteringen ikke lenger dikterer hvor resten av veggelementet er i produksjonen, og derfor tar vekk flaskehalsen fra det store samlebåndet. Det gir mening at de fleste bedriftene som har gått lengst med å automatisere produksjonen, velger å ta dette valget, hvis dette hjelper til med å fjerne flaskehalsen. Siden Landheim prøver aktivt å fikse dette problemet før de får inn de nye

portalene som skal effektivisere resten av produksjonen, er det mulig at de andre bedriftene har tenkt det samme.

Bruk av roboter ved vindusinnsetting

Mangelen på bruk av roboter ved innsetting av vinduer er overaskende å se, spesielt når man ser hvor langt bilindustrien har kommet med å automatisere så godt som alle leddene i produksjonen. En åpenbar grunn for mangelen er at treverk er et levende materiale som gjør det vanskeligere å jobbe med. Som ble forklart tidligere om hvilke sensorsystemer man kan bruke for å orientere robotene i rommet, er det ikke nødvendig for bilindustrien å ta i bruk kameraer og AI som forklarer roboten hva som skjer rundt seg og hva den skal gjøre. Alle delene som blir brukt er konstante, som gjør dette unødvendig, slik at de slipper unna med å kun måtte programmere en bestemt gjentakende bevegelse.

Som ble diskutert med Landheim, vil det være utfordrende å få alt treverket til å oppføre seg konstant nok, slik at en robot vil være i stand til å håndtere en kompleks situasjon som å sette inn vinduer. Heldigvis er de fleste delene til vindusmonteringen konstante, slik at hele prosessen ikke trenger bli et problem. Utfordringen blir å hjelpe roboten med å forstå om veggelementet som blir plassert foran den har unøyaktigheter. Klarer roboten å oppdage unøyaktigheter som er i åpningen hvor vinduet skal inn, og hvordan den skal korrigere de potensielle feilene. Her er det AI læring og programvare som trengs å utvikles. Man trenger legge ressurser inn i utviklingen av dette, som antagelig er grunnen for at ingen elementfabrikk bruker et slikt system enda.

5.2 Forskningsspørsmål 2

«Hvilke tiltak kan Landheim gjøre for å optimalisere sin produksjon av trebaserte veggelementer?»

5.2.1 Utvikling i veggelementproduksjonen

Ifølge Masteroppgaven til Vegar L Bergum, konkluderte rapporten med at det var mest hensiktsmessig å bruke materialer av trebaserte veggelementer på prosjekter med lav kompleksitet, stor grad av gjentakelse, små tomter og lite riggplass samt tidlig planlagte prosjekter med veggelementer. Videre i konklusjonen så de fleste av aktørene på flere fremtidige trebaserte veggelementer som svært positivt.

Masteroppgaven det er blitt henvist til var i fra juni 2014, i de 7 årene etter denne masteroppgaven har det vært en stor endring i antall veggelementprodusenter og produksjonsnivåene på hver bedrift. Utviklingen av veggelementer ser ut til å ha en sammenheng med økt etterspørsel i markedet for å få raskere tette bygg og raskere å bli ferdig med den totale tiden for prosjektene. Noen av konkurrentene samarbeider om prosessene fra starten av byggeprosjekt til ferdig oppsatt hus. Som et godt råd til Landheim vil det være å anbefale å finne en produsent som samarbeider konstant med å få veggelementer fra Landheim inn i sine dataprogrammer som lett kan overføres til Landheim og produksjon.

5.2.2 Fordeler og ulemper med SINTEF-godkjenning

Fordelen ved å ha en SINTEF-godkjenning på sine veggelementer er at kunden kan gå inn på SINTEF sine godkjenningsnettsider og se hvilke materialer, egenskaper og godkjenningpunkter som er godkjent hos bedriften. Man har også muligheter for å sammenligne med andre fabrikanter av veggelementer og se på de samme forutsetningene.

Ulempen med SINTEF-godkjenning er at det er en ekstra kostnad for bedriften, den er i flere tilfeller ikke fleksibel nok for en bedrift som Landheim som produserer ulike typer elementer fordi kunden settes som førsteprioritet i forhold til ønsker av krav til veggelementet.

5.2.3 Fordeler eller ulemper ved LCA

Livsløpsvurdering av et produkt kan ha fordeler hvis det henvises til mange miljøvennlige sider. I forhold til Landheim som har:

- treverk i produksjonen som er miljøvennlig
- kortreiste materialer
- Gjenvinning og ombruk i nære omgivelser
- Produksjon som ikke er forurensende fordi det går på strøm

kan det betraktes å ha fordeler som kan være større enn transportkostnader og kostnaden ved å ha LCA.

5.2.4 Grunnlag for endringer i produksjonslinjer

Når man ser på Landheim sin produksjon i dag har de mange steder å sette isolasjon, trevirke og plater til produksjonen. For å få bedre oversikt over produksjonslinjene kan det være fordel å systematisere hvor det er mest hensiktsmessig å legge hver type materiale. Et ryddig oppsett gjør det lettere for å finne fram til lagring og påfylling av materialer.

I dagens mating av materialer brukes truck som ofte kjører fra den ene hallen til den andre hallen ved å åpne og lukke porter i begge hallene. Ved å lage en portåpning mellom hallene like ved der produksjonen av takstoler kjører ut takstolene vil truckene kunne kjøre materialene inne i stedet for ut og inn av byggene. Dette vil føre til mindre fyringsutgifter på vinterstid. Flytting av stasjonen der etasjeskillerproduksjonen foregår vil også gjøre det mer helhetlig for etasjeskillere slik at de får en egen avdeling. De ferdige etasjeskillerne kan lettere fraktes gjennom den nye portåpningen og ut der takstolene sendes ut i dag. En negativ konsekvens kan bli større fare for å kjøre på noe eller noen på grunn av at trucken kommer fra ulike hold i forhold til før.

I forhold til dagens veggelementproduksjon som ønskes å effektiviseres foreslås 2 portaler og deretter roboter til produksjonen. En kontrollstasjon før pakkemaskinen er for å kontrollere at veggelementet holder krav til retthet, nok isolasjon og god nok festing før den pakkes inn.

Ulemper kan være at portaler tar mye plass og det kan bli vanskeligere for truck å kjøre forbi.

Ved en mer kontinuerlig produksjonslinje for veggelementer vil det være lettere for ansatte å vite hvor det skal settes materialer i forhold til portal, robot og pakkemaskin. Fordeler kan være at det blir mindre unødvendige steder å mellomlagre. Fordel med merking av plassering.

Hjelpemidler som foreslås til ny produksjonslinje for at kontoret skal ha bedre oversikt og klarere mål og opplysninger om veggelementet kan LEAN, Parametrisk Design og SAP anbefales å bruke. Fordeler med programmene er at man holder bedre kontroll over produksjonen. Ulemper kan være opplæring og lisenser på programmene som har en kostnad. En digital tavle fra programmene vil både fortelle kontoret hvor i produksjonen veggelementet er til enhver tid, og i forhold til ansatte som skal mate mot portaler, roboter og pakkemaskin. En mer nøyaktig erfaringsmessig tidsberegning vil da dannes over tid.

5.2.5 Konkurrentenes håndtering av produksjonslinjene

De tekniske stadiene til produksjonslinjene av de 18 konkurrentene som ble sett på, ble det observert små variasjoner. Det som framstår som normen til alle elementbedriftene, er at de tar i bruk en eller annen form for precut når de monterer bindingsverket. Dette hjelper de som utfører montasjen manuelt, siden med precut er det ikke behov for å måle opp hvor stenderne skal plasseres i forhold til topp- og bunnsvillen. I stedet plasseres plankene inn i sporene hvor de skal stå. I produksjonslinjene hvor montasjen av bindingsverket skjer automatisk, er ikke sporene som precuten lager så relevante, siden maskinene holder plankene på plass hvor de skal være. Her blir precut hovedsakelig brukt kun for å kappe plankene i riktige lengder. Vi kan anta at alle seriøse elementfabrikker tar i bruk precut, når det er så stor vinst med å bruke det, både mindre svinn i materialer, og tiden det sparer.

De fleste bedriftene er på samme nivå som Landheim, da det kommer til automatiseringen av produksjonslinjen sin. Som vi ser fra Tabell 7, Tabell 8 og Tabell 9 er det veldig lite automatisering som tar sted i linjene. Det som kan være grunnen for at ingen av bedriftene investerer videre i større og mer effektive fabrikker, kan være en mangel på etterspørsel i markedet. Når det er så mange elementfabrikker som er lokalisert i en liten radius, er det kanskje ikke grunn for mange av fabrikkene å ekspandere, hvis volumet de produserer i dag møter etterspørselen i markedet. Her har Landheim en fordel, siden etterspørselen de opplever pusher deres initiativ til å ekspandere og finne nye løsninger samtidig for å maksimalisere profitten.

Hvis vi ser vekk fra innsetningsmetodene og de automatiserte portalene konkurrentene bruker i dag, er det ingen bedrifter som tar i bruk nyskapende operasjoner å anbefale Landheim.

6 Konklusjon

For å fjerne flaskehalsen til Landheim ved innsetting av vinduer i produksjonslinjen, burde metode 1 fra resultatene i kap. 4.1.2 bli brukt for å øke automatiseringen og redusere innsetningstiden. Ved å sammenligne de ulike alternativene, vil bruken av to roboter som samarbeider, og som kan gjøre flere operasjoner ved siden av, være mest gunstig. Hvis Landheim i stedet vil bruke en forenklet metode for å effektivisere prosessen ved innsetting av vindu, er det en mulighet å produsere vinduer i egne elementer som deretter går inn i produksjonslinja. Dette er en løsning som allerede blir brukt av flere elementbedrifter, som viser at det er et godt alternativ.

For å optimalisere produksjonen av trebaserte veggelementer burde Landheim forenkle produksjonen og bruke flere portaler og roboter for å få en raskere produksjon. Forenklende dataprogram som Parametrisk Design og SAP gjør planleggingen av elementene i produksjonssystemet raskere. Logistikken kan gjøres digitalt, slik at det raskere sees hvor i prosessen de ulike elementene er, og på denne måten vil de ansatte se hvor det trengs å mate maskiner og hvor i produksjonsbåndet det trengs å fokusere arbeidskraften.

Endringene i den nye produksjonslinja vil føre til:

- Bedre flyt og oversikt over produksjonslinjene
- Truck kan kjøre inne når påfylling av materialer skal utføres, og sparer da på tid
- Flere portaler og roboter vil gi en raskere produksjon og ferdigstilling av produktet
- Bedre plassering av materialer vil redusere sløsetid med kortere distanser

Man ser fortsatt mange av de samme problemene som Vegar sin masteroppgave for 7 år siden ga bekymringer for. Det at veggelementprodusenten må være med tidlig i planleggingsprosessen er også viktig i dag. Dette løses ved å få bedre samarbeid med arkitekter og boligbyggere, hvor alle har elementer i bakhodet når de designer hus. For å vise at Landheim AS har mange miljøfordeler, anbefales det å lage LCA på deres produkter. En vurdering av SINTEF godkjenning bør gjøres mot kostnad.

6.1 Vurdering av resultatene

Vårt valg av optimal metode å sette inn vindu på med bruk av to roboter, er kanskje ikke den som fungerer best i praksis, eller den som er mest økonomisk gunstig i alle sine tilfeller.

Siden vi har prøvd å utarbeide en ganske avansert måte å lage veggelementer på, ville det ha vært en fordel om vi også hadde sett på om vi kunne designet en ny måte å bygge veggelementer på. Vår metode prøver å passe inn i en produksjon som originalt er ment for plassbygging. Hvis vi hadde designet vår egen vegg, som hadde vært optimalisert for fabrikkbygging, kunne løsningen vi kom fram til sett en del annerledes ut.

Ved å ta i bruk resurspersoner i informasjonen vi fant, kan det ha forandret resultatet vi fikk, ved å gjenspeile personene sine fordommer og meninger om ulike metoder som de foreslår, og ulike løsninger vi presenterer til dem.

6.2 Arbeid videre

Vi hadde et ønske om å se nærmere på muligheten for å bruke en form for klips for å sette fast vindu/dører raskere i produksjonen og designe et klipssystem. På grunn av Covid 19 restriksjoner har vi bare fått en mulighet til å besøke Landheim bedriften for å befare. Vi hadde håpet på minst 2 eller 3 besøk for å kunne prøve ut forslag til innfesting av vindu.

Testing av roboter og kunne få demonstrert hvilke operasjoner som hadde vært mulig, ville vært en fordel å sett nærmere på. Slik som det er nå, er det kun spekulasjoner om hvordan bruken av roboter kunne fungert, og om det ville redusert tiden det ville tatt å få montert et vindu. Hvis vi hadde hatt alle disse tallene og svarene, ville det vært mulig å få gjort en kalkyle på hva som hadde lønnet seg i valget mellom manuell og automatisk montering.

Det ble forsøkt å få til en analyse på sløsetid i forhold til Landheim AS, hvor kamera ble satt opp over en kortere tidsperiode for å gi grunnlag. Dessverre fikk vi ikke noen tilbakemelding fra denne sløsetid oppgaven, og kunne derfor ikke gjøre mer med det. I vedlegg legger vi med en produksjonsdimensjon som vi hadde planer om å fylle ut for å finne ut av hvor mye tid som gikk med til vanlig, når operasjonen med innsetting av vinduet foregikk. Vi hadde også

planer om å bruke samme produksjonsdimensjonsskjema for resten av produksjonslinja for veggelementer, men heller ikke her ble det mulighet for å følge opp på grunn av Covid 19 restriksjoner.

Litteraturliste

ABChus (2020) *Vår byggeprosess*. Tilgjengelig fra:

https://www.youtube.com/watch?v=0dZYE_dF9Ag&t=50s (Hentet: 4. februar 2021).

ArtTool (2020) *Tutorial Archicad 24 Parametrisk Tunnel Architecture*. Tilgjengelig fra:

Tutorial Archicad 24 Parametric Tunnel Architecture - YouTube (Hentet: 2. mai 2021).

Bergum V L (2014) *Prefabrikerte veggelementer av bindingsverk*. Tilgjengelig fra:

https://bibsyst-almaprimo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/fulldisplay?docid=BRAGE11250%2F233217&context=L&vid=NTNU_UB&lang=no_NO&search_scope=default_scope&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=default_tab&query=any,contains,prefabrikerte%20veggelementer%20av%20bindingsverk,AND&mode=advanced&pfilter=pfilter,exact,masteroppgave,AND&offset=0
(Hentet: 28. februar 2021).

Byggma ASA (2015) *Hvordan montere Walls2paint Byggma*. Tilgjengelig fra:

<https://www.youtube.com/watch?v=TNkEgYhzuTU&t=91s> (Hentet: 2 februar 2021).

Byggmakker (2018) *Etterisolering av vegger og tak*. Tilgjengelig fra:

<https://www.byggmakker.no/artikler/guider/etterisolering-av-vegger-og-tak/> (Hentet: 9. februar 2021).

Caverion (u.å.) *Digital tvilling i BIM sikrer bærekraftig drift og vedlikehold*. Tilgjengelig fra:

<https://www.caverion.no/global/tjenestekatalog/BIM-building-information-modelling-gir-deg-full-oversikt-gjennom-hele-byggeprosjektet/> (Hentet: 2. mai 2021).

epd-norge.no (2020) Skurlast av gran eller furu. Tilgjengelig fra:

<https://www.moelven.com/globalassets/certificates-and-policies/epd/epd-moelvenwood-skurlast-g-f-nepd-307-179-no-skurlast-av-gran-eller-furu-gk.pdf>
(Hentet: 16. mai 2021).

FANUC (u.å.) *Finn den riktige industrielle roboten for dine behov med FANUC-robotfilteret*.

Tilgjengelig fra: <https://www.fanuc.eu/se/en/robots/robot-filter-page> (Hentet: 14. april 2021).

JAF arkitektkontor AS (2017) *Kulturhistorisk stedsanalyse Skreia, Østre Toten*. Tilgjengelig fra:

<https://kart12.nois.no/glt/Content/plandialog/GetGIplanregisterFil.aspx?systemid=dc9a230102324c22be22c5b3cbf3ac7f&k=3442&arkivnavn=WINMAP> (Hentet: 10. mai 2021).

- KUKA - Robots and automation (2019) *Flower power timber robots:How robots can revolutionize architecture and timber industry*. Tilgjengelig fra: <https://www.youtube.com/watch?v=bVVNQ5-3tjw&t=16s> (Hentet: 23. april 2021).
- KUKA Nordic AB Sales (2021) *Industrial robots from KUKA*. Tilgjengelig fra: <https://www.kuka.com/en-se/products/robotics-systems/industrial-robots> (Hentet: 14. april 2021).
- Kvålshaugen, R., Kolbjørnsrud, V. og Sannes, R. (2020) Strategiske gevinster ved robotisering i bygg- og anleggsnæringen, *Praktisk økonomi og finans*, (1), s. 18-32. <https://doi.org/10.18261/issn.1504-2871-2020-01-04>
- Lotherington P B (2006) Tyngden av byggeforskriftene faller på oss, *Byggmesteren*, 15. juni 2016. Tilgjengelig fra: <https://byggmesteren.as/2006/06/15/tyngden-av-byggeforskriftene-faller-pa-oss/> (Hentet: 14. mai 2021).
- Lovdata (2009) Forskrift om maskiner, . Tilgjengelig fra: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-05-20-544#KAPITTEL_1 (Hentet: 8. mai 2021).
- Mo Jacobsen, M. (1997) *Produktutvikling verktøykasse for utvikling av konkurransedyktige produkter*. Stavanger: Fortuna forlag AS.
- Monter (u.å.) *OSB-plater*. Tilgjengelig fra: <https://www.monter.no/tips-og-inspirasjon/bygningsplaterplater/osb-plater/> (Hentet: 5. mai 2021).
- Morsund S R (2016) *Element eller precut?* Tilgjengelig fra: <https://www.nordbohus.no/element-eller-precut> (Hentet: 2 april 2021).
- NODE rådgivende ingeniører AS (u.å.) *Parametrisk Design*. Tilgjengelig fra: <https://www.node.no/andretjenester/262-parametrisk-design> (Hentet: 2. mai 2021).
- NTNU senter for faglig kommunikasjon (SEKOM) (u.å.) *Hva er MROD?* Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/sekom/hva-er-imrod> (Hentet: 19. mars 2021).
- Optimera (2018) *Elementer*. Tilgjengelig fra: <https://www.optimera.no/tjenester/produksjon/elementer/> (Hentet: 23 mars 2021).
- Plan- og bygningsloven (2008) *Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)*. LOVDATA: Kommunal- og moderniseringspartementet.
- Rolfen, M. (2014) *LEAN blir Norsk: LEAN i den Norske samarbeidsmodellen* Bergen: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.
- Røse, S. (1952) *Totens bygdebok : 1*. Oslo: s.n.
- SAP (u.å.-a) *Hva er SAP*. Tilgjengelig fra: <https://www.sap.com/about/company/what-is-sap.html> (Hentet: 2. mai 2021).

- SAP (u.å.-b) *Digital manufacturing solutions are the future of productivity*. Tilgjengelig fra:
<https://www.sap.com/norway/products/supply-chain-management/manufacturing.html>
(Hentet: 2. mai 2021).
- SINTEF Byggforsk (2020) *520.110 Modulbygninger av tre. Vurdering av egnethet*.
Tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/5215/modulbygninger_av_tre_vurdering_av_egnethet (Hentet: 3. januar 2021).
- SINTEF Byggforskserien 700.110 Figur 41 (2010) *700.110 Byggeskader. Oversikt*.
Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/629/byggeskader_oversikt
(Hentet: 18. april 2021).
- SINTEF Byggforskserien (2010) *700.110 Byggeskader. Oversikt*. Tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/629/byggeskader_oversikt (Hentet: 18 april 2021).
- SINTEF Byggforskserien (2014) *523.251 Bindingsverk av tre i småhus. Dimensjonering og utførelse*. Tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/358/bindingsverk_av_tre_i_smaahus_dimensjonering_og_utfoerelse (Hentet: 28. april 2021).
- SINTEF Byggforskserien (2018) *523.701 Innsetting av vindu i vegger av bindingsverk*.
Tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/369/innsetting_av_vindu_i_vegger_av_bindingsverk (Hentet: 11. mai 2021).
- SINTEF Certification (2017) *Nr. 20534 Termowood element*. Tilgjengelig fra:
<https://www.sintefcertification.no/Product/Index/7946> (Hentet: 26. mars 2021).
- SINTEF Certification (2020) *Nr. 2498 Norsk Massivtre*. Tilgjengelig fra:
<https://www.sintefcertification.no/Product/Index/1698> (Hentet: 23. mars 2021).
- SINTEFF Byggforsk (2015) *470.102 Metodiske valg og problemstillinger ved livsløpsvurdering (LCA)*. Tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/4144/metodiske_valg_og_problestillinger_ved_livsloepsvurdering_lca (Hentet: 28. april 2021).
- Solberg, M. G. (2017) *Byggeskader koster samfunnet 17 milliarder i året: – Det blir stadig flere feil*, *Teknsik Ukeblad*, 23. mai. Tilgjengelig fra:
<https://www.tu.no/artikler/byggeskader-koster-samfunnet-17-milliarder-i-aret-eksperter-mener-nye-byggeregler-bor-lose-problemet/383217> (Hentet: 16. mai 2021).
- Treteknisk (2021) *Om oss*. Tilgjengelig fra: <http://www.treteknisk.no/om-oss> (Hentet: 1. mai).

Vedlegg

Referat til Landheim-møte fredag 12 februar kl.14.30.

Til stede: Espen N. Pettersen, Tommy Evenrud, Jan Steinar Egenes, Grete Bilden og Vegard Elsetrønning

Sted: Teams-møte

Til stede: Espen N. Pettersen, Jan Steinar Egenes, Grete Bilden og Vegard Elsetrønning

Prioriterte saker:

1. Standardavtalen og få en underskrift av dere.

Espen skal skrive ut og signere, vi kan få den når vi besøker bedriften.

2. Problemstillingen vi jobber med å utarbeide.

Vi så Mind-Manager og det ble forklart tankegangen med kartleggingen på elementproduksjonen.

Forslag fra Landheim: Hvordan bygge linje som kan være fleksibel på volum?

Jan Steinar: Hvordan er en smart måte å produsere veggelementer på?

3. Andre spørsmål vi ikke rakk å gå igjennom på møtet fredag 29. Januar.

4. se på den digitale tvillingen deres.

Vi så på den digitale tvillingen som viste planoversikter i 3D og hvilke produksjonsportaler de brukte. De 2 nyeste portalene setter sammen stenderverket.

Flaskehalsen havner på stasjonen der vinduer og dører skal monteres, her er det mange forskjellige løsninger som kundene ønsker i forhold til vindusstørrelser og hvor i veggen de skal plasseres. De vurderer å løse dette med å dele opp dette til **to** produksjonslinjer.

5. Hvilke typer elementer har dere tenkt på i det nye bygget?:

- **Veggelementer**
- **Etasjeskiller**
- **Takstoler**
- **Moduler**
- **Takkonstruksjoner / takmoduler**
- **Andre ferdigelementer?**

Svar: de har foreløpig bare tenkt på veggelementer og takstoler.

6. Når blir nettsidene for Landheim gruppen oppdatert?

Midlertidig påvente av en ny. Den blir ikke oppdatert før den fremtidige produksjonen er ferdigstilt.

7. Digitale tvillingen, er det mulige å få tilgang til denne.

Det var mulig å få tilgang til denne, men de må få det avklart først. Tvillingen er ikke ordentlig integrert enda, så funksjonene er ikke helt optimale.

8. I forhold til det nye påtenkte bygget, hvor langt er dere i planene?

Det kommer an på volumet av produksjonen i framtiden. Pr dags dato skal de bruke denne tomten til kald-lagring.

Referat fra møte med Tor Erik

Til stede: Tor Erik Nikolaisen, Grete Bilden og Vegard Elsetrønning

Sted: Kontoret til Tor Nikolaisen, Beryllbygget

Tid: Onsdag 24 februar kl.9.00 - 11.00

Saksliste:

1. Hvordan kan vi sammenligne ulike metoder for å få en automatisk produksjon i et bestemt produksjonsledd? Produksjonsleddet vi tenker på er et flaskehalsproblem i fabrikken til Landheim. De har en del manuelle operasjoner. Bl.a. innsetting av isolasjon og innsetting av vinduer i ulike størrelser. Flaskehalsen gruppa tenker mest på er disse to. I dag bruker Landheim trykkluft i en kran som vingler rundt. Trykkluften går til sugepropper som kan løfte vinduer. Det som ikke er effektivt er at systemet vingler, det tar tid å få plassert vinduet i veggelementet. Gruppa tenker at det her kan settes inn ulike maskiner/roboter for å endre operasjonen. Maskinene/robotene må:
 - Ha sensor for at vinduet skal settes rett inn i hullet i veggelementer der det skal sitte. Vinduene har ulik form: firkantet, avlange, små, store og har ulik innsetningsdybde. Selve innfestingsmetoden er sannsynligvis manuell i dag, er det mulig å få en robot til å feste vinduet?

Svar fra Tor: Greit å ha flaskehals, men man må ha kontroll over den. Man skal ha slakk og flyt mellom operasjonene. Vi må dele opp operasjonene i sløsing og verdiskapning/ikke sløsing. Ta målinger og gjøre det faktabasert. Lag et skjema, del inn i prosesser (eks. vindu, stendere osv.) Del disse igjen inn i underprosesser og hvor lang tid de tar.

SAP handler om å integrere alle modulene i et firma for å få oversikt. Det brukes til å øke effektiviteten og produktiviteten til ett firma ved å automatisere repetitive handlinger.

2. I dag står elementet i et spor som henger i taket og kan skyves bortover horisontalt. Men det virker som om plasseringen av selve operasjonen er litt vilkårlig, kan man se

på LEAN i forhold til organisert struktur slik at operasjonene kommer i riktig rekkefølge?

Husk å sette opp buffere på lager, slik at strømmen med nødvendige varer holdes på et passende stadie.

Lag et system med symboler for å se operasjonene: lager, kontroll, operasjon, operasjon med kontroll og transport (flytting mellom stasjoner).

3. Hvordan kan vi sammenligne prosessen med ulike innsettingsmetoder av vinduer i forhold til: Lønnsomhet med investering av robot/maskin i forhold til manuelle operasjoner som i dag?

Se i forhold til TEK standardene som endres over tid, lurt å ha større parametere enn dagens krav.

Se også punkt 6.

4. Ulike metoder for å sette inn vinduer, hvordan sammenligne disse?
 - 1. Som i dag med trykkluft, sugeskopper og manuell innsetting
 - 2. Trykkluft med robot 1 som løfter vinduet opp fra samlehaug/stativ med vinduer og setter vinduet inn i veggelementet. En robot 2 fester vinduet i veggelementet og skyver deretter veggelementet videre til neste stasjon/portal eller venter på at robot 1 setter inn flere vinduer.
 - 3. Fra portalen de har i dag (de får ny) går veggelementet på rullebord til stasjonen der en robot henter vindu og setter det inn i veggelementet. Samme robot bytter verktøy og fester vinduet og til slutt tar den samme roboten og skyver veggelementet videre til neste stasjon/portal. Her trengs litt sensorer for at roboten skal vite når veggelementet kommer, hva slags vindu som skal settes inn og i hvilken dybde vinduet skal plasseres i vindusåpningen.
 - En metode som går ut fra en eller flere av punktene over.

Tom Erik foreslår å designe og bruke en type adapter for å sette inn vinduet i riktig posisjon (helping hands). Finn parametere. Landheim tenker riktig, men mangler produksjonsapparatet som passer.

5. Samme spørsmål som nr.3, men da med ulike isolasjonstyper og ulike innsettingsmetoder for isolasjonen. Disse kan være:
 1. Manuelle operasjoner
 2. Sprøyteoperasjoner på et bord med ruller
 3. Isolasjon som kommer ned via en sklie når en person eller sensor sier ifra at det kan komme ned, denne isolasjonen skal da treffe og passe til veggelementets ferdige rom. (Lindbäck)
 4. Platebasert isolasjon som spikres manuelt eller
 5. automatisk i maskin.

Tom Erik foreslår bruk av vann-jet til å kappe isolasjonen.

6. Hvordan kan vi sammenligne lønnsomhet i forhold til:
 - dagens utgifter med materialer og lønnsutgifter
 - Fremtidig lån på maskiner/roboter, frakt, opplæring, materialer og lønnsomhet ved drift, vedlikehold og produktivitet.

Implementere FIFO systemet (First in, first out), for å unngå at lagerbeholdningen går ut på dato.

Se på operasjoner og lån ut ifra lånetid, sammenlign med arbeidstid pr arbeidstaker mot tid på alle. Beregn aldri optimal tid.

7. Det finnes 34 konkurrenter innen trebaserte veggelementer i dag, vi tenkte å litt nærmere på disse for å finne ut hva de har i sine veggelementer og kanskje sammenligne på operasjoner de gjør i produksjon og eller materialene brukt i veggelementene, hva mener du er beste utgangspunkt å ta tak i med sammenligninger?
8. Hvordan bruke maskinene/robotene, hva kan man få de til å gjøre? Begrensninger?

Beregn aldri 100 % tid. Roboter kan elementsnekring. Ark fra Tor Erik:

- Robot «elementsnekken»
- CNC Maskinering av tremoduler
- Montasje av tremoduler
- Oppbygging av 3D limtrekonstruksjoner (Legge inn trespiker + etterfølgende maskinering)
- Robotisert 3D modulproduksjon

9. Roboter kan samarbeide, hvordan får man robotene til å samarbeide. Trenger vi å tenke på dette, eller kan de programmeres når de installeres.

Oleksander jobber med parametere som har filmsekvenser som leser av hva den holder på med og hva den holder i.

Roboten kan måle opp hele elementet og måle toleranse. Bruker et laser-måle system. Vi kan deretter sette inn en QR-kode på elementet som kunden og operatøren kan bruke for å verifisere at elementet har gått igjennom kvalitetskontroll og holdt seg innenfor de tillate avvikene. Skaper en Premium følelse, og tillit.

10. Hvor lønner det seg å bruke maskiner/roboter i forhold til manuelle operasjoner?

11. Grappa skal på befaring til Landheim fredag den 26 februar, hva er det lurt å tenke på og spørre om når vi er der i forhold til produksjonen?

Hvordan genererer Landheim tegningene/parameterne for elementene?

12. Eventuelt

Anbefalte bøker: Shigeo Shingo – A revolution in Manufacturing : The SMED System

Iwao Kobayashi – 20 Keys to workplace improvement

Hiroyuki Hirano – 5 Pillars of the Visual Workplace

Referat: Landheim befaring og møte

Til stede: Espen N. Pettersen, Grete Bilden, Vegard Elsetrønning

Tid: kl.9.00 fredag den 12 mars 2021

Saksliste:

1. Lov til å ta bilder.

Vi fikk lov, men kun til bruk i rapporten.

2. Lov til å ta notater av produksjon.

Vi fikk lov, men kun til bruk i rapporten.

3. Lov til å ta opptak.

Vi fikk lov, men kun til bruk i rapporten.

4. Intervjuer med ansatte.

Blir eventuelt til et senere tidspunkt. Under befaringen fant vi ut at mange av produksjonsarbeiderne hadde utenlandsk opprinnelse, og flere snakket dårlig/lite norsk.

5. Spørsmål til Espen og Tommy rundt bacheloroppgaven.

Vi snakket kun med Espen, og tok videopptak av samtalen.

6. Sette seg ned sammen slik at det vi noterer i skjemaer er riktig forstått av Espen og Tommy.

Espen skulle i møte, så fikk dårlig tid til å gjennomføre.

7. Vise konkurrentanalysen og slik vi har arbeidet med den.

Gjennomført.

8. Vise bilder og spørre om vi kan bruke dem i rapporten.

Det var greit.

9. Spørre hvorfor de ikke har egen SINTEF godkjenning på Landheim veggelementet.

Det koster 200.000kr for godkjenningen, og årsavgift for å opprettholde godkjenningen. De bygger nesten aldri samme vegg for kundene, så det er ikke noe vits.

10. Info fra Tom Erik og muligheter fra Oleksandr.

Vi snakket om det. Se opptak for referanse.

11. Eventuelt spørsmål vi kommer på etter hvert.

Se opptak.

Ser fram til befaring og svar på mange løsninger som vi har spørsmål på angående driften av veggelementer.

Referat fra møte med Oleksandr Semeniuta

Til stede: Oleksandr Semeniuta, Jan Steinar Egenes, Grete Bilden og Vegard Elsetrønning

Sted: Teams

Tid: Tirsdag 13 april kl.14.00

Saksliste:

1. Godkjenning av innkalling og sakspapirer.

Godkjenning

2. Spørsmål angående roboter:
3. Løftekapasitet med sugekopper

Ifølge produsenten som lager griper med sugekopp (Robotiq) at en sugekopp med 2cm i diameter kan løfte 10kg. Kommer an på om man har separat anlegg som lager vakuum. Da er kapasiteten bedre. Andre bedrifter til industriell (Schunk). (Festo) lager festeutstyr.

4. Robotsamarbeid
5. Plassering i forhold til arbeidsoppgaver (innsetting av vindu)
6. Hastighet

Det varierer fra robot til robot. Hvis en robot kan gå fort, kan den gå sakte. Dette stiller du inn selv. (Kuka) KR60HA. De holder til i Gøteborg er hovedkontor.

Kobots. light curtain. Safety plc.

7. Vurdering av vindusstørrelse/vekt

Design for maufacturing. Fiducials.

8. Vurdering av innsetningsdybde

Maskinstyrt algoritme. Marskinsyn, structured light sensing, (zivid). (Intel RealSense)

Viktig å ha forskjellig farge på objektet og bakgrunnen.

9. Vurdering av innsetting i forhold til veggelement
10. Innkjøpspris, vedlikehold, opplæring

HMI.

11. Kunnskap for å bruke robotene i drift

Intek ingenierring kan hjelpe med programering og lignende. Megatroniks inovation labs.
Norwegian wood cluster.

12. Brukstid og resirkulering av roboter

Hvis det blir tatt service ofte kan de vare veldig lenge.

13. I hvor stor grad blir de brukt i byggebransjen i dag?

14. Spørsmål ut ifra artikkelen “Strategiske gevinster ved robotisering i bygg- og anleggsbransjen” av Vegard Kolbjørnsrud, Ragnhild Kvålshaugen og Ragnvald Sannes, se vedlegg.

15. Eventuelt