

Prefabrikkerte veggelementer av bindingsverk

Vegar Løken Bergum

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2014

Hovedveileder: Amund Bruland, BAT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg, anlegg og transport



Oppgavens tittel: Prefabrikkerte veggelementer av bindingsverk	Dato: 05.06.2014		
	Antall sider (inkl. bilag): 179		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Vegar Bergum			
Faglærer/veileder: Amund Bruland			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere:			

<p>Ekstrakt:</p> <p>Betongelementer har lenge vært i ustrakt bruk i norsk byggenæring. Bygningselementer av tre er derimot mindre utbredt. Dette til tross for at slike elementer gir mange av de samme fordelene som betongelementer. Den vanligste formen for bygningselement i tre er veggelementer av bindingsverk. Formålet med denne rapporten er å kartlegge hvordan bruk av slike veggelementer påvirker byggeprosessen.</p> <p>I denne rapporten er det hentet data fra et litteraturstudium, casestudier, intervjuer og en spørreundersøkelse. Resultatene fra undersøkelsene viser at veggelementer vil redusere byggetiden dersom de benyttes i riktig type prosjekter. Sammenlignet med tradisjonell plassbygging vil bruk av veggelementer også friggi riggplass. I tillegg indikerer resultatene at veggelementer holder høyere kvalitet enn vegger som blir produsert på byggeplass. Imidlertid reduseres fleksibiliteten når veggelementer benyttes. En av konsekvensene av dette er at eventuelle endringer blir mer kostbare. Resultatene tyder på at etterspørselen etter veggelementer vil øke i fremtiden. Viktige grunner til dette er behov for økt kvalitet, behov for økt produktivitet og mangel på kvalifisert arbeidskraft hos entreprenører.</p>
--

Stikkord:

1. Veggelementer
2. Prefabrikkering
3. Industrialisering
4. Fabrikproduksjon

(sign.)

FORORD

Denne masteroppgaven er skrevet ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim, våren 2014. Masteroppgaven indikerer slutten på et femårig sivilingeniørstudium i Bygg- og Miljøteknikk. Oppgaven er skrevet ved Institutt for bygg, anlegg og transport, og utgjør totalt 30 studiepoeng.

Bruk av prefabrikkerte betongelementer har lenge vært utbredt i byggenæringen. Prefabrikkerte elementer av tre er imidlertid mindre vanlig. Dette til tross for at slike elementer gir mange av de samme fordelene som betongelementer gjør. Dette var bakgrunnen for at jeg i løpet av høsten 2013 valgte prefabrikkerte veggelementer av bindingsverk som tema for masteroppgaven.

Selv om masteroppgaven er et resultat av selvstendig arbeidet er det flere som fortjener en takk for hjelpen underveis. Store deler av oppgaven baserer seg på erfaringer fra svært kompetente personer i byggenæringen. Jeg vil rette en stor takk til alle som har bidratt i intervjuer og casestudier. Spesielt takk rettes til salgs- og prosjektsjef Egil Henning ved Skanska Husfabrikken og administrerende direktør Roald Haug ved Støren Treindustri. Uten deres hjelp ville det blitt vanskelig å skaffe de data som ligger til grunn for rapporten.

Jeg vil rette en takk til min familie som har bistått med korrekturlesing og kommentarer til arbeidet. Også Mari fortjener takk for hjelpen med korrekturlesning, men enda viktigere var motivasjonen og støtten underveis i arbeidet.

Til sist rettes det en stor takk til min veileder Amund Bruland. Takk for alle innspill og tilbakemeldinger underveis i arbeidet.

Trondheim, 05. juni 2014

Vegar Bergum

SAMMENDRAG

Det virker å være enighet i litteraturen om at byggenæringen har store forbedringspotensialer når det kommer til produktivitet og kvalitet. Siden midten av 90-tallet har produktivitetsutviklingen i norsk byggenæring vært negativ, og hvert år benyttes det store summer på å rette byggeskader som følge av dårlig håndverk.

I litteraturen er det også erkjent at kortere byggetid og bedre kvalitet på produktet er blant de viktigste fordelene med å benytte fabrikkproduserte bygningselementer. Således kan dette bidra til å løse to av de største utfordringene byggenæringen står ovenfor. Fabrikkproduserte bygningselementer kommer i mange former og materialer. Mest utbredt er bygningselementer i betong, i form av søyler, bjelker, vegger, dekker, og trapper. Mindre vanlig er det å benytte bygningselementer av tre. Til tross for at slike elementer medfører mange av de samme fordelene som betongelementer.

Veggelementer av bindingsverk er den vanligste formen for bygningselementer i tre. Formålet med denne rapporten har vært å kartlegge hvordan bruk av slike veggelementer påvirker byggeprosessen. Med bakgrunn i teori og praksis ble det utarbeidet fem forskningsspørsmål som bidrar til å belyse dette formålet.

Et omfattende litteraturstudium har dannet bakgrunnen for forskningen. Det er også gjennomført casestudier av to fabrikker som produserer veggelementer og to byggeprosjekter hvor veggelementer har blitt benyttet. Sammen med en større intervjurunde og en spørreundersøkelse utgjør dette rapportens empiriske data. Forskningsarbeidet er i stor grad basert på kvalitative metoder med en induktiv tilnærming.

Resultatene i rapporten levner liten tvil om at veggelementer vil bidra til å redusere byggetiden. Forutsetningen er at veggelementer benyttes i riktig type prosjekter. Spesielt hensiktsmessig er det å benytte veggelementer i prosjekter med lav kompleksitet og en viss grad av gjentakelse. I tillegg kan veggelementer være gunstig å benytte i prosjekter med trang tomt, ettersom bruk av veggelementer krever lite riggplass sammenlignet med tradisjonell plassbygging. For at bruk av veggelementer skal være hensiktsmessig er det også avgjørende at det planlegges for bruk av veggelementer tidlig i byggeprosessen.

Veggelementer kan også bidra til å øke kvaliteten på sluttproduktet. I all type produksjon er standardisering av arbeid et viktig verktøy for å øke kvaliteten. Standardisering av arbeid er vesentlig enklere å gjennomføre på fabrikk enn på en byggeplass. Resultatet av dette er produkter med bedre kvalitet og lavere feilrate. Mindre byggfukt vil også bidra til å øke kvaliteten. Spesielt ved stor isolasjonstykkelse kan det være utfordrende å tørke ut byggfukt fra veggene. Grunnet innendørs produksjon vil veggelementer nærmest eliminere problemet med byggfukt i veggene.

Redusert byggetid vil åpenbart ha positiv innvirkning på prosjektets økonomi. Resultatene i denne rapporten gir imidlertid ikke grunnlag for å konkludere hvordan veggelementer påvirker prosjektets totale kostnader. Det er imidlertid tydelig at dersom veggelementer benyttes vil kostanden av eventuelle endringer i prosjektet øke.

Det er lite som tyder på at bruk av veggelementer vil avta i fremtiden. Tvert imot mente et stort flertall av intervjuobjektene at etterspørselen etter veggelementer vil øke. At byggenæringen ser behov for økt produktivitet og kvalitet var en viktig grunn til dette. Det viktigste argumentet for økt etterspørsel av veggelementer i fremtiden er imidlertid at entreprenører opplever mangel på kvalifisert arbeidskraft. Ved bruk av veggelementer kreves det mindre arbeidstimer på byggeplassen, dermed kan entreprenøren redusere antall tømrere på hvert prosjekt. På den andre siden er ønske om originalitet det største hinderet for ytterligere bruk av veggelementer. I komplekse bygninger med utradisjonelle løsninger er veggelementer lite hensiktsmessig å benytte.

ABSTRACT

Most current literature agrees that the construction industry has great potential for improving both productivity and quality. Due to poor craftsmanship great sums of money are annually spent on correcting construction faults and defects. Since the mid-90's the construction industry has also experienced a decrease in labor productivity. These are currently two of the largest challenges in the Norwegian construction industry.

There also seems to be an agreement in existing literature that shortened project duration and improved quality are the main benefits of prefabricated building elements. Hence, implementing such elements could help solving some of the biggest challenges in modern construction. Precast concrete elements are currently the most common form of building elements. Concrete slabs, beams, columns, walls and stairs are frequently used in modern construction. Less common are prefabricated wall panels made by timber frame. The objective of this report is to assess how such wall elements affect the construction process.

A thorough literature review serve as background for the entire research process. Case studies, interviews and a survey are the main sources of data. A total of four case studies and 18 interviews are conducted as a part of the research. The research is mainly based on qualitative methodology and an inductive approach.

Assuming wall panels are used in the right type of project, there is no doubt that project duration will be decreased. Wall panels are favorable in projects with low complexity and some degree of repetitive work. When wall panels are used in such projects and included early in the design phase the project duration will be decreased. Wall panels may also be favorable in projects with limited storage space, as they will improve construction site logistics.

Standardizing work tasks is a major tool for improving production quality in all kinds of production. Industrialized production simplifies the process of standardizing work tasks. Compared to construction sites a factory is much more suited for standardization. The effects of standardizing work tasks include improved quality and reduced failure rate. Due to indoor production wall panels also nearly eliminates problems with built-in-moisture. Walls with high insulation thickness are difficult to dry. Hence, wall panels are especially favorable in such buildings.

Reduced project duration will have a positive effect on project cost. But the data gathered leaves no room for concluding whether wall panels reduce or increase total project costs. However, the data do indicate that that the cost of potential change orders will increase when using wall panels.

There are no results that suggest reduced demand for wall panels in the future. A majority of the interviewees believed wall panels will be widely used in the future. Among the most frequently used arguments for this was the unquestionable need for improved quality and productivity in the construction industry. However, the most important argument is the lack of skilled labors among contractors. By utilizing wall panels the contractor will be able to reduce the staff on site. The desire to create original building on the other hand, is the biggest threat to growth in wall panel demand. Buildings with high complexity and untraditional details are not suitable for prefabricated wall panels.

INNHOLDSLISTE

FORORD	III
SAMMENDRAG	V
ABSTRACT.....	VII
INNHOLDSLISTE.....	IX
1. INNLEDNING	1
1.1 Bakgrunn	2
1.2 Formål	4
1.3 Omfang og begrensninger	5
1.4 Rapportens oppbygging	6
1.5 Begrepsavklaringer	8
2. METODE.....	11
2.1 Forskningsstrategi	12
2.2 Datainnsamling	15
2.3 Alternative metoder	25
2.4 Kvalitet.....	27
3. TEORI.....	31
3.1 Prefabrikkering.....	32
3.2 Tømrerarbeider	35
3.3 Prefabrikkerte veggelementer.....	38
4. RESULTATER.....	53
4.1 Fabrikker og prosjekter	54
4.2 Casestudier	57
4.3 Intervjuer.....	77
4.4 Spørreundersøkelse	96
5. DISKUSJON	101
5.1 Forskningsspørsmål 1: Produksjon på fabrikk sammenlignet med byggeplass.....	102
5.2 Forskningsspørsmål 2: Veggelementers påvirkning på byggeprosjektet.....	106
5.3 Forskningsspørsmål 3: Veggelementers påvirkning på interessentene.....	118
5.4 Forskningsspørsmål 4: Prosjekter hvor veggelementer er hensiktsmessig.....	122
5.5 Forskningsspørsmål 5: Utviklinger i markedet.....	124
6. KONKLUSJON	127
7. VIDERE ARBEID	131
REFERANSELISTE.....	133
BILAG.....	141

KAPITTEL 1: INNLEDNING

1. INNLEDNING

1.1. BAKGRUNN

1.2. FORMÅL

1.3. OMFANG OG BEGRENSNINGER

1.4. RAPPORTENS OPPBYGGING

1.5. BEGREPSAVKLARINGER

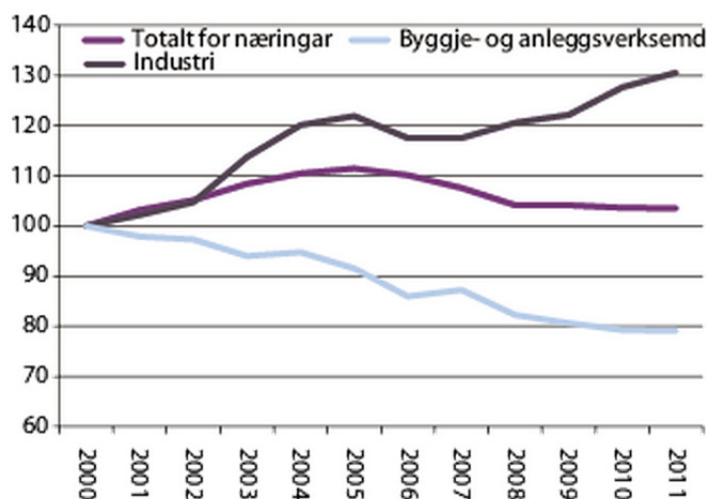
I dette første kapitlet presenteres bakgrunnen for valg av rapportens tema. Deretter spesifiseres rapportens formål og fem forskningsspørsmål som ligger til grunn for arbeidet med rapporten. En spesifisering av forskningsspørsmålene er gitt i delkapittel 1.3: Omfang og begrensninger. Delkapittel 1.4: Rapportens oppbygging gir en rask oversikt over rapportens innhold og kan fungere som en leseveiledning til leseren. Til slutt presenteres sentrale begreper som benyttes videre i rapporten.

1.1 BAKGRUNN

*“The last place you want to build
a building is on a building site”*

Sitatet er hentet fra boken *“Off-site fabrication”* av Alistair Gibb (Gibb, 1999, s. 8). I følge Gibb kan byggeprosjekter oppleve betraktelige fordeler ved å flytte produksjonen fra byggeplass til fabrikker. Reduserte kostnader, kortere byggetid og bedre kvalitet er noen av fordelene Gibb nevner. Til tross for potensielt store fordeler er fabrikkproduserte trekonstruksjoner relativt lite utbredt i Norge (Schmidt, 2009).

En rekke forfattere (Anderson og Anderson, 2007; Gibb, 1999; Larsson og Simonsson, 2012) hevder at fabrikkproduksjon av trekonstruksjoner vil gi økt produktivitet. Dette kan bidra til å snu produktivitetsutviklingen i byggenæringen, som i følge Kommunal- og Regionaldepartementet (2012) har vært negativ siden midten av 90-tallet. Av Figur 1.1 ser vi at andre næringer, og da spesielt industrinæringen, har hatt en markant økning i arbeidsproduktivitet i den samme tidsperioden. Figuren viser utvikling i arbeidsproduktivitet med år 2000 som utgangspunkt (100 %).



Figur 1.1 Utvikling i arbeidsproduktivitet siden år 2000
(Kommunal- og Regionaldepartementet, 2012, s. 27).

Forfattere som Sørby (1992) og Bjørnfot og Sarden (2006) hevder at fabrikkproduksjon også øker kvaliteten på produktet. I dag går om lag 4 % av byggenæringens årlige produksjonsverdi med til å rette prosessforårsakede byggeskader (Ingvaldsen, 2008). Dette er skader som først kommer til syne etter at bygninger er overlevert til kunden. Skader som oppdages og må utbedres i byggefasesen kommer i tillegg til dette. Byggenæringen er i følge Kommunal- og Regionaldepartementet (2012) landes nest største næring, og står for om lag 13 % av omsetningen i norsk næringsliv. Dette gjør det viktig, ikke bare for byggenæringen, men for hele den norske økonomien at omfanget av byggskader reduseres.

Disse to trendene, dårlig kvalitet og negativ produktivitetsutvikling, var bakgrunnen for at Byggekostnadsprogrammet ble etablert i 2005. Programmet mottok 80 millioner kroner i offentlig støtte, og hadde som formål: “å øke kvaliteten på det som bygges og samtidig øke lønnsomheten i næringen” (Eiken, 2010). Med bakgrunn i Figur 1.1 ville det vært nærliggende å tro at byggenæringen forsøkte å ta etter industrien for å oppnå dette. Byggekostnadsprogrammet sin sluttrapport (Eiken, 2010) konkluderte imidlertid med at det ikke hadde vært noen økning i bruk av fabrikkprodusert produksjon de seneste årene. Dette til tross for at reduserte kostnader og økt kvalitet er blant de viktigste argumentene for produksjon i fabrikk. Eiken (2010) registrerer dog en økning i bruk av industrielle metoder på byggeplass. Spesielt i form av Lean Construction-prinsipper.

Prefabrikkering av tømmerarbeider dateres av Gibb (1999) helt tilbake til 1200-tallet. I Norge tok prefabrikkering av bolighus til på slutten av 1800-tallet, men det var i tiden etter andre verdenskrig at prefabrikkering for alvor skjøt fart i byggenæringen. Under utbyggingene av drabantbyene på 1960- og 70-tallet var det stort fokus på billig

produksjon, og prefabrikkering ble derfor benyttet i stor grad. Norge var på dette tidspunktet et av de ledende landene i verden innenfor prefabrikasjon (Sørby, 1992).

På slutten av 80-tallet ble det investert mindre i boliger i Norge (Martens, 1993), og dermed falt også etterspørselen etter prefabrikkerte tømmerarbeider. I følge Berg (2008) ble det igjen rettet stor interesse mot industrialisering av boligbyggproduksjon etter årtusenskiftet. Dette kommer frem i rapporten *Industrialisering og systematisering av boligbyggproduksjon*, som var en del av Byggekostnadsprogrammet. Berg skriver videre at interessen dalte utover 2000-tallet men at det var små tegn til økning i etterspørsel frem mot 2008.

Byggenæringen står fortsatt ovenfor utfordringer som økte kostnader og varierende kvalitet på produktene (Eiken, 2010). I tillegg er mangel på kvalifisert arbeidskraft et økende problem i bransjen (Kristoffersen, 2007). Dette er faktorer som taler for at bruken av prefabrikkering bør øke i fremtiden.

Denne rapporten tar for seg prefabrikkering av veggelementer av tre. Dette er i følge Edvardsen og Ramstad (2006) den vanligste formen for bygningsselement i tre.

1.2 FORMÅL

Eiken (2010) skriver at det de seneste år ikke er registrert merkbar fremgang i bruken av bygningsselementer av tre. Dette til tross for at industrialisering potensielt kan løse flere av problemene byggenæringen står ovenfor. Av fabrikkproduserte treelementer er veggelementer det mest vanlige. Denne rapporten tar for seg bruk av slike veggelementer.

Formålet med rapporten er å kartlegge hvordan bruk av veggelementer påvirker byggeprosessen. Litteraturstudie, casestudier, intervjuer og en spørreundersøkelse benyttes for å kartlegge dette.

Det er satt opp fem forskningsspørsmål for rapporten. Forskningsspørsmålene skal presisere og tydeliggjøre formålet med oppgaven. I tillegg skal de sikre at formålet med oppgaven blir belyst på en god måte. Rapporten søker å besvare følgende forskerspørsmål:

1. Hva skiller produksjon av vegger i fabrikk fra produksjon av vegger på byggeplass?
2. Hvordan påvirker bruk av veggelementer byggeprosjektet som helhet?
3. Hvordan påvirker bruk av veggelementer de viktigste interessentene i et byggeprosjekt?
4. I hvilke prosjekter er det hensiktsmessig å benytte veggelementer?
5. Hvordan er utviklingen i markedet for veggelementer?

1.3 OMFANG OG BEGRENSNINGER

Denne rapporten er skrevet som en masteroppgave ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim. Det er satt av 20 uker til arbeid med masteroppgaven. Den avgrensede tidsperioden gjør det nødvendig å sette begrensninger for omfanget av oppgaven.

Vegger kan produseres i mange ulike former og på mange ulike måter. For å begrense omfanget tar denne rapporten utelukkende for seg vegger med bindingsverk av tre. Bindingsverk av tre produseres normalt på byggeplass, imidlertid kan prekapp-systemer, veggelementer og bygningsmoduler også benyttes. Disse fire produksjonsmetodene er kort introdusert i *Kapittel 3.2: Tømerarbeider*. Ut over dette begrenser rapporten seg til å omhandle veggelementer produsert på fabrikk.

Rapportens første forskningsspørsmål lyder: *“Hva skiller produksjon av vegger i fabrikk fra produksjon av vegger på byggeplass?”* Dette forskningsspørsmålet er inkludert for å synliggjøre forskjeller i produksjonen på fabrikk og på byggeplass. I drøftingen av dette forskningsspørsmålet settes tradisjonell plassbygging av vegger på byggeplass direkte opp mot produksjon av vegger på fabrikk. Faktorer som transport og montasje av elementene inkluderes derfor ikke under diskusjonen av dette forskningsspørsmålet, men håndteres i rapportens andre forskningsspørsmål.

Rapportens andre forskningsspørsmål lyder: *“Hvordan påvirker bruk av veggelementer byggeprosjektet som helhet?”* Her er det lagt vekt på hvordan veggelementer påvirker parameterne kvalitet, tidsbruk, kostnad, logistikk, fleksibilitet, avfall og SHA. Disse parameterne ble valgt underveis i arbeidet med rapporten. Resultatene fra undersøkelsene viste at det er disse parameterne som i størst grad blir påvirket av veggelementer.

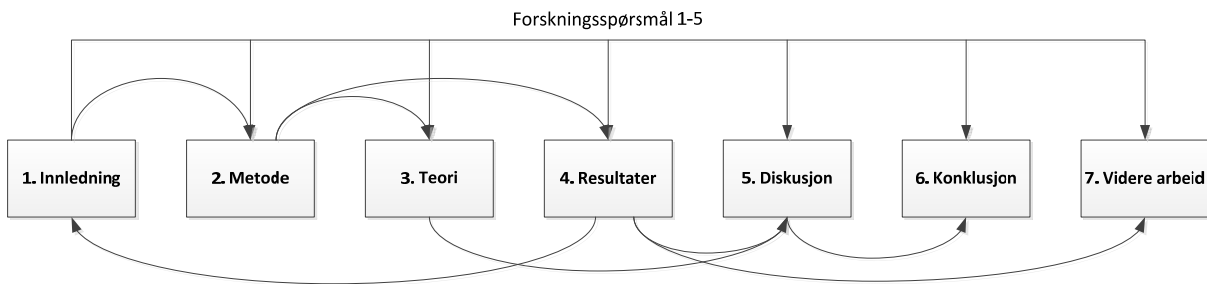
Rapportens tredje forskningsspørsmål lyder: *“Hvordan påvirker bruk av veggelementer de viktigste interessentene i et byggeprosjekt?”* Et prosjekt kan ha svært mange interessenter. Antall og type interessenter vil variere fra prosjekt til prosjekt. Selv om helheten alltid er av interesse er det ikke mulig å studere hvordan alle interessenter blir påvirket. For å redusere omfanget til et håndterbart nivå i forhold til de tidsbegrensninger og resurser som forelå ble det valgt å fokusere på fire interessenter. Følgende fire interessenter ble valgt:

- Byggherre
- Arkitekt
- Entreprenør
- Bruker

Disse interessentene ble valgt fordi de vil være involvert i de aller fleste byggeprosjekter, og fordi deres interesser vil påvirkes av at veggelementer benyttes.

1.4 RAPPORTENS OPPBYGGING

Oppbyggingen av rapporten er basert på anbefalingene til Olsson (2011). Figur 1.2 viser noen av de viktigste avhengighetene i rapporten. Pilene under figuren illustrerer hvor informasjonen i kapittelet hentes fra. Pilene over illustrerer hvordan informasjonen i kapittelet vil påvirke senere kapitler. I tillegg illustrerer de rette pilene hvordan rapportens forskningsspørsmål påvirker oppbyggingen av samtlige kapitler. Figur 1.2 er en forenkling av rapportens viktigste avhengigheter. I realiteten vil samtlige kapitler være avhengig av, og påvirke hverandre.



Figur 1.2. Rapportens viktigste avhengigheter.

Kapittel 1 presenterer bakgrunnen for rapporten og rapportens formål med forskningsspørsmål. Forskningsspørsmålene danner bakgrunnen for de resterende kapitlene i rapporten. Dette er illustrert med rette streker i Figur 1.2. Det første kapittelet omtaler også rapportens begrensninger og avklarer sentrale begreper.

Kapittel 2 beskriver forskningsmetodene som er benyttet i rapporten. Forskningsmetodene er utformet på bakgrunn av forskningsspørsmålene som er presentert i Kapittel 1. Metodene som presenteres her vil først og fremst påvirke resultatene i Kapittel 4, men også hvilken litteratur som er funnet og presentert i Kapittel 3.

Kapittel 3 er en gjennomgang av viktig teori og forskning relatert til oppgaven. Litteraturen som er funnet vil være påvirket av søkemetodene som er benyttet og presentert i Kapittel 2. Teorien som presenteres benyttes videre til Kapittel 5 for å knytte resultatene opp mot eksisterende teori.

Kapittel 4 oppsummerer resultatene som kom frem gjennom casestudier, intervjuer og spørreundersøkelsen. Resultatene vil være påvirket av metodene for datainnsamling som er presentert i Kapittel 2. I henhold til Olsson (2011) sine anbefalinger presenteres resultatene mer eller mindre uten egne kommentarer.

Kapittel 5 diskuterer resultatene som ble presentert i Kapittel 4. Diskusjonen knyttes opp mot litteraturen som presenteres i Kapittel 3.

Kapittel 6 er en kort konklusjon basert på resultatene fra litteraturstudiet, case-studiene, intervjuene og spørreundersøkelsen som ble gjennomført.

Kapittel 7 presenterer forslag til hvordan videre forskning innenfor temaet kan foregå.

De fleste masteroppgaver presenterer en oversikt over figurer og tabeller i form av figur- og tabellister. Forfatteren er imidlertid av den oppfatning at disse sjeldent blir benyttet. Behovet for figur- og tabellister forsvinner også dersom figurene og tabellene er tett knyttet til teksten (The Chicago Manual of Style, 1993). Det er derfor valgt å utelate figur- og tabelliste fra rapporten.

1.5 BEGREPSAVKLARINGER

Å avklare sentrale begreper sikrer en felles forståelse av informasjonen som blir presentert. Dette reduserer sannsynligheten for misforståelser og feiltolkninger. I det følgende diskuteres noen av nøkkelbegrepene som benyttes i rapporten. I tillegg følger en liste med forklaring av øvrige begreper som benyttes.

Prefabrikking er et begrep som blir tolket på ulike måter. De ulike tolkningene går i hovedsak ut på hvorvidt prefabrikking må skje utenfor byggeplassen eller ikke. I internasjonal litteratur er det ikke uvanlig å bruke betegnelsen ‘*off-site fabrication*’ for å presisere at produksjonen skjer utenfor byggeplassen. Et allment begrep for dette eksisterer ikke i det norske språk. Store Norske Leksikon skriver at prefabrikking i byggenæringen betegner “*at større eller mindre bygningsdeler blir fremstilt på fabrikk*”. Flere andre kilder, deriblant Jailon og Poon (2009), hevder imidlertid at prefabrikking også kan foregå på byggeplassen. For eksempel ved at elementer produseres på bakken og heises på plass ved hjelp av kran.

Berg (2008) benytter begrepet *industrialisert byggeproduksjon*. Med dette menes:

“Byggeproduksjon der hovedsaken av verdiskapingen skjer i fabrikk”

(Berg, 2008, s. 11)

Som vi ser er Berg (2008) sin definisjon på *industrialisert byggeproduksjon* svært lik det Store Norske Leksikon betegner som *prefabrikking*. Denne rapporten tar utgangspunkt i Store Norske Leksikon sin tolkning av ordet prefabrikking. Altså benyttes betegnelsen prefabrikking for å omtale fremstilling av bygningsdeler på fabrikk. Dette gjøres fordi forfatteren av rapporten mener det er slik folk flest forstår begrepet prefabrikking. Dette til tross for at begrepet *industrialisert byggeproduksjon* er en mer presis betegnelse.

Veggelementer kan produseres i ulike fasonger og materialer. Tre og betong er de vanligste materialene å benytte til prefabrikkerte vegger. Denne rapporten tar utelukkende for seg vegger i tre, utført som bindingsverk. Når betegnelsen vegg-elementer benyttes i rapporten vises det derfor til fabrikkproduserte vegger med bindingsverk av tre.

Tabell 1.1 er en utfyllende liste av begreper som benyttes videre i denne rapporten. Noen begreper blir nærmere forklart senere i rapporten. Andre blir benyttet slik det fremkommer av tabellen.

Tabell 1.1: Begreper og terminologi

Begrep	Forklaring
Aktør:	En person, gruppe eller virksomhet som har interesser i byggeprosjektet (Eikeland, 2001).
BIM:	Bygningsinformasjonsmodell. Verktøy for tredimensjonal fremstilling av bygninger (Forbes og Ahmed, 2011).
Byggfukt:	Overskudd av fukt i bygningsmaterialene, som må avgis for å oppnå fuktlikevekt (Geving og Thue, 2002).
Bygningselementer:	Fabrikkproduserte plane elementer som monteres på byggeplass.
Enhetstid:	$\frac{\text{Timeverk}}{\text{Antall enheter}}$
Komplettering:	Supplering og fullstendigjøring (Store Norske Leksikon, 1995).
Prefabrikkering:	Produksjon av større eller mindre bygningsdeler på fabrikk (Store Norske Leksikon, 1995).
Produktivitet:	$\frac{\text{Oppnådd produksjon}}{\text{Resurser benyttet}}$
<i>arbeidsproduktivitet:</i>	$\frac{\text{Oppnådd produksjon}}{\text{Antall timeverk}}$
SHA:	Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (Arbeidstilsynet, 2009).
Tettesjikt:	Sperresjikt som hindre at kald luft og vanddamp trenger inn i konstruksjonen (Edvardsen og Ramstad, 2006).
Timeverk [tv]:	En persons arbeid i en time (Store Norske Leksikon, 1995).
Veggelementer:	Bygningselementer med bindingsverk av tre.
lukkede:	Veggelementer med to tettesjikt og innvendig kledning (Edvardsen og Ramstad, 2006).
åpne:	Veggelementer uten dampspærre og innvendig kledning (Edvardsen og Ramstad, 2006).

KAPITTEL 2: METODE

2. METODE

2.1. FORSKNINGSSTRATEGI

- 2.1.1. Kvalitativ og kvantitativ forskning
- 2.1.2. Induktiv og deduktiv forskning

2.2. DATAINNSAMLING

- 2.2.1. Litteraturstudie
- 2.2.2. Casestudier
- 2.2.3. Intervjuer
- 2.2.4. Spørreundersøkelse

2.3. ALTERNATIVE METODER

- 2.3.1. Forskningsstrategi
- 2.3.2. Datainnsamling
- 2.3.3. Sammarbeid med bedrifter

2.4. KVALITET

- 2.4.1. Reliabilitet og validitet
- 2.4.2. Feilkilder

I dette andre kapitlet beskrives og begrunnes forskningsmetodene som er valgt i rapporten. For å øke rapportens etterprøvbarehet følger en grundig beskrivelse av hvordan datainnsamlingen foregikk i delkapittel 2.2: Datainnsamling. Deretter følger en beskrivelse av alternative metoder som ikke ble benyttet, med grunnngivelse for hvorfor disse ble utelatt. Til slutt vurderes kvaliteten på informasjonen som er innhentet i forhold til reliabilitet, validitet og potensielle feilkilder.

2.1 FORSKNINGSSTRATEGI

Det er viktig å ha et forhold til hvilke metoder som benyttes i forskningsarbeidene. I følge Jacobsen (2000) vil resultatet av en undersøkelse i stor grad påvirkes av hvordan den gjennomføres. Når man undersøker et miljø vil miljøet som oftest bli påvirket og forstyrret av at undersøkelsen foregår. Dette “innbruddet” i miljøet kalles for forskereffekten og vil påvirke resultatene av undersøkelsen (Repstad, 1987; Kvale, 1997; Jacobsen, 2000). Forskereffekten er en av grunnene til at det er viktig å ha et bevist forhold til hvilke metoder som benyttes. Å ha et bevist forhold til metodene som blir benyttet er en form for kvalitetssikring av eget arbeid (Olsson, 2011).

*“Metodebeviste forskere og studenter produserer bedre rapporter og kan underbygge sine konklusjoner bedre enn de som slurver på dette området”
(Olsson, 2011, s. 37)*

Det er valgt å ikke legge mye vekt på generelle beskrivelser av forskningsmetoder i dette kapitlet. For nærmere beskrivelse av datainnsamling og vitenskapelige forskningsmetoder henvises det til litterære kilder som Repstad (1987), Halvorsen (1993) og Jacobsen, (2000). I dette kapitlet er det heller fokusert på å begrunne forfatterens valg av metoder.

2.1.1 Kvalitativ og kvantitativ forskning

Normalt skilles det mellom to hovedformer for forskning, nemlig kvalitativ og kvantitativ forskning. Her følger en kort beskrivelse av de to forskningsmetodene basert på Repstad (1987):

- *Kvalitative metoder* benyttes til å beskrive egenskapene og karaktertrekkene ved fenomener. Feltarbeider, observasjoner og ustrukturerte intervjuer er typiske metoder som benyttes i kvalitativ forskning. I kvalitativ forskning samles store mengder opplysninger om relativt få miljøer.
- *Kvantitative metoder* benyttes for å studere få variabler i flere miljøer. I kvantitativ forskning legges det stor vekt på presisjon og etterprøvbarehet. Tall vil ofte være en stor del av arbeidsmaterialet i kvantitativ forskning.

Denne rapporten bygger i hovedsak på kvalitative metoder. Det er gjort relativt lite forskning innenfor temaet veggelementer i Norge. Derfor ble det tidlig bestemt at rapporten skulle forsøke å tegne et helhetlig bilde av bruk av veggelementer. Å opparbeide en helhetsforståelse var viktig. I følge Olsson (2011) er kvalitative studier godt egnet dersom helhetsforståelse er målsetningen.

Kvalitative forskningsmetoder er benyttet i form av casestudier og intervjuer. Casestudier og intervjuer er i følge Repstad (1987) typiske eksempler på kvalitativ forskning. I arbeidet med rapporten ble det gjennomført fire casestudier. Det ble gjort to casestudier i prosjekter hvor det ble benyttet veggelementer. Det ble også gjort casestudier hos to leverandører av veggelementer. Det er gjennomført intervjuer med en rekke interessenter. Interessentene er hentet fra et utvalg byggeprosjekter som benytter veggelementer. Det er valgt å intervju flere interessenter nettopp for å oppnå en helhetsforståelse og få kartlagt ulike synspunkter.

Studien benytter også kvantitativ forskning i form av en spørreundersøkelse. Olsson (2011) bruker spørreundersøkelse som eksempel på kvantitativ forskning. I spørreundersøkelsen ble et utvalg beboere i bygninger av veggelementer bedt om å oppgi noen få opplysninger om boligen de bodde i. Repstad (1987) skriver at få opplysninger fra relativt mange objekter er grunnlaget for kvantitativ forskning.

2.1.2 Induktiv og deduktiv forskning

Det er også normalt å skille mellom to ulike tilnærminger til forskningsoppgaver: induktive og deduktive. Her følger en kort beskrivelse av de to tilnæringsmetodene basert på Jacobsen (2000):

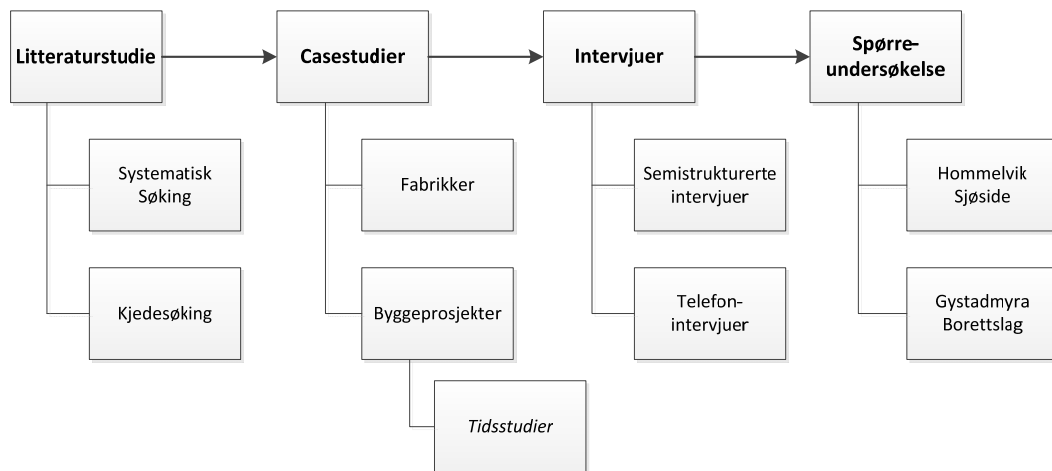
- En *deduktiv tilnærming* går fra teori til empiri. Ved bruk av deduktiv forskning lager forskeren seg en forventning om hvordan virkeligheten ser ut, en hypotese. Deretter gjennomføres det undersøkelser for å se om dette faktisk stemmer.
- En *induktiv tilnærming* går motsatt vei, fra empiri til teori. Her går forskeren ut i virkeligheten med åpent sinn. Det samles inn informasjon som senere analyseres og vurderes. Teoriene dannes på bakgrunn av dette.

Denne rapporten har en induktiv tilnærming. Arbeidet er ikke basert på hypoteser eller antagelser. Det ble samlet inn resultater i form av casestudier, intervjuer og spørreundersøkelser. Resultatene som kommer frem fra undersøkelsene ble analysert i ettertid.

En av fordelene med å benytte induktiv tilnærming er redusert fare for at forutinntatte holdninger påvirker resultatene (Jacobsen, 2000). Dette var en fordel ettersom forfatteren ønsket å tilnærme seg arbeidene med et åpent sinn. En annen fordel med å benytte en induktiv tilnærming er at det gir større fleksibilitet i forskningen. Halvorsen (1993) skriver at man ved en induktiv tilnærming ikke er låst til en bestemt datainnsamlingsmetode på forhånd. En induktiv tilnærming er således mer fleksibel. Dette var en av grunnene til at induktiv tilnærming ble benyttet i denne rapporten. På forhånd var det for eksempel ikke avgjort hvilke parametere som skulle benyttes for å vurdere hvordan veggelementer påvirket byggeprosessen. Den induktive tilnærmingen ga mulighet til å tilpasse dette basert på informasjonen som kom frem i intervjuene.

2.2 DATAINNSAMLING

Å kombinere flere metoder i forskningsarbeidet kalles metodetriangulering. Triangulering gir et bedre datagrunnlag og dermed et bedre grunnlag for å tolke resultatene (Repstad, 1987). Olsson (2011) skriver at bruk av metodetriangulering kan kompensere for svakhetene i hver av de enkelte metodene. Denne rapporten benytter triangulering gjennom å kombinere datainnsamlingsmetodene litteraturstudie, casestudie, intervjuer og spørreundersøkelse. Figur 2.1 gir en oversikt over hvordan datainnsamlingen ble gjennomført. Deretter følger en nærmere beskrivelse av de fire metodene.



Figur 2.1. Metoder for datainnsamling.

2.2.1 Litteraturstudie

Som en innledning til forskningen ble det gjennomført et omfattende litteraturstudium. På bakgrunn av dette ble det utarbeidet et teorikapittel som danner grunnlag for resten av forskningen. Olsson (2011) skriver at usystematisk- og systematisk søking, samt kjedesøking er tre potensielle fremgangsmåter for å gjennomføre litteraturstudier. I dette litteraturstudiet ble det benyttet en *systematisk fremgangsmåte* i kombinasjon med *kjedesøking*. Fremgangsmåtene er forklart i det følgende:

Systematisk fremgangsmåte

En systematisk fremgangsmåte innebærer søking i tidsskrifter, encyklopedisk søking, etc. (Olsson, 2011). For den systematiske delen av dette litteraturstudiet ble det tatt utgangspunkt i Universitetsbiblioteket ved NTNU sine nettsider. Universitetsbiblioteket har en omfattende liste av ulike databaser med litteratur. Med utgangspunkt i denne listen ble det valgt ut flere anerkjente databaser som ble benyttet i litteraturstudiet. De mest benyttede databasene inkluderer Compendex, Engineering Village, ICONDA og Scopus. I tillegg ble søkemotorene BIBSYS Ask og Google Scholar benyttet.

For å systematisere søkingen ble det satt opp en liste over relevante søkeord. Listen er ikke gjengitt i sin helhet her, men eksempel på søkeord som ble benyttet er: prefabrication, off-site fabrication, wall, elements, panels, carpentry, construction, osv. Tilsvarende norske søkeord ble benyttet for å finne norsk litteratur. Forskjellige sammensetninger av søkeordene ble også benyttet for å finne mest mulig relevant litteratur.

Under søkeprosessen ble det ofte returnert svært mange treff på søkene. I slike tilfeller ble søket spisset for å redusere treffene til et håndterbart antall. Når dette var oppnådd ble det benyttet en to-trinns prosess for å filtrere ut de gode litteraturkildene:

1. I den første fasen ble det gjennomført en rask vurdering av kilden basert på tittel og sammendrag. Litteraturen som ble vurdert som relevant ble lastet ned i sin helhet eller bestilt gjennom universitetsbiblioteket.
2. I den andre fasen ble det foretatt en grundigere analyse av litteraturen. Her ble litteratur forkastet dersom den ikke oppfylte krav med tanke på innhold, relevans for oppgaven, kvalitet, forfatter, publiseringsår, antall siteringer og generell troverdighet.

Kjedesøking

Olsson (2011) beskriver kjedesøking som søk etter litteratur i kildelistene til annen sentral litteratur. Kjedesøking ble benyttet i denne rapporten for å supplere litteratur som ble funnet gjennom den systematiske søkingen. Når relevant litteratur ble funnet gjennom det systematiske litteratursøket ble det undersøkt om kildelisten inneholdt mer relevant litteratur. I flere tilfeller ble det funnet god litteratur som ikke kom frem gjennom den systematiske metoden. Ved bruk av kjedesøk ble det også avdekket nye søkeord. Spesielt engelske uttrykk forfatteren ikke tidligere hadde kjennskap til.

Litteraturkildenes troverdighet

Det er viktig å være kritisk til hvilken informasjon som benyttes. Gjennom litteraturstudiet ble det funnet bøker, tidsskriftartikler, konferansepapirer, offentlig informasjon og master- og doktoroppgaver. Som det fremkommer av rapportens referanseliste var bøker og tidsskriftartikler den viktigste kilden til informasjon. Universitetsbiblioteket har tilgang til et stort antall bøker, dette ble benyttet aktivt ettersom bøker er en litteraturkilde som ofte har høy troverdighet. Artikler fra anerkjente tidsskrifter har også høy troverdighet, slike artikler kan også leses elektronisk og er dermed lett å anskaffe. I tillegg kan tidsskriftartikler publiseres raskt etter at det er skrevet, og er dermed en god kilde til ny informasjon. Rapportens kildeliste inneholder også en masteroppgave og tre doktoravhandlinger. Doktoravhandlinger ble generelt vurdert som mer troverdige enn masteroppgaver. Når

masteroppgaven ble benyttet ble det lagt ekstra arbeid i å vurdere troverdigheten til oppgaven på forhånd.

Prefabrikkerte veggelementer av tre er et tema som er forholdsvis lite omtalt i litteraturen. Kildelisten er preget av norske og amerikanske publikasjoner. Norske publikasjoner ble i stor grad fremskaffet gjennom BIBSYS Ask og Google Scholar. Av nyere årstall er Berg (2008) og Schmidt (2009) de viktigste norske publikasjonene innenfor temaet. Amerikanske publikasjoner ble først og fremst funnet i databasene som ble benyttet. Malaysia lanserte i 2003 en målsetning om å øke bruken av prefabrikkering i byggenæringen. Som følge av dette ble det gjennomført mye forskning rundt prefabrikkering. Store deler omhandler betongelementer, men noe omtaler også elementer av tre. Denne rapporten henter derfor informasjon fra fire malaysiske artikler.

I mange tilfeller var det utfordrende å finne tilstrekkelig litteratur om prefabrikkerte veggelementer av tre. Derfor er det også benyttet litteraturkilder som omtaler andre former for prefabrikkering, spesielt prefabrikkerte betongelementer. I mange tilfeller vil teorier om andre former for prefabrikkering være representativ også for prefabrikkering av veggelementer. Likevel er det en svakhet ved rapporten at flere kilder ikke direkte omtaler temaet som undersøkes. Dette er med å svekke rapportens validitet.

2.2.2 Casestudier

Casestudie er en empirisk forskningsmetode hvor virkeligheten studeres (Yin, 1994). Ofte er det et studieobjekt som undersøkes, dette kan for eksempel være en organisasjon, en prosess eller et miljø (Repstad, 1997; Olsson, 2011). Olsson (2011) skriver at casestudier er godt egnet dersom målet er å oppnå innsikt og forståelse. Siden innsikt og forståelse er målsetningen med denne rapporten ble casestudier vurdert som en god form for informasjonsinnhenting. Det ble det valg å innhente informasjon gjennom fire casestudier. Casestudiene som ble gjennomført var av to fabrikker og av to byggeprosjekter.

Fabrikker

Fabrikkene som ble studert var Skanska Husfabrikken i Steinkjer og Støren Treindustri på Støren. Dette er to av de ledende produsentene av veggelementer i Norge. Dette var avgjørende for valg av fabrikker. Viktig for dette valget var også nærhet til forfatterens studiested, samt ønske om å studere fabrikker som benytter ulike produksjonsmetoder.

Under casestudiene på de to fabrikkene ble produksjonslinjen for veggelementer studert i detalj. Målsetningene med casestudiene var blant annet å besvare rapportens første forskningsspørsmål "*Hva skiller produksjon av vegger i fabrikk fra produksjon av vegger på byggeplass?*" Alle observasjoner ble gjennomført som åpne observasjoner. Det vil si at aktørene som ble studert viste at de ble observert (Jacobsen, 2000). En representant

for fabrikkene var også til stede mens produksjonslinjene ble studert. Dette var henholdsvis teknisk ansvarlig ved Skanska Husfabrikken og administrerende direktør ved Støren Treindustri. Representantene bistod underveis med å svare på spørsmål og forklare detaljer i produksjonsprosessen.

Byggeprosjekter

Gjennom kontaktpersoner på fabrikkene fikk forfatteren kjennskap til byggeprosjekter som benyttet veggelementer. To av disse prosjektene ble det valgt å gjennomføre casestudier av. For å opparbeide et helhetsinntrykk var det ønskelig å gjennomføre studier av prosjekter som benyttet veggelementer fra ulike leverandører. Derfor ble det valgt et som fikk levert elementer fra Støren Treindustri og et som fikk levert av Skanska Husfabrikken. Det var en forutsetning at de valgte prosjektene skulle montere veggelementer i perioden datainnsamlingen foregikk. I samråd med veileder på NTNU ble det valgt å gjennomføre casestudie av boligprosjekter på Gjønnes i Bærum og på Hårstadhaugen i Trondheim.

Casestudiene på byggeplassene ble gjennomført i samarbeid med prosjektenes totalentreprenører. Under studiene ble det observert hvordan veggelementene ble montert av montaselaget på byggeplassen. Det ble spesielt fokusert på hvordan innfestingsdetaljer ble løst, og hvordan tettesjiktene ble utført i elementskjøter.

Tidsstudier

I tillegg til å observere montasjen ble det gjort tidsstudier for å få et inntrykk av produktiviteten på prosjektet. Denne informasjonen er viktig for å kunne forklare hvordan veggelementer påvirker interessenter og byggeprosjektet som helhet. Det ble bare gjennomført et lite antall målinger. Antall målinger ble begrenset ettersom målsetningen ikke var å oppnå statistisk signifikante resultater, men å få en indikasjon på hvorvidt bruk av veggelementer reduserer byggetiden eller ikke.

Produktivitet er et begrep som kan tolkes på ulike måter. I følge Ingvaldsen og Edvardsen (2007) og Jonsson (1996) er følgende definisjon en av de allment aksepterte:

$$\text{Produktivitet} = \frac{\text{Oppnådd produksjon}}{\text{Resurser benyttet}}$$

I denne studien ble oppnådd produksjon målt i form av kvadratmeter ferdig vegg. Resurser benyttet ble målt i form av timeverk. Et timeverk tilsvarer en persons arbeid i en time (Store Norske Leksikon, 1995). To timeverk kan altså være en persons arbeid i to timer, eller to personers arbeid i en time. Når forbruket av resurser utelukkende måles i arbeidsinnsats slik som her benyttes ofte betegnelsen arbeidsproduktivitet (Sjøholt og Slettebø, 1971).

$$\text{Arbeidsproduktivitet} = \frac{\text{Oppnådd produksjon}}{\text{Antall timeverk}}$$

Tidsstudiene ble gjennomført som varighetsstudier. Varighetsstudier er en enkel måte å måle tidsforbruket for arbeidsoperasjoner (Sjøholt og Slettebø, 1971). Varighetsstudiene i denne rapporten målte hvor mange timeverk som gikk med til å sette opp et forhåndsbestemt antall veggelementer. Antall timeverk ble beregnet ved å multiplisere mannskapet i monteringslaget med antall timer benyttet. Altså ble brutto tid benyttet. Dersom en arbeider brukte tid på andre ting enn selve montasjen ble også denne tiden registrert.

Det ble valgt å dele montasjen opp i etapper, i stedet for å måle tidsbruk for montasje av hvert enkelt element. Deretter ble det regnet gjennomsnittlig montasjetid for hvert element i etappen. Dette ble gjort for å forenkle dataregistreringen.

2.2.3 Intervjuer

I følge Kvale (1997) benyttes intervjuer for å forstå verden fra intervjuobjektets side og for å forstå deres erfaringer. For en kvalitativ studie som dette ble intervjuer vurdert til å være en svært god metode for å innhente data. Dette gav muligheten til å innhente erfaringer fra personer med som hadde benyttet veggelementer, noe som bidrar til å besvare samtlige av rapportens forskningsspørsmål. Det er mange aktører i byggeprosjektet som kan bidra med informasjon som vil belyse forskningsspørsmålene. I samarbeid med veileder konkluderte forfatteren med at følgende aktører var viktigst å involvere i intervjuene:

- Byggherre
- Arkitekt
- Entreprenør
- Leverandør av veggelementer
- Transportør av veggelementer

En komplett liste over intervjuene som ble gjennomført finnes i Tabell 2.1.

Det er vanlig å skille mellom to typer intervjuer: strukturerte og ustrukturerte. Her følger en kort beskrivelse av de to typene basert på Halvorsen (1993):

- Et *strukturert intervju* er et intervju hvor ordlyden og rekkefølgen på spørsmålene er bestemt på forhånd. Dette sikrer at spørsmålene stilles likt hver gang de presenteres.
- Et *ustrukturert intervju* er et intervju hvor intervjueren selv avgjør hvordan han skal stille spørsmål basert på hvordan intervjuet utarter seg (Halvorsen, 1993).

Kvale (1997) skriver at en intervjuform mellom de to ytterpunktene kan være godt egnet dersom formålet er å undersøke en persons opplevelser innenfor et emne. En slik intervjuform kalles halvstrukturert eller semistrukturert intervju. Ulempen med slike intervjuer er at svarene er vanskeligere å organisere og analysere enn i strukturerte intervjuer (Kvale, 1997). Semistrukturerte intervjuer gir imidlertid større fleksibilitet og mulighet for å stille oppfølgingsspørsmål (Halvorsen, 1993). Semistrukturerte intervjuer ble derfor vurdert til å være den beste måten å gjennomføre intervjuene på.

Til semistrukturerte intervjuer er det hensiktsmessig å utarbeide en intervjuguide (Kvale, 1997). Dette ble gjort i forkant av alle intervjuene som ble gjennomført. Intervjuguidene inneholdt en oversikt over hvilke temaer som skulle diskuteres under intervjuene. I tillegg inneholdt de forslag til spørsmål innenfor hvert tema. Det ble utarbeidet en intervjuguide for hver av de fem aktørene som ble intervjuet. Dette ble gjort for å tilpasse intervjuene til intervjuobjektens roller. Hos entreprenørene hadde intervjuobjektene svært ulike stillinger i prosjektet. Derfor ble intervjuguidene også tilpasset med tanke på intervjuobjektets stilling. Intervjuguidene som ble benyttet følger som bilag til rapporten [Bilag B].

Under intervjuene ble intervjuguidene brukt for å holde struktur på intervjuene, og for å sørge for at alle temaer ble gjennomgått. Selv om temaene stort sett ble diskutert i planlagt rekkefølge ble det forsøkt å tilpasse spørsmålene underveis. Der det var naturlig ble det stilt oppfølgingsspørsmål til intervjuobjektets kommentarer.

Jacobsen (2000) anbefaler at ustrukturerte intervjuer gjennomføres som ansikt-til-ansikt intervjuer. Så langt det lot seg gjennomføre ble derfor denne intervjuformen benyttet. Ved tre tilfeller var det likevel nødvendig å benytte andre metoder for å gjennomføre intervjuene. To intervjuer ble gjennomført som telefonintervjuer og et intervju ble gjennomført med kommunikasjon over e-post. Dette ble gjort etter ønske fra de respektive intervjuobjektene. Jacobsen (2000) anbefaler at intervjuer som ikke er ansikt-til-ansikt gjennomføres som strukturerte intervjuer. For å være konsekvent i metoden for datainnsamling ble det likevel valgt å benytte en semistrukturert form i disse intervjuene.

For å sikre en felles forståelse for temaet som ble diskutert ble problemstillingen for oppgaven sendt til intervjuobjektene på forhånd. Dette ble gjort per e-post to arbeidsdager før intervjuene ble avholdt. I denne e-posten ble også intervjuguiden vedlagt, slikt at intervjuobjektet hadde mulighet til å forberede seg på spørsmålene som skulle stilles. I forkant av selve intervjuet ble intervjuobjektet nok en gang presentert for oppgaven og problemstillingen. Intervjuobjektet ble også informert om hvordan resultatene ville bli benyttet. Alle intervjuobjekter ble informert om at de når som helst hadde mulighet til å avbryte intervjuet om det var ønskelig.

Det ble gjort lydopptak av intervjuene, med mindre intervjuobjektene hadde innvielser mot det. Kvale (1997) anbefaler at intervjuer tas opp på bånd. Dette er for å sikre at arbeidet med å omgjøre det muntlige intervjumaterialet til tekst blir gjort så presist som mulig. Dette arbeidet blir referert til som transkribering. Bruk av lydopptak gjorde det også lettere for intervjueren å fokusere på samtalen og svarene under intervjuene, ettersom det ikke var nødvendig å notere alt som ble sagt.

Som omtalt tidligere kan forskereffekten påvirke resultatene av en undersøkelse. I en intervjusituasjon kan dette for eksempel bety at respondenten blir påvirket til å svare for å gjøre et godt inntrykk, eller å svare det han tror intervjueren vil høre (Kvale, 1997). I et forsøk på å unngå denne effekten ble det presisert på forhånd at resultatene fra intervjuene ikke ble brukt til å bedømme eller evaluere prosjekter. Men heller for å forstå respondentens erfaringer.

Totalt ble det gjennomført 18 intervjuer i denne studien. Tabell 2.1 gir en oversikt over hvilke intervjuobjekter som ble intervjuet.

Tabell 2.1: Intervjuobjekter

<i>Skanska Husfabrikken</i>	
Salgs- og prosjektsjef	10. feb. 2014
Teknisk ansvarlig	10. feb. 2014
<i>Støren Treindustri</i>	
Administrerende direktør	06. mars 2014
Transportansvarlig	21. mars 2014*
<i>Gjønnes Gård</i>	
Prosjektleder – Skanska Husfabrikken	24. feb. 2014
Prosjektleder – Skanska Norge	06. mars 2014**
<i>Hårstadhaugen</i>	
Byggherre	21. mars 2014
Arkitekt	26. mars 2014
Anleggsleder	04. mars 2014
<i>Lerkendal Hotell og Kongressenter</i>	
Anleggsleder	18. mars 2014
Formann	18. mars 2014
Arkitekt	25. mars 2014
<i>Hornebergtunet Rekkehus</i>	
Anleggsleder	11. feb. 2014
Bas – elementmontasje	11. feb. 2014
Bas – overordnet	11. feb. 2014
Formann	11. feb. 2014
<i>Moholt Aktiv</i>	
Prosjektleder - Veidekke	20. mars 2014
<i>OTTS-Transportselskap</i>	
Bygningselementansvarlig	27. mars 2014*

* Telefonintervju

** Intervju per e-post

2.2.4 Spørreundersøkelse

Det ble gjennomført en spørreundersøkelse blant beboere i to borettslag, Gystadmyra Borettslag og Hommelvik Sjøside. Spørreundersøkelsen ble gjennomført for å vurdere hvordan bruk av veggelementer påvirker byggets kvalitet og hvordan veggelementer påvirker brukernes interesser. I tillegg ble beboerne spurt om deres holdninger til veggelementer, for å vurdere om dette kunne sette en stopper for ytterligere bruk av veggelementer i fremtiden.

Kvale (1997) skriver at spørreundersøkelse kan være en god metode for å samle større mengder informasjon på kort tid. Korte spørreundersøkelser er i tillegg raske å gjennomføre for respondentene. Derfor ble spørreundersøkelse foretrukket når det skulle hentes informasjon fra brukere av byggene.

Det ble valgt å gjennomføre undersøkelsen i borettslag som var bygget med veggelementer av ulik prefabrikeringsgrad. Dette ble gjort for å avdekke eventuelle forskjeller i brukernes oppfatning av byggets kvalitet. Hommelvik-Sjøside byggetrinn 1 ble oppført med veggelementer av lav prefabrikeringsgrad. Gystadmyra Borettslag ble oppført med veggelementer av høy prefabrikeringsgrad. En nærmere beskrivelse av prosjektene er gitt i *Kapittel 4.4: Spørreundersøkelse*.

NTNU sitt IT-system for spørreundersøkelser SelectSurvey ble brukt som plattform for undersøkelsen. Dette systemet ble valgt fordi det tillater logiske koblinger mellom spørsmålene og tilbyr analyseverktøy for svarene. Spørreundersøkelsen var anonym og ingen personopplysninger ble innhentet. Etter personopplysningsloven er undersøkelsen derfor ikke meldepliktig, dette ble avklart med personvernombudet på forhånd.

Olsson (2011) påpeker at å oppnå et statistisk representativt utvalg i spørreundersøkelser kan være utfordrende, men heller ikke alltid nødvendig. Spørreundersøkelsene som ble utført tok ikke sikte på å være statistisk representative, men på å gi en indikasjon på brukernes holdninger. Totalt ble det sendt 30 invitasjoner til å delta på undersøkelsen. 13 personer avga svar. Dette gir en svarprosent på 43 %. Svarprosenten for spørreundersøkelsen oppsummeres i Tabell 2.2. Invitasjonene til deltakelse ble sendt til beboerne gjennom e-post. Ved Hommelvik Sjøside ble beboernes e-postadresser hentet fra byggherrens arkiv. Ved Gystadmyra Borettslag ble invitasjonene sendt ut av styret i borettslaget. Invitasjonene ble sendt ut 10. april 2014. Olsson (2011) skriver at lav svarandel kan være problematisk ved bruk av spørreundersøkelser. Undersøkelsen ble derfor holdt åpen i to uker slik at det skulle være tilstrekkelig med tid til å avgi svar. Det ble også sendt påminnelse om undersøkelsen fire dager før undersøkelsen ble lukket.

Tabell 2.2: Svarprosent for spørreundersøkelse

	Antall invitasjoner	Antall svar	Svarprosent
Hommelvik Sjøside	17	8	47 %
Gystadmyra Borettslag	13	5	38 %
Totalt	30	13	43 %

I e-posten som ble sendt til beboerne ble de opplyst om formålet og bakgrunnen for undersøkelsen. I spørreundersøkelsens introduksjonsdel ble det forklart hva vegg-elementer er og hvordan de benyttes. Her ble det også opplyst om at besvarelsene var anonyme.

Den vanligste feilen ved bruk av spørreundersøkelser er at det stilles for mange spørsmål (Halvorsen, 1993). Derfor ble det lagt spesiell vekt på å unngå unødvendige spørsmål. Spørreundersøkelsen bestod av ti spørsmål, og det ble valgt å benytte oppsatte svaralternativer. Oppsatte svaralternativer gir større forutsigbarhet og gjør det enklere å analysere svarene (Kvale, 1997). Det ble fokusert på å formulere entydige spørsmål og benytte enkel setningsoppbygging. Dette reduserer sannsynligheten for misforståelser og stor spredning i resultatene (Halvorsen, 1993). For å sikre god validitet ble det i henhold til Halvorsen (1993) sine anbefalinger lagt vekt på å utarbeide en logisk oppbygging og unngå ledende spørsmål.

2.3 ALTERNATIVE METODER

I delkapittel 2.1: *Forskningsstrategi* og 2.2: *Datainnsamling* forklares metodene som ble benyttet i arbeidet med rapporten. Flere andre metoder ble imidlertid vurdert, men ikke benyttet. Her følger en begrunnelse for hvorfor disse metodene ble utelatt.

2.3.1 Forskningsstrategi

Ulike forskningsmetoder ble vurdert i planleggingen av forskningsarbeidet. På et svært tidlig stadium ble det vurdert å benytte deduktive hypoteser som utgangspunkt for rapporten. Eksempler på hypoteser som ble vurdert var:

- *Bruk av veggelementer reduserer kostnaden i byggeprosjekter*
- *Bruk av veggelementer reduserer byggetiden i byggeprosjekter*

Forfatteren valgte imidlertid tidlig å gå bort fra denne tilnærmingen. Som nevnt tidligere var det ønskelig å opparbeide seg et helhetsinntrykk. Derfor ble det valgt å fokusere på kvalitative metoder. I følge Halvorsen (1993) er kvalitative metoder ofte forbundet med en induktiv tilnærming. På samme måte er kvantitative metoder forbundet med en deduktiv tilnærming. Dette ser vi også av de deduktive hypotesene som ble vurdert. Kvantitativ forskning er nødvendig for å underbygge disse hypotesene. De deduktive hypotesene ble også valgt bort fordi forfatteren ikke ønsket at forutinntatte holdninger skulle påvirke undersøkelsene.

2.3.2 Datainnsamling

Det ble vurdert å gjennomføre en kvantitativ studie av produktivitet ved bruk av veggelementer. En slik studie hadde krevd et stort antall tidsstudier om den skulle blitt statistisk signifikant. Grunnet tidsbegrensningen ville det ikke latt seg gjøre å gjennomføre et slikt antall tidsstudier og samtidig danne et helhetlig bilde av bruk av veggelementer. Derfor ble det valgt å fokusere på det store bildet og heller gjennomføre et fåtall tidsstudier for å få en indikasjon på produktiviteten.

Som omtalt i *Kapittel 2.1: Forskningsstrategi* vil forskningseffekten kunne påvirke resultatene av observasjoner. Repstad (1987) skriver at forskningseffekten kan unngås ved å gjennomføre skjulte observasjoner. Det ble vurdert å gjennomføre skjulte observasjoner i casestudiene. Det viste seg imidlertid at dette hadde vært vanskelig å gjennomføre i praksis. At det ble benyttet åpne observasjoner kan påvirke arbeiderne til å opptre annerledes enn de ellers ville ha gjort. For eksempel i form av å arbeide mer effektivt når de blir studert. Siden høy presisjon i målingene ikke var avgjørende i dette tilfelle ble det likevel valgt å gjennomføre åpne observasjoner.

2.3.3 Samarbeid med bedrifter

Mange studenter velger å skrive masteroppgave i samarbeid med bedrifter. Dette kan forenkle arbeidet på flere måter. I denne oppgaven kunne det spesielt vært interessant å samarbeide med en entreprenør som benyttet veggelementer. Dette ville trolig gjort det enklere å få tilgang til byggeplasser. Det ville også gjort det lettere å gjennomføre intervjuer med nøkkelpersoner i prosjektene. En annen potensiell fordel hadde vært enklere tilgang til erfaringsdata. Erfaringstall på tidsbruk og kostnader med veggelementer kunne gitt oppgaven større reliabilitet. Det er ikke usannsynlig at bedrifter hadde vært mer villig til å dele slik informasjon om det ble inngått en formell samarbeidsavtale.

Det ble likevel valgt å gjennomføre denne oppgaven som selvstendig arbeid, og ikke knytte seg til en entreprenør. Det var flere grunner til dette. For det første hadde et samarbeid gjort det vanskelig å gjennomføre intervjuer hos andre entreprenører. I denne oppgaven var det ønskelig med en bred tilnærming og datainnsamling i ulike typer prosjekter. I tillegg er det et begrenset utvalg prosjekter som benytter veggelementer i Norge. Det var usannsynlig at en entreprenør hadde mange prosjekter med veggelementer gående i perioden som var tilgjengelig for datainnsamling. Et samarbeid kunne derfor ført til et snevrere datagrunnlag. Det var også ønskelig å innhente informasjon fra leverandører av veggelementer. Dette kunne vist seg problematisk dersom forfatteren var under kontrakt med en av entreprenørene. Det kunne også gjort at intervjuobjektene ble mer tilbakeholdne med informasjon i intervjuer.

2.4 KVALITET

I dette delkapittelet vurderes kvaliteten på forskningen som er gjennomført. Dette gjøres ved å vurdere reliabiliteten og validiteten i forskningen, i tillegg til en vurdering av potensielle feilkilder.

2.4.1 Reliabilitet og validitet

Samset (2008) og Olsson (2011) understreker viktigheten av å ha et forhold til kvaliteten på forskningsarbeidet. Derfor bør en forskningsrapport alltid ha en vurdering av reliabilitet og validitet. Her følger en kort beskrivelse av de to begrepene:

- Validitet er et mål på om dataene er relevante for problemstillingen eller ikke (Halvorsen, 1993). Kvale (1997) skriver at høy validitet betyr at metoden undersøker det den skal undersøke, og at det er fokusert på riktige ting.
- Reliabilitet er et mål på pålitelighet (Halvorsen, 1993) og etterprøvbarehet (Olsson, 2011). Både Olsson (2011) og Halvorsen (1993) skriver at dersom det kan gjøres flere uavhengige forsøk med tilnærmet like resultater har undersøkelsene høy reliabilitet.

Tabell 2.3 oppsummerer reliabiliteten og validiteten til litteraturstudiet, casestudiene, intervjuene og spørreundersøkelsen som er gjennomført.

Tabell 2.3: Oppsummering av reliabilitet og validitet		
	Reliabilitet	Validitet
Litteraturstudie:	God	Middels
Intervjuer:	God	God
Casestudier:	Middels	God
Spørreundersøkelse:	Dårlig	Middels
Totalt:	Middels	God

For begrunnelse av vurderingene av rapportens reliabilitet og validitet henvises det til Tabell 2.4. Tabell 2.4 inneholder en mer omfattende drøftelse og utfyller oppsummeringen i Tabell 2.3.

Tabell 2.4: Reliabilitet og validitet

Litteraturkilder

Reliabilitet: Litteraturen som er benyttet er allment tilgjengelig. All litteratur er også referert i rapportens referanseliste. Dette gjør litteraturen etterprøvbar. Et fåtall av litteraturkildene er imidlertid hentet fra internett. Slike kilder kan endres i ettertid, noe som gjør de vanskeligere å etterprøve. Flere kilder kunne økt reliabiliteten til rapporten. Totalt sett anses likevel reliabiliteten til litteraturkildene som svært god.

Validitet: Teoridelen i denne rapporten er i hovedsak basert på bøker og tidsskrift-artikler. De siste årene er det gjort forholdsvis lite forskning på bruk av veggelementer i Norge. Derfor har det vært nødvendig å benytte litteratur som ikke nødvendigvis omtaler veggelementer av tre. Som eksempel er det flere ganger benyttet litteraturkilder som i utgangspunktet omtaler betongelementer. Deretter er det vurdert hvorvidt teorien kan overføres til veggelementer. Indikatorene gir altså ikke alltid et direkte mål på det som skal beskrives. Dette reduserer validiteten^a. Imidlertid er litteratursøket omfattende, og etter forfatterens oppfatning er den mest relevante litteraturen er identifisert og analysert. Litteraturstudiets validitet anses som middels god.

Intervjuer

Reliabilitet: Det var ingen ting som tydet på at intervjuobjektene holdt tilbake informasjon under intervjuene. Om dette likevel skulle være tilfelle er reliabiliteten svekket^a. Store deler av intervjuene var basert på intervjuobjektene subjektive meninger. Det antas likevel at intervjuobjektene ville gitt de samme svarene ved en ny undersøkelse. Siden det i rapporten også er intervjuet flere kilder i ulike prosjekter og bedrifter anses reliabiliteten i intervjuene som god.

Validitet: Under intervjuene ble det benyttet intervjuguide som ble utformet på bakgrunn av rapportens formål og forskningsspørsmål. Prosjektene som ble utvalgt er relevante for problemstillingen. Intervjuobjektene har førstehånds erfaring med bruk av veggelementer og anses derfor som godt egnet til å besvare spørsmålene. Bruk av førstehåndskilder er med å styrke validiteten til rapporten^b. Intervjuene var også spesielt tilpasset intervjuobjektene. Dette sikrer at de riktige intervjuobjektene blir stilt de riktige spørsmålene. Intervjuobjektene hadde sjeldent tilleggsinformasjon etter intervjuene. Noe som tyder på at intervjuguiden ikke hadde store mangler. Intervjuene anses å ha svært god validitet.

Casestudier

Reliabilitet: Fremgangsmåten og metoden er godt dokumentert noe som gjør resultatene lett å etterprøve. Flere case-studier ville imidlertid gitt et større datagrunnlag og dermed bedre reliabilitet^c. Reliabiliteten ville også økt dersom det ble gjennomført flere tidsstudier i prosjektene. Casestudiene reliabilitet anses som middels god.

Validitet: De fire casestudiene som ble valgt er alle svært relevante for oppgavens problemstilling. At casestudiene er gjennomført i ulike bedrifter og ulike prosjekter øker også validiteten. Casestudiene validitet anses som god.

Spørreundersøkelse

Reliabilitet: Det er en stor svakhet at studien bare tar for seg beboere i to borettslag. Å benytte flere borettslag ville økt reliabiliteten til spørreundersøkelsen. Undersøkelsen var anonym, og det er derfor grunn til å tro at deltakere svarte ærlig på spørsmålene. I hvor stor grad de satt seg inn i spørsmålene er imidlertid uvisst. Dette vil påvirke reliabiliteten^a. I tillegg er det trolig at respondentene har lite kunnskap om veggelementer og bygninger generelt. Dette reduserer også reliabiliteten^a. Reliabiliteten til spørreundersøkelsen anses som dårlig

Validitet: Undersøkelsen består i stor grad av lukkede spørsmål. Respondentene får ikke begrunne svarene, dermed kan informasjon lett bli oversett. Viktig for validiteten er at indikatorene gir et eksakt mål på det de skal måle^a. Indikatorene i denne undersøkelsen anses som gode. For eksempel anses oppfattelse av trekk i bygningen som en god indikator på byggets tetthet. Spørreundersøkelsens validitet anses som middels god

Totalt

Reliabilitet: Fremgangsmåten i rapporten er godt dokumentert. Det er rimelig å tro at intervjuobjekter og respondenter ville avgitt samme svar dersom resultatene skulle etterprøves. Utvalget av intervjuobjekter og respondenter er imidlertid lite. I tillegg er bare et begrenset antall fabrikker og prosjekter inkludert i studien. Alt i alt vurderes reliabiliteten til å være middels god.

Validitet: Rapporten benytter egne metoder for datainnsamling. Dette gir data som er relevante for problemstillingen. Intervjuobjektene har førstehånds erfaring med bruk av veggelementer. Det er benyttet flere indikatorer og de fleste gir et direkte mål på problemstillingene som skal beskrives. Rapportens validitet vurderes derfor å være god.

^a Samsset (2008)

^b Jacobsen (2000)

^c Olsson (2011)

2.4.2 Feilkilder

Informasjonen som ble benyttet i litteratursøket kan være upresis eller i verste fall direkte feil. Selv om det i stor grad ble benyttet bøker og artikler fra anerkjente tidsskrifter er det ingen garanti for at innholdet er korrekt. Spesielt ny litteratur er lite etterprøvd. Dermed er det fare for at innholdet kan være upresist. Det er også en mulig feilkilde at relevant litteratur gikk tapt i prosessen med å sortere ut kilder.

I kvalitative intervjuer er det flere potensielle feilkilder. Selv om intervjueren bevisst forsøkte å være nøytral under intervjuene kan det være at spørsmålene som ble stilt var ledende. Det kan også være at intervjueren har lagt mer vekt på den informasjonen han ønsker å høre, og mindre på uønsket informasjon. Ulike oppfatninger av uttrykk og begreper kan også medføre misforståelser. I forkant av alle intervjuer ble intervjuguiden sendt ut på forhånd. Dette ble gjort blant annet for at uklare begreper skulle kunne avklares på forhånd. Likevel kan ulike tolkninger ha påvirket resultatene.

Forfatteren av rapporten har lite erfaring med å gjennomføre kvalitative intervjuer. Dette kan ha gjort at intervjuobjektene tolket spørsmålene på feil måte grunnet dårlig spørsmålsformulering. Det kan også ha gjort at svarene ble tolket på feil måte.

Etter intervjuobjektene ønske ble to av intervjuene gjennomført som telefonintervjuer. I tillegg ble et intervju gjennomført med kommunikasjon over e-post. For ustrukturerte intervjuer anbefaler Jacobsen (2000) å benytte ansikt-til-ansikt intervjuer, ettersom dette gjør det lettere for intervjuobjektet å legge frem all relevant informasjon. Det er altså ikke sikkert all relevant informasjon kom frem i disse intervjuene.

Under intervjuene kan intervjuobjektene ha kommet med upresis informasjon. Dette kan ha vært ubevist ved at intervjuobjektet glemte relevante detaljer. Det kan også ha vært en bevist handling. Enten for å fortelle det de tror intervjueren ønsker å høre, eller for å stille eget selskap eller prosjekt i et godt lys.

At representanter kan ha forsøkt å stille eget selskap eller prosjekt i et godt lys kan også ha vært tilfelle under casestudiene. I deler av casestudiene ble forfatteren vist rundt av representanter fra bedriften. Det kan ha vært tilfelle at det bevist ble fokusert på å vise gode sider av byggeplassen eller fabrikken. Casestudiene som ble gjennomført på byggeplass ble valgt ut i samarbeid med veileder på NTNU. Leverandørene av veggelementer bidro med å lokalisere potensielle prosjekter. Forfatteren har inntrykk av at alle aktuelle prosjekter ble lagt frem. Likevel kan det være at leverandørene bevist presenterte prosjekter hvor byggeprosessen har foregått med få problemer.

I spørreundersøkelser er det vanskelig å forsikre seg om at respondentene har forstått spørsmålene riktig. Feiltolkning er derfor en mulig feilkilde i spørreundersøkelsen. En annen mulig feilkilde i spørreundersøkelsen er at spørsmålsformuleringen er påvirket av forfatteren sine holdninger.

KAPITTEL 3: TEORI

3. TEORI

3.1. PREFABRIKKERING

3.2. TØMRERARBEIDER

3.3. PREFABRIKKERTE VEGGELEMENTER

3.3.1. Kvalitet

3.3.2. Tidsbruk

3.3.3. Kostand

3.3.4. Logistikk

3.3.5. Fleksibilitet

3.3.6. Miljø

3.3.7. SHA

3.3.8. Transport

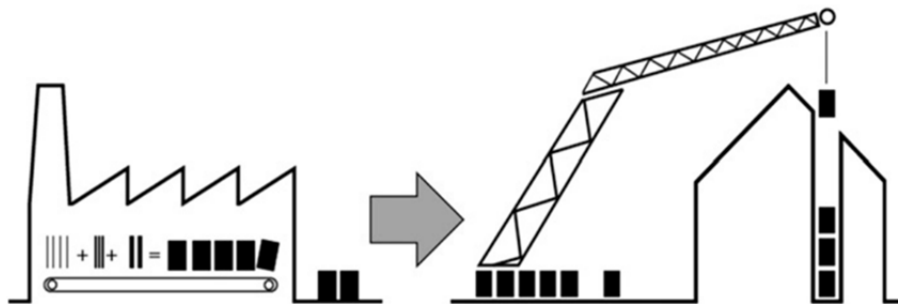
3.3.9. Utvikling i markedet

Dette kapittelet er et resultat av litteraturstudiet som ble gjort i arbeidet med rapporten. Kapittelet er en gjennomgang av teori og forskning innenfor temaet veggelementer. Kapittelet begynner med en introduksjon av grunnleggende begreper og terminologi. Senere blir det oppsummert hvordan viktige litterære kilder mener bruk av veggelementer påvirker ulike parametere. Parameterne som blir omtalt er kvalitet, tidsbruk, kostnad, logistikk, fleksibilitet, miljø og SHA. Til sist diskuteres transport av veggelementer og utviklingstrekk i markedet.

3.1 PREFABRIKKERING

Ordet prefabrikkering betegner en produksjonsprosess. I denne produksjonsprosessen settes forskjellige materialer sammen til en komponent som skal utgjøre en større eller mindre del av sluttproduktet (Jaillon og Poon, 2009). Denne produksjonen foregår ofte på spesialiserte fabrikker.

Prefabrikkering i byggenæringen refererer til produksjon av bygningsdeler som skal utgjøre en del av det ferdige bygget. Eksempelvis er det svært vanlig å prefabrikere elementer som takstoler, trapper og betongelementer (Store Norske Leksikon, 1995). Produksjon av prefabrikerte bygningsdeler foregår normalt på spesialiserte fabrikker. Etter produksjon fraktes elementene til byggeplass for montering, se Figur 3.1.



Figur 3.1. Prefabrikkering og montasje
(Thuesen og Hvam, 2013, s. 284).

I følge Gibb (1999) ble prefabrikkering av bygningsdeler først benyttet for å oppfylle krav til nøyaktighet og kvalitet. Også i dag er kvalitet et viktig argument for å benytte prefabrikasjon, men i følge Jaillon og Poon (2009) er det ønske om redusert arbeidsmengde på byggeplassen som ofte er avgjørende.

I årene etter andre verdenskrig økte produksjonen av ferdigproduserte boligbygg i Norge kraftig. Schmidt (2009) skriver at målsetningen var å gjenoppreise landet og skaffe folk tak over hodet for en billig penge. Prefabrikerte boligbygg sett på som løsningen. Videre skriver Schmidt at mange på grunn av den store utbyggingen på 60-

og 70-tallet forbinder prefabrikkering av boliger med store masseproduserte blokk-områder i Norske drabantbyer.

Interessen for prefabrikkerte trekonstruksjoner i Norge dalte på 1990-tallet. I dag er det imidlertid flere drivere for økt grad av prefabrikkering. Edvardsen og Ramstad (2006) skriver at ny teknologi, mangel på fagutdannet arbeidskraft og økt fokus på produktivitet og kostnadsreduksjoner er blant de viktigste argumentene for økt bruk av prefabrikkering.

Flere forfattere (Gibb, 2001; Azman et al., 2010; Kamar et al., 2011) skiller mellom fire grader av prefabrikkering: komponent produksjon, ikke-volumetriske elementer, volumetriske elementer og byggmoduler. Tabell 3.1 gir en beskrivelse av de fire gradene basert på Gibb (2001):

Tabell 3.1: Grader av prefabrikkering

Prefabrikkeringsgrad:	Eksempler:
Komponent produksjon: Komponent produksjon er produksjon av små komponenter som i de aller fleste tilfeller blir gjort utenfor byggeplassen. Kun i svært få tilfeller vil produksjon av slike elementer bli gjort på byggeplassen.	<ul style="list-style-type: none">▪ Dørhåndtak▪ Lysarmaturer
Ikke-volumetriske elementer: Ikke volumetriske elementer er bygningsdeler som i tradisjonelle prosjekter ville blitt produsert på byggeplassen. I følge Gibb (2001) kan selve betegnelsen “ikke-volumetrisk” være misledende siden alle elementer vil ha et gitt volum. Betegnelsen “ikke-volumetrisk” kommer av at elementene ikke utgjør et ferdig volum som kan benyttes.	<ul style="list-style-type: none">▪ Veggelementer▪ Etasjeskillere▪ Trapper
Volumetriske elementer: Volumetriske elementer er bygningsdeler som utgjør et fullstendig volum som kan benyttes.	<ul style="list-style-type: none">▪ Trappesjakter▪ Baderom
Byggmoduler: Byggmoduler er større elementer som til sammen utgjør en fullstendig bygning. Elementene utgjør både bæresystemet, utvendige vegger og innvendige vegger. Bruk av slike moduler gjør at bare en svært liten del av arbeidet gjøres på byggeplassen. Gibb (2001) bruker ferdigproduserte McDonalds restauranter som eksempler på byggmoduler. Berg (2008) betegner slike elementer som “rom-moduler”, videre skriver han at den norske utbyggeren Selvaag Bolig har basert sin virksomhet på boligbygging med slike elementer.	<ul style="list-style-type: none">▪ McDonalds restauranter▪ Midlertidige installasjoner▪ Studentboliger

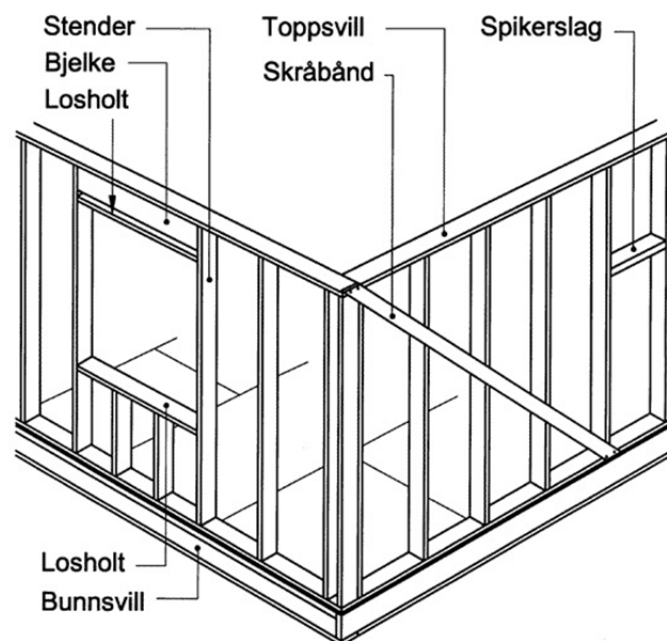
3.2 TØMRERARBEIDER

I følge Edvardsen og Ramstad (2006) har det blitt bygget hus av trematerialer i Norge i over 2000 år. På den tiden ble veggene laget av stein, jord eller torv, men det var trestokker som stod for innvendig bæring av husene. Selv om bæresystemet i moderne bygg kan bestå av mange ulike materialer er fortsatt tre et av våre viktigste byggematerialer. I følge Redner (1987) brukes om lag 80 % av all trelast i Norge til byggeformål. Frøstrup (1999) nevner følgende fordeler med bruk av tre som byggemateriale:

- Lett tilgjengelig de fleste steder i landet
- Stor styrke i forhold til vekt
- Lett å bearbeide
- Tre er en fornybar resurs

Bruk av tre som byggemateriale kan også medføre ulemper. I følge Frøstrup (1999) er de viktigste ulempene knyttet til opptak av fuktighet, formendringer og brann.

Både ytter- og innervegger i bygninger gjennomføres ofte i tre (Frøstrup, 1999). Edvardsen og Ramstad (2006) skriver at vegger normalt utføres som bindingsverk med vertikale stender og horisontale sviller i topp og bunn. Figur 3.2 viser normal oppbygging av et bindingsverk. Bindingsverket blir komplettert med varmeisolasjon og kledning. I yttervegger benyttes det også tettesjikt for å hindre luft- og fuktgjennomstrømning.



Figur 3.2. Oppbygging av bindingsverk.
(Ramstad og Edvardsen, 2006, s. 203)

Frøstrup (1999) og Edvardsen og Ramstad (2006) skriver at vi i Norge skiller mellom fire metoder for produksjon av trekonstruksjoner. De fire metodene introduseres kort i det følgende. Videre fokuserer denne rapporten imidlertid på prefabrikkerte vegg-elementer.

1. Plassbygget

Plassbygging er den tradisjonelle metoden å gjennomføre tømrerarbeider på. Ved plassbygging leveres alle materialer til byggeplassen, hvor de kappes og settes sammen til bygningsdeler (Edvardsen og Ramstad, 2006). I følge Edvardsen og Ramstad er dette en forholdsvis langsom produksjonsform. Lang byggetid er en ulempe i seg selv, men det medfører også øket sannsynlighet for nedfukting av byggematerialene. Imidlertid påpekes det av Edvardsen og Ramstad at denne produksjonsformen er svært fleksibel. Å produsere vegger på byggeplass er en svært vanlig aktivitet og det finnes gode erfaringstall på dette. I Tabell 3.2 vises hvilke erfaringstall to av de mest anerkjente norske kildene opererer med. Tallene i tabellen er erfaringstall for komplette yttervegger av bindingsverk med 250 mm isolasjon og liggende kledning. Prisen inkluderer kostnad av materialer, utstyr og arbeidskraft.

Tabell 3.2: Enhetstid og enhetspris for yttervegger

	Enhetstid [tv/m ²]	Enhetspris [kr/m ²]
Kalkulasjonsnøkkelen ^a	1,25	1 323,-
Norsk Prisbok ^b	1,18	1 079,-

^a Holte (2013)

^b Norconsult (2013)

2. Prekapp-systemer

Prekapp- eller precut-systemer er en produksjonsform hvor produksjonen foregår som normalt på byggeplass. Forskjellen er at trelasten er kappet i riktige lengder før de leveres på byggeplassen. Dette reduserer arbeidet med oppmåling og tilpasninger på byggeplassen (Frøstrup, 1999).

Edvardsen og Ramstad (2006) skriver at bruk av prekappsystemer krever at konstruksjonen er tegnet i detalj før byggingen starter. Derfor er prekappsystemer best egnet til typehus, eller i prosjekter med stor grad av gjentakelse. Videre skriver de at det i større prosjekter er vanlig å opprette midlertidige produksjonshaller på eller i nærheten av byggeplassen. I slike haller kan det blant annet prekappes bjelker, sperrer, stender osv. Dette reduserer arbeidet med oppmålinger og gjør at bindingsverket kan monteres raskere.

3. Elementer

Elementsystemer er en type konstruksjon hvor deler av konstruksjonen prefabrikeres i plane elementer (Edwardsen og Ramstad, 2006). Slike elementer faller i kategorien ”ikke-volumetriske enheter”. Frøstrup (1999) skriver at det i Norge produseres det både yttervegger, innervegger, tak og etasjeskillere som elementer. Imidlertid er det produksjon av ytterveggselementer som er mest utbredt (Edwardsen og Ramstad, 2006).

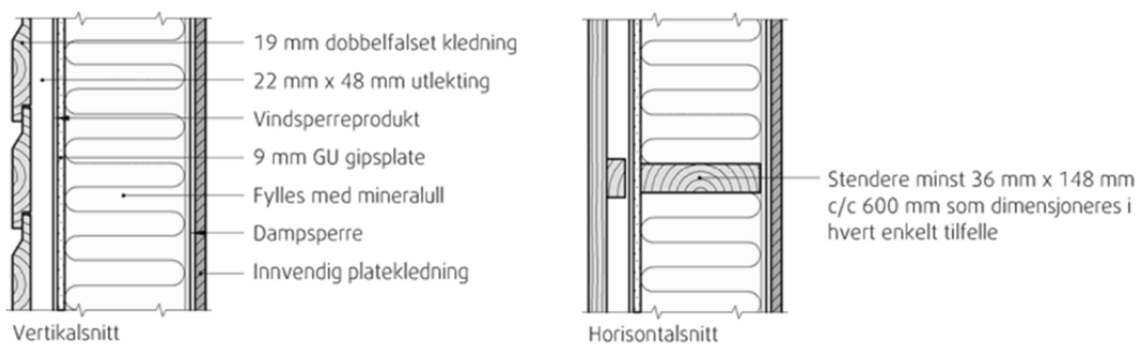
4. Byggmoduler

Trekonstruksjoner kan også produseres som byggmoduler. Da settes vegger og etasjeskilleres sammen i fabrikker og transporteres til byggeplass som hele seksjoner (Frøstrup, 1999). I følge Frøstrup kan seksjonene leveres komplett med lister, tapet, gulvbelegg, osv. Konstruksjonsprinsippene er de samme som for andre tømmerarbeider, eneste unntak er at vegger må avstives noe mer for å tåle transport til byggeplassen. Gibb (2001) omtaler den samme produksjonsformen, men Gibb begrenser ikke sin beskrivelse til moduler av trematerialer.

3.3 PREFABRIKKERTE VEGGELEMENTER

Som skrevet innledningsvis gjennomføres ytter- og innervegger i bygninger som oftest som bindingsverk (Edwardsen og Ramstad, 2006). Oppbyggingen av et normalt bindingsverk var vist i Figur 3.2. Ved produksjon på fabrikk produseres bindingsverket i elementer. Dermed kan bindingsverket fraktes til byggeplassen i biter før de monteres sammen.

I følge Edwardsen og Ramstad (2006) er oppbyggingen av fabrikkprodusert bindingsverk tilnærmet lik bindingsverk som er satt sammen på byggeplass. Komplettering av bindingsverket med varmeisolasjon, kledning og tettesjikt kan også gjøres på fabrikk. Normalt settes også vinduer og dører inn på fabrikk. En norsk produsent av slike veggelementer er Skanska Husfabrikken. I den tekniske godkjenningen av deres elementproduksjon gis det eksempel på hvordan et veggelement kan bygges opp. Figur 3.3 viser vertikal- og horisontalsnitt av dette eksempelet. Hvordan elementet oppbygges kan imidlertid tilpasses fra prosjekt til prosjekt.



Figur 3.3. Standard oppbygning av veggelement, vertikal- og horisontalsnitt (SINTEF Byggforsk, 2012a).

Ifølge Edwardsen og Ramstad (2006) kan graden av prefabrikkering tilpasses ulike behov. De skiller spesielt mellom to typer ytterveggselementer: lukkede og åpne.

- *Lukkede elementer* leveres komplett fra fabrikk. De leveres med innvendig kledning og ingen videre behandling er nødvendig på byggeplassen. Figur 3.3 er et eksempel på lukket element. Fordelen med dette er kort byggetid, men bruk av lukkede elementer krever nøye planlegging og varsomhet i transport- og monteringsfasen.
- *Åpne elementer* leveres uten innvendig kledning, dampspærre og i noen tilfeller uten varmeisolasjon. Dette gjør at rør og kabler kan monteres i vegg på byggeplass før den lukkes fra innsiden. Bruk av åpne elementer gir større muligheter for tilpasninger. Imidlertid vil byggetiden normalt være lengre enn for lukkede elementer.

Å benytte veggelementer vil påvirke mange deler av et byggeprosjekt. I det følgende diskuteres det hvordan viktige litteraturkilder mener veggelementer påvirker faktorene kvalitet, tid, kostnad, logistikk, fleksibilitet, miljø, SHA. I tillegg oppsummeres hva som er skrevet i litteraturen transport av veggelementer og om etterspørselen etter veggelementer.

3.3.1 Kvalitet

Bygebransjen har lenge vært kritisert for å levere dårlig kvalitet (Ball, 1999). I Norge utgjør kostnader for utbedring av byggskader omtrent 10 % av investeringskostnadene ved nybygg (SINTEF Byggforsk, 2010). SINTEF Byggforsk påpeker også at mange av disse feilene kunne vært unngått og at det her er store rom for forbedringer. I følge Roy et al. (2003) kan prefabrikking av elementer bidra til en reduksjon i antall byggefeil.

Liker og Meier (2006) skriver at standardisering av arbeid er en av de aller viktigste metodene for å redusere antall produksjonsfeil. Standardisering av arbeid er også bakgrunnen for kjente kvalitetsstyringssystem som Lean Construction og Six Sigma (Moore, 2006). I følge Liker (2004) er standardisering et nødvendig fundament for å oppnå læringseffekt, og dermed bedre kvalitet og produktivitet. Anderson og Anderson (2007) skriver at standardisering av arbeidsoppgaver er mye enklere å få til på en fabrikk en på en byggeplass. I likhet med Liker (2004) og More (2006) skriver også Anderson og Anderson (2007) at konsekvensen av slik standardisering vil være økt kvalitet og lavere feilrate.

*“Today’s standardization is the necessary foundation on
which tomorrow’s improvement will be based”
– Henry Ford*

På fabrikk produseres elementene innendørs i kontrollerte omgivelser. Dette gjør det lettere å følge opp og kontrollere arbeidet. Dermed vil antall feil og skader reduseres (Gibb, 2001). For fagarbeidere er det også lettere å gjennomføre produksjon innendørs. På byggeplass vil det ofte være forhold som gjør det vanskelig å oppnå gode arbeidsstillinger. For eksempel ved arbeider i høyden og andre plasser hvor det er vanskelig å komme til. Betongelementforeningen (1995) skriver at det er lettere å tilpasse dette på fabrikker. Dermed oppnås gode arbeidsstillinger, noe som vil øke kvaliteten på produktet. Selv om Betongelementforeningen (1995) i utgangspunktet tar for seg betongelementer er det nærliggende å tro at denne teorien også kan overføres til veggelementer av tre.

Nedfukting av byggematerialer er en utfordring under dårlige værforhold. I følge Store Norske Leksikon (1995) er byggefukt er årsaken til ca. 10 % av alle byggskader i Norge. Også Geving og Thue (2002) skriver at nedfukting av konstruksjonen er en utfordring ved tradisjonell plassbygging. Dersom produksjonen flyttes innendørs kan både

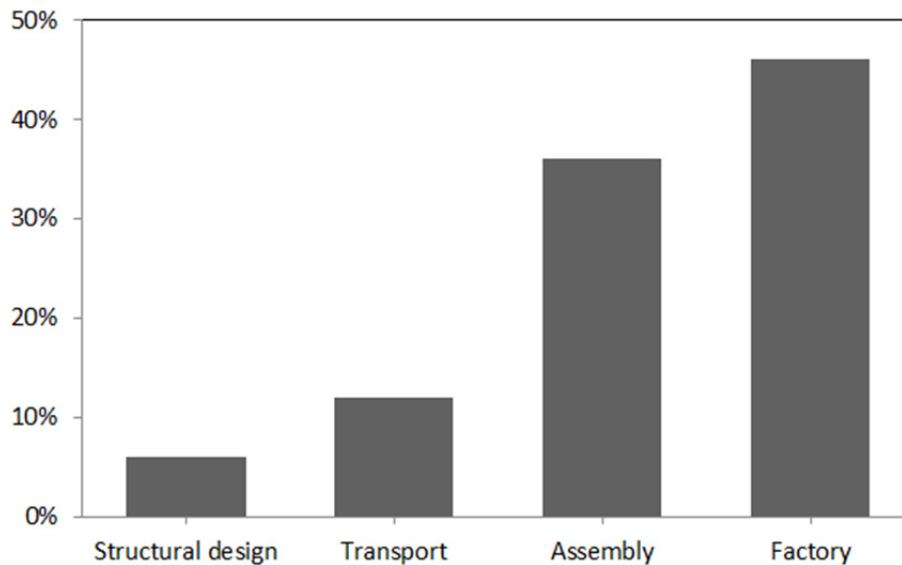
luftfuktighet og temperatur kontrolleres (Betongelementforeningen, 1995), dermed kan risikoen for byggfukt under produksjon elimineres. Johnsson og Meiling (2009) påpeker imidlertid at de prefabrikkerte elementene må monteres på byggeplassen, og at de i denne fasen vil de være utsatt for vær og vind. Spesielt øker faren for byggfukt dersom elementer må mellomlagres på byggeplassen. Spesielt er faren for nedfukting stor dersom det benyttes åpne elementer med varmeisolasjon. I tilfeller hvor slike elementer benyttes bør takkonstruksjonen monteres umiddelbart etter at veggene er oppført (Edvardsen og Ramstad, 2006). Dårlig værforhold kan også påvirke kvaliteten på produksjonen (Love og Li, 2000). I følge Ibbs (2005) og Nguyen (2010) øker sannsynligheten for at fagarbeidere gjør feil i dårlige værforhold.

Baloi og Prince (2003) hevder at mange byggefeil oppstår fordi arbeiderne ikke har tilgang til riktig utstyr. Anderson og Anderson (2007) skriver imidlertid at ved fabrikkproduksjon er arbeiderne godt kjent og har alltid byggematerialer og utstyr lett tilgjengelig.

Selv om innendørs produksjon har mange potensielle fordeler påpeker Gibb (2001) at å flytte produksjonen innendørs i seg selv ikke vil øke kvaliteten. Innendørs produksjon gir mange muligheter for forbedring, men uten bevist å ta i bruk disse mulighetene vil man heller ikke oppnå høyere kvalitet.

«Benefits will be realized only if the traditional site-based practices and culture are not merely transferred to the factory but rather chanced to reflect the manufacturing culture.»
(Gibb, 2001, s. 313)

Selv om prefabrikkering har potensiale til å øke kvaliteten, gjennom å flytte produksjonen innendørs, oppstår det også risiko i forbindelse med transport og montasje. En undersøkelse gjort av Johnsson og Meiling (2009) tar for seg byggeskader på bygningsmoduler av tre. Studien viser at 35 % av registrerte feil skyldes feil under montasje. 10 % av feilene oppstod under transport av modulene, samtidig skyldes nesten 50 % av feilene feil under produksjon [Figur 3.4]. Johnsson og Meiling (2009) antyder at dette trolig er grunnet høyt fokus på produktivitet og dårlig kvalitetskontroll i produksjonsfasen.



Figur 3.4. Byggskader på bygningsmoduler av tre, inndelt etter byggefase (Etter Johnsson og Meiling, 2009, s. 677).

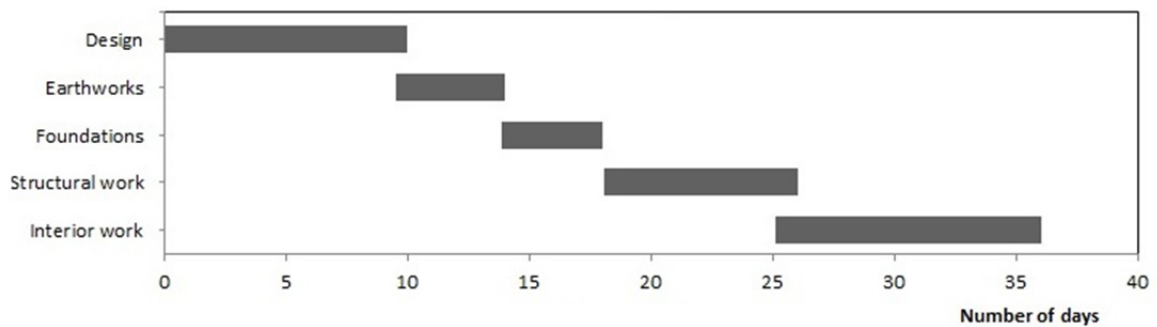
Bruk av prefabrikkering medfører redusert byggetid. Edwardsen og Ramstad (2006) skriver at når bygget oppføres raskere reduseres sannsynligheten for vindlastskader. De mener konstruksjonen er mer sårbar for slike laster før den er ferdig avstivet, og med prefabrikkering kan ferdig avstivning oppnås raskere. Imidlertid kan sterk vind gjøre det vanskelig å foreta løft av elementene.

Edwardsen og Ramstad (2006) skriver videre at det ved bruk av veggelementer er en utfordring å oppnå tette skjøter mellom elementene. Spesielt gjelder dette lukkede elementer hvor dampsperran monteres på fabrikk. Skjøting av dampsperran på byggeplass kan være vanskelig. I tillegg er det fare for skader på dampsperran under transport. Veggelementer leveres i de aller fleste tilfeller med vindsperre fra fabrikk, vindsperran gir derfor tilsvarende utfordringer. Videre skriver Edwardsen og Ramstad at faren for fuktskader øker betraktelig dersom tettesjiktene ikke er kontinuerlig tette. Og at kontinuerlige tettesjikt er avgjørende for et byggs endelige kvalitet.

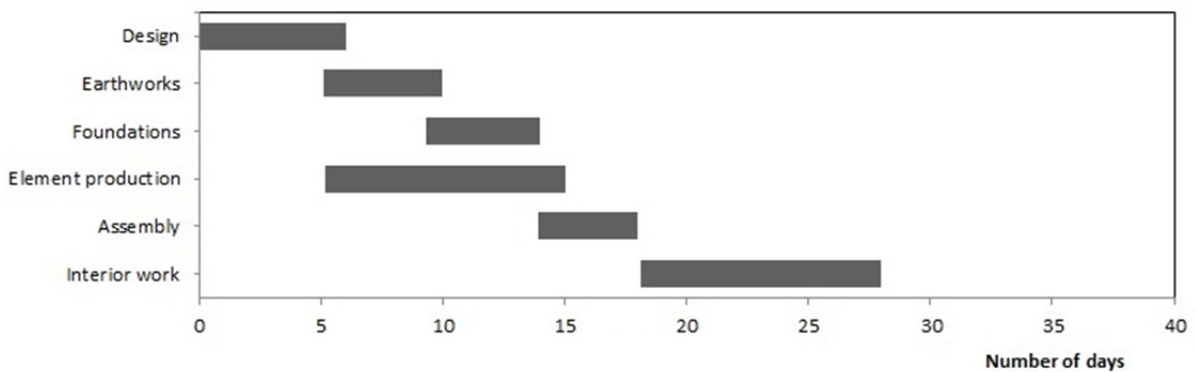
3.3.2 Tidsbruk

Kort byggetid betyr at eiere raskt kan ta i bruk og nyttiggjøre seg av bygget. Kort byggetid gir lavere kostnader, og ofte betyr det også mindre sannsynlighet for skader og ulykker. Derfor er redusert byggetid et av de viktigste argumentene for å benytte prefabrikkerte bygningselementer (Larsson og Simonsson, 2012). I tradisjonelle byggeprosjekter må grunnarbeider og fundamenter ferdigstilles før produksjon av selve bygget kan tilta. Ved bruk av prefabrikkerte elementer kan imidlertid produksjonen tilta så snart prosjekteringen har kommet langt nok (Anderson og Anderson, 2007).

Produksjon av byggelementene kan foregå på fabrikk samtidig som grunnarbeider foregår på byggeplassen. Når flere aktiviteter kan foregå parallelt på denne måten vil den totale byggetiden reduseres (Gibb, 1999). Dette er illustrert i de to fremdriftsplanene i Figur 3.5. Figur 3.5 a illustrerer tenkt fremdrift for oppføringen av et lite to-etasjers kontorbygg med tradisjonell plassbygging. Figur 3.5 b viser tenkt fremdrift for det samme bygget ved bruk av prefabrikkerte elementer.



a)



b)

Figur 3.5. Tenkt fremdriftsplan for oppføring av kontorbygg
a) Plassbygget b) Bygget med elementer (Basert på Gibb, 1999, s 34).

Ved produksjon på fabrikk kan det forventes en høyere produktivitet enn ved produksjon på byggeplass. En av grunnene til dette er at arbeidere arbeider i vante omgivelser. De vet hvor det nødvendige utstyret befinner seg og de har byggematerialene lett tilgjengelig (Anderson og Anderson, 2007). Siden produksjonen foregår innendørs vil ikke værforhold påvirke produksjonen. Nguyen et al. (2010) hevder at værforhold er en faktor som i stor grad påvirket produktiviteten i byggeprosjekter.

Som diskutert i *Kapittel 3.3.1: Kvalitet* er større grad av standardisering en av de potensielle fordelene med bruk av veggelementer. Standardisering av arbeidsoppgaver er et viktig verktøy for å øke kvalitet og minimere antall feil i produksjon. Men

standardiserte arbeidsoppgaver vil også føre til kortere produksjonstid. Når arbeiderne repeterer arbeidsoppgavene oppnås en læringseffekt og produksjonstiden reduseres (Liker og Meier, 2006).

Ettersom hvert byggeprosjekt er unikt med egne rammer og begrensninger er det vanskelig å sammenligne byggetid for ulike prosjekter. Friedman (2007) forsøkte imidlertid å sammenligne byggetidene for enkeltstående familieboliger i Canada. Hans resultater viser at boliger hvor det ble benyttet veggelementer i gjennomsnitt produseres 25 % raskere enn i tradisjonelle prosjekter. I studien tar Friedman (2007) utgangspunkt i totale antall produksjonsdager. Antall arbeidsdager på fabrikk adderes med antall arbeidsdager på byggeplass. Effekten av parallell produksjon er altså ikke medregnet.

Raskere produksjon samt parallell utførelse er argumenter som taler for redusert byggetid ved bruk av prefabrikkering. Imidlertid må elementene også monteres på byggeplassen. Omfanget av dette arbeidet avhenger av grad av prefabrikkering og hvor mye elementene må spesialtilpasses det spesifikke prosjektet (Gann, 2010). Edwardsen og Ramstad (2006) skriver at det tidligere var normalt å benytte små veggelementer med 1,2 meter bredde. I dag er det imidlertid vanligere med større elementer, noe som reduserer den totale montasjetiden. Dette er fordi størrelsen på elementene bare til en viss grad påvirker montasjetiden for hvert element (Edwardsen og Ramstad, 2006).

3.3.3 Kostand

I følge Gibb (1999) vil kostnader i byggeprosjekter være direkte relatert til prosjektets lengde. Et raskt gjennomført byggeprosjekt vil i de aller fleste tilfeller være et byggeprosjekt med lave kostnader. Baker (1991) skriver at utgifter som brakkerigg, inngjerding av område, vakthold, utstyr og lignende vil øke etter hvert som prosjektet skrider frem. Totale rentekostnader for prosjektet vil også stige med økt varighet, og et langt byggeprosjekt betyr at prosjekteier binder opp kapital over lengre tid (Edwardsen og Ramstad, 2006). Baker (1991) påpeker også at mange prosjekter opererer med dagmulkt for forsinket leveranse eller økonomisk belønning for ferdigstillelse før planlagt. I *Kapittel 3.3.2: Tidsbruk* ble det vurdert hvilke fordeler bruk av prefabrikkering kan ha for fremdriften i prosjektet. Dersom prefabrikkering kan redusere byggetiden vil også kostnadene reduseres.

“Time is money”

- Benjamin Franklin

Fabrikker som produserer bygningselementer vil normalt levere elementer til flere byggeplasser. Større produksjon gir stordriftsfordeler som reduserer marginalkostnaden. Lavere priser gjennom store innkjøp er en av fordelene større fabrikker kan dra nytte av (Gibb, 2001). Gibb påpeker også at stordriftsfordeler er en av forutsetningene for at

prefabrikasjon skal være økonomisk fordelaktig. Fabrikker som startes for å levere elementer til et mindre antall prosjekter vil i svært få tilfeller være lønnsomt. Dette på grunn av de store oppstartskostnadene og indirekte kostnader som må dekkes.

I følge Lædre et al. (2006) er usikkerhet en faktor som driver priser på byggeprosjekter opp. I prosjekter med stor usikkerhet må entreprenører ta høyere risikopremie, dermed øker totalkostnaden. Koskela (1999) skriver at bruk av prefabrikkerte elementer reduserer usikkerheten og gir en mer forutsigbar byggeprosess. På byggeplasser er det mange faktorer som varierer fra prosjekt til prosjekt. Dette gjør det vanskelig å estimere kostnadene. På fabrikker er det mindre usikkerheter i produksjonen. Mindre usikkerheter gir bedre erfaringstall, dermed kan pris og tidsbruk lettere estimeres (Waier og Charest, 2013). I henhold til Lædre (2006) vil redusert usikkerhet bidra til å redusere prisen på prosjektet.

Bruk av prefabrikkering vil redusere fleksibiliteten i byggeprosjekter (Tam et al., 2007). Samset (2008) kobler fleksibilitet og endringskostnader. Etter hvert som prosjektet skrider frem vil kostnader av endringer øke. Ettersom bruk av prefabrikkerte elementer krever tidlig låsing av designet kan sene endringer føre til store ekstrakostnader, dette diskuteres videre i *Kapittel 3.3.5: Fleksibilitet*.

Edwardsen og Ramstad (2006) skriver at sannsynligheten for tyverier og hærverk på byggeplassen reduseres når byggetiden kortes ned. Videre skriver de at mindre produksjon på byggeplassen gir mindre behov for oppbevaring av verktøy og utstyr. Gibb og Neale (1997) kommer til samme konklusjon i rapporten *Management of Prefabrication for Complex Cladding*. Denne rapporten bygger på case studier av to prosjekter som benytter prefabrikkerte veggelementer, hvor de undersøkte hvilke faktorer som påvirker kostnadene. I tillegg til redusert fare for tyveri gjorde de følgende funn:

Faktorer som kan øke kostnadene

- Elementene må designes med større styrke enn normalt for å tåle løft.
- Elementene må transporteres og det må tilrettelegges veier i forhold til vekt og svingradius. Dette gjelder både på og utenfor byggeplassen.
- Økt kranbehov.
- Prosjekteringen kan potensielt bli dyrere da den må ferdigstilles tidlig, med høyt detaljnivå.

Faktorer som kan redusere kostnadene

- Mindre behov for sikkerhetsutstyr som stillaser og lignende.
- Potensielt mindre feil og mindre reparasjoner.

Ved bruk av veggelementer oppstår nye ledd i produksjonsprosessen. Veggelementene må transporteres til byggeplass og monteres. Edvardsen og Ramstad (2006) skriver at selv om selve produksjonen kan være billigere må kostnad av transport og montasje også tas med i beregningen. Videre skriver Edvardsen og Ramstad at det er forholdsvis få leverandører av prefabrikkerte elementer. Dermed er det vanskeligere å utnytte konkurransen mellom leverandører til å oppnå optimal pris, leveransebetingelser og service.

3.3.4 Logistikk

*“The line between disorder and order lies in logistics”
- Sun Tzu*

I følge Veiset et al. (2004) er logistikk et område hvor byggenæringen har store potensialer for forbedring. Veiseth et al. skriver at logistikken på byggeplasser ofte planlegges for dårlig. Som en konsekvens av dette oppstår det en rekke utfordringer underveis i prosjektet. Eksempler på konkrete problemstillinger som kan oppstå er (hentet fra Veiseth et al., 2004, s. 44):

- Det er i liten grad tenkt gjennom hvordan materialer skal leveres, lagres, forflyttes og håndteres.
- Dårlig oversikt over materialer gjør at det blir bestilt mange hasteordrer fra byggeplassen.
- Det er ofte dårlig tilgjengelighet og fremkommelighet for biler og for å komme til med materialer som er lagret og skal forflyttes.
- Dårlig logistikkhåndtering gir rot på arbeidsplassen, noe som igjen gjør det vanskelig å holde oversikten.

Videre skriver Veiseth et al. at prefabrikkering av bygningsdeler kan bidra til å gjøre logistikken på byggeplassen lettere. Gibb og Neale (1997) skriver at det spesielt kan være hensiktsmessig å benytte veggelementer i tilfeller hvor byggeplassen er liten og har begrenset lagringsplass. Dette begrunnes med at veggelementer reduserer lagringsbehovet på byggeplassen, antall leverandører til byggeplassen reduseres også. Gibb og Neale (1997) påpeker imidlertid at bruk av prefabrikkerte veggelementer kan gi behov for økt krankapasitet.

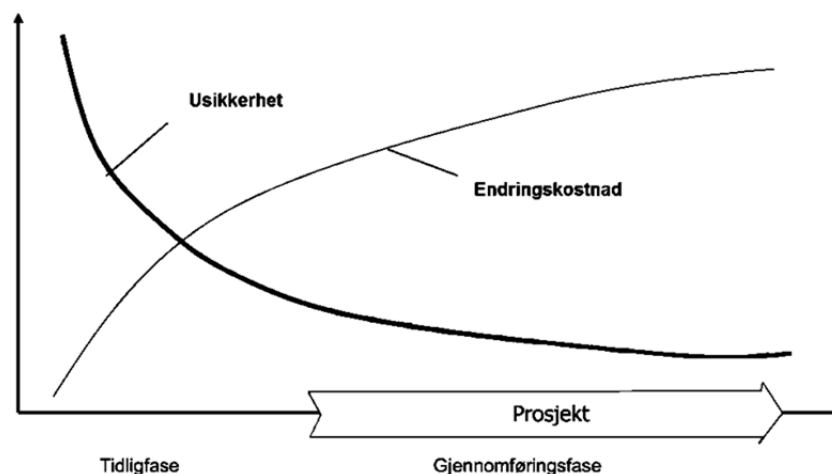
Behovet for personell på byggeplassen reduseres ved bruk av veggelementer. Koskela og Vrijhoef (2000) skriver at mindre personell og mindre materialer gjør det lettere å opprettholde en god logistikk på byggeplassen, noe som trolig vil resultere i høyere produktivitet.

3.3.5 Fleksibilitet

Å ha fleksibilitet i prosessen gir mulighet for å tilpasse gjennomføringen av byggeprosessen (Olsson, 2004). Basert på en studie av 18 store prosjekter konkluderer Olsson (2006) med at behovet for fleksibilitet i prosessen er stor. I de fleste prosjektene var det behov for tilpasninger underveis. Det kan være mange årsaker til at slike tilpasninger er nødvendig. Dårlig forarbeid kan gjøre at enkelte av kundens behov først avdekkes etter at prosjektet er satt i gang. I tillegg kan ny kunnskap kan medføre endringer i behovene som først ble avklart. I slike tilfeller er det nødvendig å gjøre endringer i prosjektet, da trengs det fleksibilitet (Olsson, 2006).

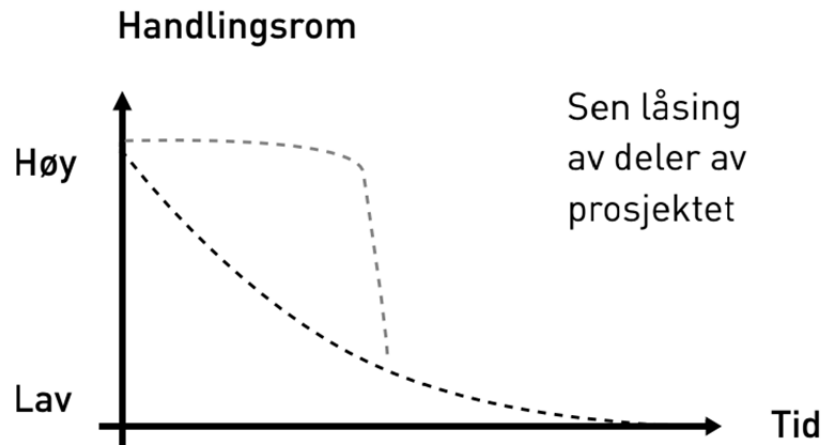
“All failure is failure to adapt, all success is successful adaptation”
- Max McKeown

Ofte er det ønskelig å ha mulighet til å gjøre endringer i prosjektet så lenge som mulig. Samset (2008) omtaler dette som påvirkningsmulighet og beskriver det som en av nøklene til suksess i prosjekter. I følge Samset reduseres påvirkningsmulighetene etter hvert som prosjektet skrider frem, beslutninger blir fattet, kontrakter blir inngått og arbeid blir utført. Samset beskriver også sammenhengen mellom påvirkningsmulighet og endringskostnader. Etter hvert som prosjektet skrider frem og produksjonen tiltar vil kostnadene av endringer øke raskt. Dette er illustrert i Figur 3.6.



Figur 3.6. Endringskostnad i prosjekter(Samset, 2008, s. 50).

Olsson (2006) diskuterer også viktigheten av å beholde påvirkningsmulighetene i prosjekter. En måte å oppnå dette på er å ikke låse designet i en tidlig fase, men holde deler av designet åpent for endringer. Dette gir et høyere handlingsrom, som illustrert i Figur 3.7.



Figur 3.7. Handlingsrom i prosjekter (Olsson, 2009, s. 16).

Som illustrert i Figur 3.7 kan påvirkningsmulighetene beholdes lenger, og endringskostnadene holdes nede ved sen låsing av deler av prosjektet. Tam et al. (2007) skriver imidlertid at ved bruk av veggelementer må store deler av designet låses på et tidlig stadium. Tam et al gjennomførte også en spørreundersøkelse blant eiere, entreprenører og konsulenter i byggenæringen. I spørreundersøkelsen ble utvalget spurt hva de mente var den største ulempen med prefabrikkering i byggenæringen. Mangel på fleksibilitet var svaret som ble valgt flest ganger.

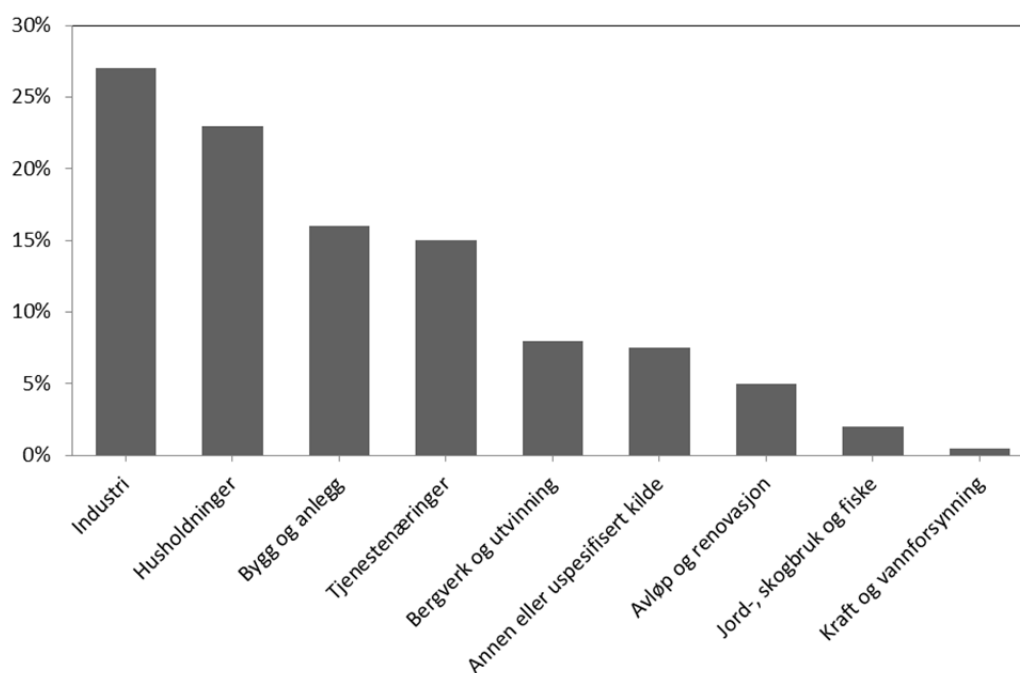
Bruk av bygningsinformasjonsmodeller (BIM) kan i følge Forbes og Ahmed (2011) redusere behovet for endringer i byggeprosjekter. Grunnen til dette er at BIM gjør det enklere å oppdage feil i designfasen. Forbes og Ahmed skriver at det kan kjøres egne krasjttester for å verifisere at bygningsdeler ikke kolliderer med hverandre. Videre skriver Forbes og Ahmed at tredimensjonal presentasjon av bygget gjør det enklere å oppdage feil i grunnlaget visuelt.

Etttersom BIM gir en tredimensjonal presentasjon av bygget er det lettere å visualisere det ferdige produktet på et tidlig tidspunkt (Eastman et al., 2008; Forbes og Ahmed, 2011). Dette gjør det mulig for kunden å vurdere designet på et tidlig tidspunkt. I følge Eastman et al. (2008) vil dette gjøre det lettere å forsikre seg om at kundens krav er oppfylt i designfasen. Dermed reduseres sannsynligheten for at det kommer ønsker om endringer senere i prosessen. Dette er en av grunnene til at Eastman et al. (2008) forventer at BIM vil bidra til økt utbredelse av prefabrikasjon i fremtiden.

Tradisjonelt har prefabrikkerte produkter også vært preget av standardisert utforming og lite rom for individuell tilpasning (Sørby, 1992). Bjørnfot og Sarden (2006) sine undersøkelser tyder imidlertid på at bransjen i større og større grad lar kunden tilpasse de prefabrikkerte produktene. Med mer fleksible produksjonsprosesser kan fabrikkene modifisere og tilpasse produktene etter kundens behov og dermed oppnå høyere verdiskapning for kunden.

3.3.6 Miljø

Avfall fra nybygging, rehabilitering og rivning av bygninger utgjør 16 % av de totale avfallsmengdene i Norge (Statistisk Sentralbyrå, 2010). Som vist i Figur 3.8 er industri og husholdninger de eneste kildene som avgir mer avfall en bygg- og anleggsnæringen. Produksjon av byggevarer alene står for om lag 7 % av det totale CO₂-utslippet i Norge (NHP, 2007).



Figur 3.8. Avfallsmengder i Norge etter kilde (Statistisk Sentralbyrå, 2010).

I den nasjonale handlingsplanen for bygg- og anleggsavfall for 2013-2016 er det nedfelt en målsetning om 70 % materialgjenvinning av avfall fra bygg- og anleggsnæringen innen utgangen av 2016 (NHP, 2013). I følge Tam et al. (2005) og Begum et al. (2010) kan det ved bruk av prefabrikkering oppnås høyere grad av resirkulering, fordi resirkulering er enklere å gjennomføre på fabrikk enn på en byggeplass.

Deler av byggematerialene som leveres på byggeplassen vil alltid ende opp som avfall. Holte (2013) tar utgangspunkt i 10 % svinn av materialer på byggeplass. I en fabrikk vil det imidlertid være enklere å begrense mengden avfall, for eksempel i form av avkapp fra materialer (Begum et al., 2009). I en ryddig og organisert fabrikk er det også større sannsynlighet for at materialer blir resirkulert (Tam et al., 2005).

I mange tilfeller vil det være enklere å kontrollere leveranser til en fabrikk enn til byggeplass, ofte vil også tilkomsten være lettere. Dette gjør det mulig å optimalisere transport og bruk av innpakning under transport (Tam et al., 2005). Det påpekes

imidlertid av Gibb (2001) at de ferdig produserte elementene også må fraktes til byggeplassen, beskyttelse og innpakning i denne fasen vil generere ekstra avfall.

Flere studier (Tam et al., 2005; Begum et al., 2010) hevder at mengden avfall på byggeplassen reduseres ved bruk av prefabrikkerte elementer. Dette er ønskelig i forhold til retningslinjene som er satt av det Europeiske Parlamentet. I henhold til deres rammeverk for avfallsbehandling skal første prioritet være å redusere mengden avfall. Først dersom dette ikke lar seg gjøre skal avfall forsøkes gjenbrukes eller resirkuleres (European Parliament, 2008). Studiene av Tam et al., (2005) og Begum et al., (2010) har imidlertid, som de selv påpeker, store svakheter i form av at de ikke tar hensyn til avfallet som blir generert utenfor byggeplassen. Altså blir ikke avfall på fabrikk vurdert. Studiene baserer seg også på produksjon av betongkonstruksjoner.

Guthrie et al. (1997) hevder det gir entreprenører konkurransefordeler og økonomisk vinning å minimere mengden avfall. I tillegg kan høy gjenvinningsgrad øke entreprenørers inntekter. Godt resirkulert materiale vil også være billigere å fjerne fra byggeplassen (Snook et al., 1995).

Ved bruk av prefabrikkerte elementer vil både støy- og støvnivået reduseres (Gibb, 1999). I følge Klima- og Miljødepartementet (2012) er *“støy et miljøproblem som rammer svært mange mennesker”* og *“bidrar til redusert velvære og mistrivsel”*. I retningslinjen for behandling av støy i arealplanlegging anbefalles det derfor at støy fra byggeplass begrenses så langt det lar seg gjøre, både for å skjerme publikum og arbeidere. I følge Gibb (1999) kan dette altså oppnås ved bruk av veggelementer.

Ved prefabrikkering av byggningsselementer må materialene først transporteres til fabrikk før de transporteres videre som elementer til byggeplassen. Dette øker transportlengden, og spesielt den siste etappen kan være energikrevende, siden det er begrensninger på hvor mange elementer som kan fraktes om gangen (Wong, 2012). Wong mener derfor at utslippene som følge av transport øker dersom det benyttes prefabrikkerte elementer. Gibb (1999) mener imidlertid utslippene fra transport kan reduseres ved bruk av prefabrikkerte elementer. Dersom en fabrikk ligger nært arbeiderenes hjemsted slipper alle arbeidere å reise frem og tilbake fra en avsidesliggende byggeplass. Dette kan bidra til å redusere de totale transportkostnadene.

3.3.7 SHA

Andersen et al. (2010) skriver at byggebransjen er den bransjen i Norge med høyest andell fraværsdager som følge av arbeidsuhell. Dette gjør byggebransjen til en av de farligste bransjene å arbeide i. Videre skriver Andersen at det har vært en tydelig nedgang i antall arbeidsuhell, men at forbedringspotensialet fortsatt er stort. I følge Gibb og Neale (1997) kan bruk av prefabrikkerte elementer bidra til å bedre denne statistikken. Dette fordi det er lettere å opprettholde en ryddig og oversiktlig

arbeidsplass innendørs, temperatur kan holdes konstant og vær og vind vil ikke påvirke produksjonen. Betongelementforeningen (1995) skriver at det er også lettere å legge til rette for gode arbeidsstillinger innendørs, noe som reduserer faren for uhell.

Bruk av prefabrikkerte elementer reduserer materialbehovet på byggeplassen, dermed er det lettere å opprettholde en ryddig arbeidsplass (Betongelementforeningen, 1995). Dette kan være avgjørende for sikkerheten. I følge Hislop (1999) er en ryddig byggeplass en av de viktigste faktorene for å unngå arbeidsulykker.

På prosjekter som benytter prefabrikkerte elementer er det redusert behov for arbeid i høyden. Bygningsdeler som normalt ville blitt bygget i høyden kan produseres på fabrikk før de monteres med kran på byggeplassen. Dette gir færre arbeidstimer i høyden, noe som reduserer sannsynligheten for fallulykker (Gibb, 2001).

Som omtalt i *Kapittel 3.3.1: Kvalitet* gjør bruk av prefabrikkering det lettere å standardisere arbeidsoppgaver. I følge Liker og Maier (2006) vil standardisering av arbeidsoppgaver redusere sannsynligheten for arbeidsuhell betraktelig. Dette fordi arbeidere gjennomfører kjente arbeidsoppgaver og benytter kjent utstyr.

3.3.8 Transport

I følge Berg (2008) kan det på store prosjekter være hensiktsmessig med feltfabrikker på byggeplassene, men slike tilfeller tilhører unntakene. I de fleste tilfeller vil vegg-elementer produseres på fabrikker som ikke er i direkte tilknytning til byggeplassen. Dermed oppstår behov for transport, noe som setter begrensninger på elementenes størrelse (Betongelementforeningen, 1995).

Spesielt dersom bygningselementene er så store at de krever spesialtransport må kostnadene av dette vurderes opp mot nytten av prefabrikkering. I henhold til Samferdselsdepartementets *Forskrift om nærmere bestemmelser om tillatte vektorer og dimensjoner for offentlig vei* er maksimal bredde er 2,55 meter og maksimal høyde er 4 meter (Samferdselsdepartementet, 2014). Ved transport av elementer med størrelser utover dette krevers dispensasjon fra Statens Vegvesen. Transport som krever spesiell dispensasjon kan være kostbart og i følge Gibb (1999) bør det da vurderes hvorvidt prefabrikkering er hensiktsmessig for prosjektet.

Gibb (1999) poengterer at det ofte er ønskelig med stor størrelse på bygningselementene. Som omtalt tidligere vil økt størrelse i liten grad påvirke montasjetiden til hvert element. Dette betyr at større elementer gir raskere oppføring av bygget. Større elementer er imidlertid dyrere å frakte, derfor må det gjøres en avveining mellom størrelse og transportkostnader (Gibb, 1999).

3.3.9 Utvikling i markedet

Sørby (1992) skriver at bygningselementer i Norge stort sett har blitt benyttet i boligbygg. Videre skriver Sørby at utbygging av boliger med bruk av bygningselementer har spesielt vært viktig i tidene etter de to verdenskrigene. Dette var perioder hvor underskuddet på boliger var stort, og det var behov for rask og billig oppføring av nye boenheter (Sørby, 1992). I tiden etter andre verdenskrig ble det gjort store utbygginger ved bruk av bygningselementer. Eksempler på dette er de store utbyggingene i drabantbyene på 1960-tallet (Berg, 2008). Parallelt med de store utbyggingene i drabantbyer som Groruddalen i Oslo ble millionprogrammet gjennomført i Sverige (Lessing, 2008). Millionprogrammet innebar en utbygging av en million leiligheter over ti år. Både millionprogrammet og utbyggingen i Groruddalen var prosjekter som i grad var preget av prefabrikking (Berg, 2008; Lessing, 2008). I følge Sørby (1992) og Berg (2008) falt imidlertid etterspørselen etter prefabrikerte trekonstruksjoner etter nedgangen i byggeaktivitet på slutten av 1980-tallet.

Berg (2008) og Schmidt (2009) er de to nyeste omfattende rapportene som diskuterer markedsutviklingen for elementbygging i Norge. I 2008 skrev Berg at satsningen på elementbygging i Norge var økende. Dette til tross for at rapporten ble ferdigstilt på et tidspunkt hvor den økonomiske situasjonen var svært usikker.

Selv om Berg (2008) registrerte en økning i satsningen på bygningselementer er utbredelsen i Norge i følge Schmidt (2009) relativ liten. Schmidt skriver at *“det synes å være en allmenn oppfatning at industrialiseringen av boligbyggingen i Norge har kommet kort sammenlignet med andre”* (Schmidt, 2009, s. 48). Schmidt går langt i å antyde at den lave utbredelsen skyldes en generell negativitet til de standardiserte boligene som ble bygget på 60- og 70-tallet. I Sverige er imidlertid utbredelsen atskillig større. Bjørnfot og Sarden (2006) og Apleberger et al. (2007) skriver at Sverige er blant foregangslandene når det kommer til prefabrikking av bygningselementer.

Berg (2008) gjennomførte intervjuer med nøkkelpersoner i norsk byggenæring. I referatene fra disse intervjuene kommer det frem at flere ser på industrialisering av byggeprosessen som nøkkelen til reduserte kostnader i byggenæringen. Dette samsvarer med resultatene til Schmidt (2009), som skriver at *“ønsket om økt industrialisering i dag henger sammen med ønsket om å produsere gode og rimeligere boliger gjennom større og mer effektiv produksjon”* (Schmidt, 2009, s. 9).

Også Kristoffersen et al. (2007) konkluderer med at det er ambisjoner om å øke industrialiseringsgraden i Norsk byggenæring. I en undersøkelse blant bedrifter i Hedmark og Oppland var det nærmest samstemt at det er behov for økt grad av industrialisering. Kristoffersen et al. skriver videre at flere drivkrefter peker i retning av økt produksjon på fabrikk. Økte krav med hensyn til energi, brannsikkerhet og miljø trekkes frem som en viktig drivkraft. Mangel på kvalifisert arbeidskraft nevnes også.

KAPITTEL 4: RESULTATER

4. RESULTATER

4.1. FABRIKKER OG PROSJEKTER

4.1.1. Fabrikker

4.1.2. Byggeprosjekter

4.2. CASESTUDIER

4.2.1. Fabrikk 1: Skanska Husfabrikken

4.2.2. Fabrikk 2: Støren Treindustri

4.2.3. Prosjekt 1: Gjønnes Gård

4.2.4. Prosjekt 2: Hårstadhaugen

4.3. INTERVJUER

4.3.1. Byggherre

4.3.2. Arkitekt

4.3.3. Leverandør

4.3.4. Entreprenør

4.3.5. Transportansvarlig

4.4. SPØRREUNDERSØKELSE

I dette kapittelet presenteres resultatene fra casestudiene, intervjuene og spørreundersøkelsen, men først kommer en kort presentasjon av de viktigste fabrikkene og prosjektene som ligger til grunn for datainnsamlingen. I henhold til Olsson (2011) sine anbefalinger er resultatene forsøkt fremstilt nøytralt og uten egne kommentarer. For å skape et sammenligningsgrunnlag er hvert delkapittel så langt det lar seg gjøre kategorisert på samme måte som Kapittel 3.3: Veggelementer. Inndelt etter parameterne kvalitet, tidsbruk, kostnad, logistikk, fleksibilitet, miljø og SHA.

4.1 FABRIKKER OG PROSJEKTER

To fabrikker og fem byggeprosjekter danner hovedgrunnlaget for datainnsamlingen til denne rapporten. Her gis en kort presentasjon av disse. En grundigere beskrivelse av prosjektene og fabrikkene finnes i rapportens bilag [Bilag A]. I tillegg til studieobjektene som er beskrevet her er det også gjennomført en spørreundersøkelse blant beboere i to ferdigstilte byggeprosjekter. Disse prosjektene introduseres kort i *Kapittel 4.4: Spørreundersøkelse*.

4.1.1 Fabrikker

Det ble gjennomført casestudier av to fabrikker. Nøkkelinformasjon om disse er gitt i Tabell 4.1. Under følger en kort beskrivelse av fabrikkene.

Tabell 4.1: Nøkkelinformasjon fabrikker

	Fabrikk 1: Skanska Husfabrikken	Fabrikk 2: Støren Treindustri
Plassering:	Steinkjer	Støren
Omsetning:	200 MNOK/år	290 MNOK/år
Eier:	Skanska Norge	Kjeldstad Trelast
Produkter:	Elementer, byggmoduler, takstoler	Elementer, prekapp, takstoler

Skanska Husfabrikken er med en årlig omsetning på om lag 200 millioner kroner en av Norges ledende produsenter av prefabrikkerte trekonstruksjoner. Fabrikken holder til i Steinkjer og leverer elementer over hele landet. Skanska Husfabrikken leverer vegg-elementer både til bolig og næringsbygg. Boligbygg utgjør om lag halvparten av prosjektene. Næringsbygg utgjør den andre halvparten. Skoler og barnehager er de vanligste formene for næringsbygg.

Støren Treindustri ble etablert i 1969 og holder til på Støren i Sør-Trøndelag. Fabrikken leverer årlig over 70 000 m² med prefabrikkerte vegger. De siste årene har Støren

Treindustri investert stort i nytt utstyr, og er ledende i Norge når det gjelder automasjon og industrialisering av tømrerarbeider. I tillegg til veggelementer leverer også fabrikken etasjeskillere, takelementer, takstoler og prekapp. Fabrikken leverer ikke byggmoduler eller andre volumetriske elementer. Boligprosjekter står for den største delen av Støren Treindustri sin omsetning. I senere år har de imidlertid økt satsningen på næringsbygg, spesielt innenfor skoler og barnehager.

4.1.2 Byggeprosjekter

Gjennom intervju rundene og casestudiene ble det hentet informasjon fra fem ulike byggeprosjekter. Nøkkelinformasjon om prosjektene finnes i Tabell 4.2. Det ble gjort casestudier av de to første prosjektene. Intervjuer ble gjennomført i alle fem prosjektene.

Tabell 4.2: Nøkkelinformasjon prosjekter

	<i>Prosjekt 1:</i> Gjønnnes Gård	<i>Prosjekt 2:</i> Hårstad- haugen	<i>Prosjekt 3:</i> Lerkendal Hotell	<i>Prosjekt 4:</i> Horneberg- tunet	<i>Prosjekt 5:</i> Moholt Aktiv
Type:	Bolig	Bolig	Hotell	Bolig	Bolig
Entreprise:	Egenregi	Total	Total	Egenregi	Egenregi
Byggherre:	Skanska	OBOS	AB Invest	Veidekke**	Veidekke
Entreprenør:	Skanska	Trebetong	Hent	Veidekke	Veidekke
Leverandør:	Skanska Husfabrikken	Støren Treindustri	Skanska Husfabrikken	Støren Treindustri	Optimera Byggsystem
Ferdigstilt:	April 2014*	Sept 2014*	Juli 2014*	Vår 2014*	Feb 2013
Elementtype:	Lukkede	Åpne	Åpne	Åpne	Åpne

* Planlagt ferdigstillelse

** Veidekke leder prosjektet, men OBOS har 50 % av eierandelen

Gjønnnes Gård er et boligprosjekt gjennomført i egenregi av Skanska. Prosjektet består av tre byggetrinn. Denne rapporten tar for seg det første byggetrinnet. Prosjektet benyttet lukkede veggelementer levert av Skanska Husfabrikken. Elementene var komplette med innvendig og utvendig kledning. Kun sparkling og maling innvendig ble gjennomført på byggeplassen.

Hårstadhaugen er et prosjekt bestående av 24 nye leiligheter fordelt på seks boliger. Prosjektet gjennomføres som totalentreprise i regi av Obos. Trebetong Entreprenør er totalentreprenør for prosjektet, entreprisestørrelsen er på 40 MNOK. Prosjektet

benyttet åpne veggelementer. Disse bestod av bindingsverk, isolasjon, vindsperre og utvendig kledning. På byggeplassen ble det montert dampsperre, ekstra isolasjonssjikt og innvendig kledning

Lerkendal Hotell og Kongressenter består av 25.000 kvadratmeter hotell og 10.000 kvadratmeter kontor og kongressenter. Hoteldelen består av om lag 400 rom, fordelt på 20 etasjer. Med en høyde på 75 meter er dette Norges tredje høyeste bygning (Daler, 2010). Prosjektet benyttet åpne veggelementer levert av Skanska Husfabrikken. Elementene bestod av bindingsverk, isolasjon, vindsperre og utlekting. Dampsperre, ekstra isolasjonslag samt innvendig og utvendig kledning ble montert på plassen.

Hornebergtunet Rekkehus er et prosjekt bestående av 47 boliger fordelt på ni rekkehus. Prosjektet gjennomføres i regi av Veidekke Eiendom og Obos. Veidekke Entreprenør er totalentreprenør for prosjektet. Prosjektet benyttet åpne veggelementer levert av Støren Treindustri. Elementene bestod av bindingsverk, isolasjon, vindsperre og utvendig kledning. På byggeplassen ble det montert dampsperre, ekstra isolasjonssjikt og innvendig kledning.

Moholt Aktiv er et prosjekt bestående av tre boligblokker som utgjør 39 leiligheter. To av boligblokkene er identiske. Den siste er en speiling av de to andre. Grunnet få tilgjengelige fagarbeidere måtte prosjektet gjennomføres med veggelementer. Dette var en avgjørelse som ble fattet forholdsvis sent i prosessen. Prosjektet benyttet åpne veggelementer levert av Optimera Byggsystem. Disse bestod av bindingsverk, isolasjon, vindsperre, og utvendig kledning. Dampsperre og innvendig kledning ble montert på byggeplassen. De tre blokkene har et bæresystem av betong. I første etasje er veggelementene festet til fundamentet ved hjelp av styresviller. I etasjene over er veggelementene festet til betongdekket ved bruk av stålvinkler.

4.2 CASESTUDIER

Denne rapporten innhenter data fra totalt fire casestudier. I dette delkapittelet presenteres resultatene fra disse. Først presenteres resultatene fra to casestudier hos leverandører av veggelementer. Deretter presenteres resultatene fra casestudier av to byggeprosjekter. Bakgrunnsinformasjon om leverandørene og prosjektene finnes i rapportens bilag [Bilag A.1-A.4].

4.2.1 Fabrikk 1: Skanska Husfabrikken

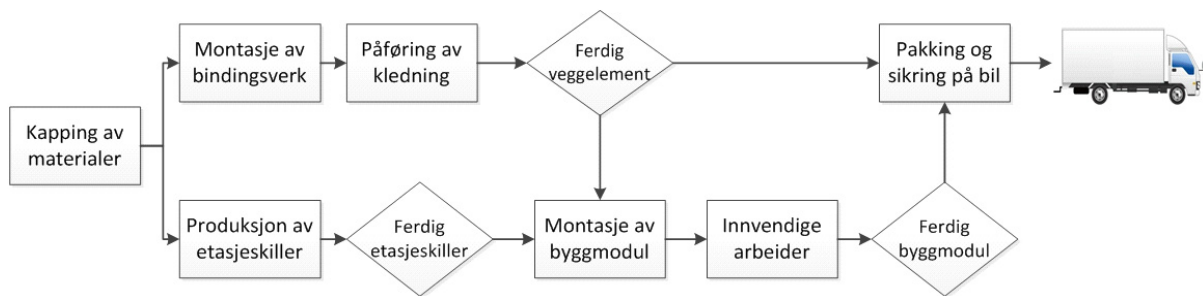
Her presenteres de viktigste resultatene fra casestudiet som ble gjennomført ved Skanska Husfabrikken.

Produksjon

Produksjonen på fabrikkens foregår i arbeidsstasjoner. Hver arbeider er plassert på en arbeidsstasjon, og hver arbeidsstasjon er ansvarlig for en mindre del av produksjonen. For eksempel er det egne stasjoner for kapping av materiale, montasje av bindingsverk, påføring av kledning, osv. Dette gjør at arbeiderne stadig repeterer sine arbeidsoppgaver. I følge teknisk ansvarlig ved fabrikkens er dette med på å redusere raten av feilproduksjon i fabrikkens. Ettersom hver arbeidsstasjon til en hver tid produserer det samme produktet er produksjonen meget forutsigbar. Det er enkelt å forutse hvilke materialer og verktøy som trengs hvor.

Produksjon av selve veggelementene foregår i tre arbeidsstasjoner. Først kappes de nødvendige materialene til riktig lengde. Deretter monteres bindingsverket med vinduer, dører, isolasjon og tettesjikt. I denne fasen gjøres det også utsparinger og eventuelle trekkerør og punkter for elektro monteres. Til slutt monteres kledningen utvendig og eventuelt innvendig.

Skanska Husfabrikken produserer også byggmoduler. I produksjonen av byggmoduler benyttes de prefabrikkerte veggene sammen med prefabrikkerte etasjeskillere. Dette monteres sammen til hele moduler. Senere gjøres også innvendige arbeider som maling, elektriske arbeider og montering av klosett, vask, etc. Hvor mye innvendige arbeider som gjøres avhenger av ønsket prefabrikkingsgrad. En forenklet modell av fabrikkens produksjonsprosess er vist i Figur 4.1. Parallelt med denne prosessen produseres det også takstoler i en egen produksjonslinje.



Figur 4.1. Produksjonsprosess Skanska Husfabrikken.

Alle veggelementene på fabrikken produseres liggende for å øke produktiviteten. Som vist på Figur 4.2 benyttes egne montasjebenker som bindingsverket festes i. Dette gjør det enklere å feste bindingsverket. Det gjør det også enkelt å oppnå gode arbeidsstillinger når det arbeides med elementene.



Figur 4.2. Montasjebenk for montering av bindingsverk.

Fabrikken fremstår som ryddig og oversiktlig. Teknisk ansvarlig ved fabrikken forklarte at dette hadde vært et fokusområde de siste årene. Spesielt hadde det vært fokusert på at utstyr alltid skulle være tilgjengelig og lett å finne. Derfor benyttes det egne tavler for verktøy som vist på Figur 4.3. Dette gjør at arbeiderne ikke bruker unødvendig tid på å lete etter riktig verktøy.



Figur 4.3. Tavle for verktøy.

Det er over fire år siden forrige arbeidsuhell som medførte fravær ved Skanska Husfabrikken. Salgssjefen ved fabrikken mente at det var flere viktige grunner til dette. Lite arbeid i høyden, produksjon i kontrollert klima, samt forutsigbar og oversiktlig produksjon var nevnt som de viktigste. Tidligere hadde de opplevd uønskede hendelser hvor elementer hadde røket og falt. Det er derfor gjort tiltak for å unngå at slike hendelser skal medføre skader på personell og materiale. Det monteres nå løftklosser [Figur 4.4] på alle elementer som produseres for å hindre at elementene faller. Det er også nulltoleranse for arbeid under hengende last i fabrikken.



Figur 4.4. Løftkloss.

Resirkulering er et område som Husfabrikken har spesielt fokus på. Ved å plassere resirkuleringsstasjoner i områder hvor det genereres mye avfall er det enklere å oppnå høy sorteringsgrad. Figur 4.5 viser eksempel på en slik resirkuleringsstasjon. Ved Skanska Husfabrikken er sorteringsgraden over 90 %.



Figur 4.5. Resirkuleringsstasjon.

Logistikk

De fleste elementene som produseres på Husfabrikken leveres til prosjekter på Østlandet. I de aller fleste tilfeller transporteres elementene på biler. I følge salgssjefen kan det fraktes elementer med lengde opp til tolv meter uten spesiell tillatelse fra politiet. De fleste elementene som fraktes er imidlertid mellom åtte og ni meter.

Skanska Husfabrikken ligger plassert like ved havnen i Steinkjer. Dette gir mulighet til å frakte elementer med båt om det skulle være ønskelig. Det er i hovedsak ved transport av bygningsmoduler at det benyttes båttransport. Men det kan også benyttes dersom det skal fraktes store veggelementer. I noen tilfeller blir det også valgt båttransport på grunn av prosjektets geografiske plassering.

Salgssjef ved fabrikken anslo at kostnader i forbindelser med transport normalt utgjør om lag 10 % av prisen på elementene. For å minimere transportkostnadene er det ønskelig å laste flest mulig elementer på hver bil. Vanlig mengde er mellom 8 og 16 elementer på hver bil. Bilens kapasitet er avhengig av tykkelsen på elementene. Spesielt dersom det bygges passivhus med stor isolasjonstykkelse reduseres bilen kapasitet, og dermed øker transportkostnadene.

Skanska Husfabrikken har minimum tolv ukers leveringstid på veggelementer. Ved spesielle behov er det likevel mulig å produsere enkeltelementer på kort varsel. Feil og mangler eller skader på elementer kan være eksempler på situasjoner hvor slike tiltak er nødvendig. I de fleste slike tilfeller løses imidlertid problemet på byggeplassen.

Fabrikken fører ikke statistikk på antall feilproduksjoner. Teknisk ansvarlig ville heller ikke å anslå hvor ofte det måtte gjøres utbedringer som følge av produksjonsfeil. Det ble sagt at *“de fleste feil retter arbeiderene selv, uten at problemet løftes opp i systemet”*. Derfor er det vanskelig å gi estimat på antall produksjonsfeil. Teknisk ansvarlig mente imidlertid at feilraten reduseres som følge av at arbeidet standardiseres.

4.2.2 Fabrikk 2: Støren Treindustri

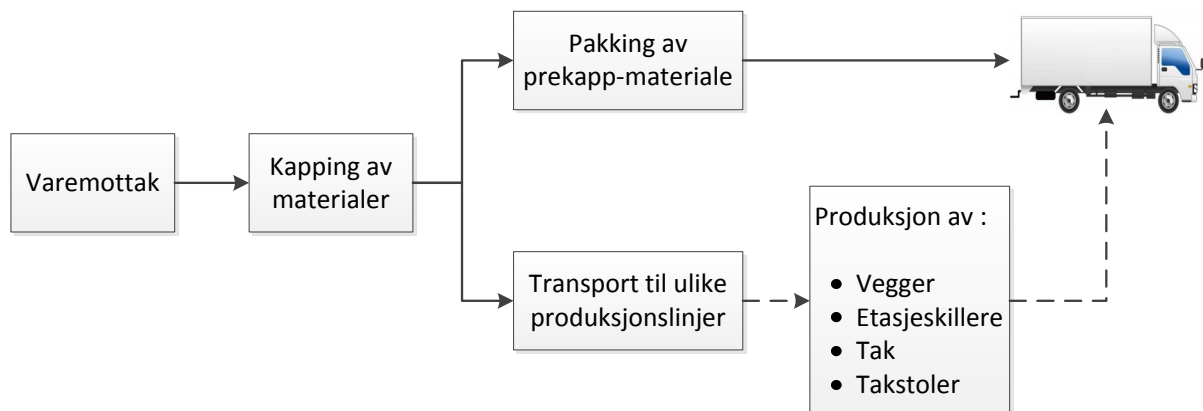
Her oppsummeres resultatene fra casestudiet som ble gjennomført på Støren Treindustri.

Produksjon

Støren Treindustri produserer ulike produkter i flere produksjonslinjer. Fabrikken har svært automatiserte produksjonslinjer for produksjon av yttervegger, innervegger, etasjeskillere, og takstoler. I tillegg produseres det takelementer i en egen produksjonslinje som i større grad er preget av manuelt arbeid.

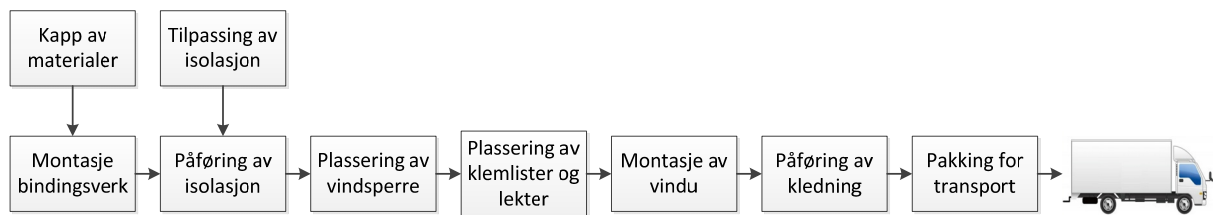
Figur 4.6 gir en oversikt over den overordnede organiseringen og materialhåndteringen i fabrikken. Tre helautomatiserte kappemaskiner kapper alt av materialer for fabrikken. Ingeniørene hos Støren Treindustri produserer selv tegninger av byggene. Fra disse tegningene henter kappemaskinene ut kapplister for hvert bygg. Arbeiderne på fabrikken mater maskinene med trevirke. Deretter foregår kapping og merking av materialene automatisk. Maskinene er programmert til å minimere mengden avkapp. I gjennomsnitt går 3-4 % av trematerialet med til avkapp.

Støren Treindustri leverer også prekapp-systemer. Etter kapping pakkes og sendes dette direkte til byggeplasser. I følge administrerende direktør på fabrikken er imidlertid etterspørselen etter prekapp synkende. Mesteparten av det kappede materialet benyttes derfor i en av produksjonslinjene på fabrikken. Da frakter arbeiderne materialet til den respektive produksjonslinjen etter kapping, som illustrert i Figur 4.6.



Figur 4.6. Produksjonsprosess Støren Treindustri.

Støren Treindustri leverer over 70 000m² prefabrikkerte vegger årlig. Yttervegger står for om lag 45 000 m² av denne produksjonen. Produksjonslinjen for yttervegger er preget av stor automatiseringsgrad. En modell av denne produksjonslinjen er vist i Figur 4.7.



Figur 4.7. Modell av produksjonslinjen for yttervegger.

Produksjonslinjen for yttervegger er organisert som et samlebånd hvor elementene stopper i ulike stasjoner. Når en arbeidsstasjon ferdigstiller arbeidet dyttes elementene videre ned samlebåndet. I det følgende forklares det nærmere hvordan arbeidet i hver arbeidsstasjon foregår.

På første stasjon monteres bindingsverket. Personen som bemanner stasjonen legger på plass topp og bunnsvill på montasjebenkene. Deretter plasseres stendere mellom svillene. Selv om stenderne plasseres manuelt skjer finjustering av plasseringen automatisk. Dette sikrer at hver stender festes nøyaktig på riktig plass. Etter at stenderen er plassert riktig mellom topp- og bunnsvill festes bindingsverket automatisk av to spikermaskiner. Maskinene har kapasitet på seks spikere i sekundet, og festingen av hver stender tar mindre enn et sekund.

Kapping av isolasjon er den minst automatiserte prosessen i produksjonslinjen. Kappingen gjøres manuelt før isolasjonen legges på plass i bindingsverket. Figur 4.8 viser stasjonen for kapping av isolasjon som foregår på et nivå over samlebåndet. I forgrunnen vises stasjonen hvor bindingsverket monteres og spikermaskinene som fester stendere og sviller sammen.



Figur 4.8. Stasjon for montering av bindingsverk og stasjon for kapping av isolasjon.

Etter at isolasjonen er plassert i bindingsverket rulles elementene videre ned samlebåndet for plassering av vindsperre. Vindsperren rulles automatisk over elementene. Deretter plasserer en arbeider klemlister og lekter. En automatisk spikermaskin fester disse til bindingsverket. Figur 4.9 viser elementer med vindsperre, klemlister og lekter. Over elementene henger spikermaskinen som spikrer dette fast til bindingsverket.



Figur 4.9. Spikermaskin fester klemlister og lekter til bindingsverket.

Montasje av vinduer gjøres etter at lekter er montert. Vinduene leveres ferdig til fabrikk og løftes på plass ved hjelp av maskin. Selve innfestningen gjøres manuelt av to arbeidere. Etter at vinduene er installert påføres utvendig kledning. Arbeiderne legger kledningen på plass, og en automatisk spikermaskin fester denne til bindingsverket. Kapping av kledningen foregår også automatisk. Dette gjøres av maskin etter at kledningen er festet. Kapping etter at kledningen er festet sikrer rette kanter rundt vinduer og dører.

Montering og kapping av utvendig kledning er det siste som gjøres på elementet. Etter dette blir elementet automatisk kledd med plast for beskyttelse. Plasten blir også automatisk stiftet fast til elementet. Deretter løftes elementet av samlebandet og er klar for transport til byggeplass [Figur 4.10].



Figur 4.10. Yttervegelement klar for transport til byggeplass.

Støren Treindustri leverer også en stor mengde lydvegger og bærende innervegger. Disse produseres i en egen produksjonslinje. Denne produksjonslinjen er en forenklet utgave av produksjonslinjen for yttervegger. Innerveggene har verken utvendig kledning, vinduer eller dører. Derfor har produksjonslinjen noe færre arbeidsstasjoner og er noe kortere. Figur 4.11 viser produksjonslinjen for lydvegger og bærende innervegger. Ettersom produksjonslinjen er svært lik produksjonslinjen for yttervegger er den ikke beskrevet i detalj her.



Figur 4.11. Produksjonslinje for lydvegger og bærende innervegger.

Logistikk

Nesten all transport av elementer fra Støren Treindustri foregår på bil. I noen svært få tilfeller kan det benyttes båt, men dette er sjeldent ønskelig ettersom det medfører ekstra runder med omlastning. I gjennomsnitt utgjør transport 6-7 % av salgsprisen på elementer som leveres fra fabrikk.

Støren Treindustri har minimum tolv ukers leveringstid på elementer. Hovedgrunnen til dette er at bestillinger til deres underleverandører, for eksempel leverandør av vinduer, må legges inn på dette tidspunktet. Dersom det skulle oppstå umiddelbare behov for å erstatte elementer med feil eller skader har fabrikk mulighet til å produsere dette på kort tid. I flere tilfeller har elementer blitt levert på en dags varsel, i slike tilfeller vil det dog ikke være tid til å sette inn vinduer og dører før levering.

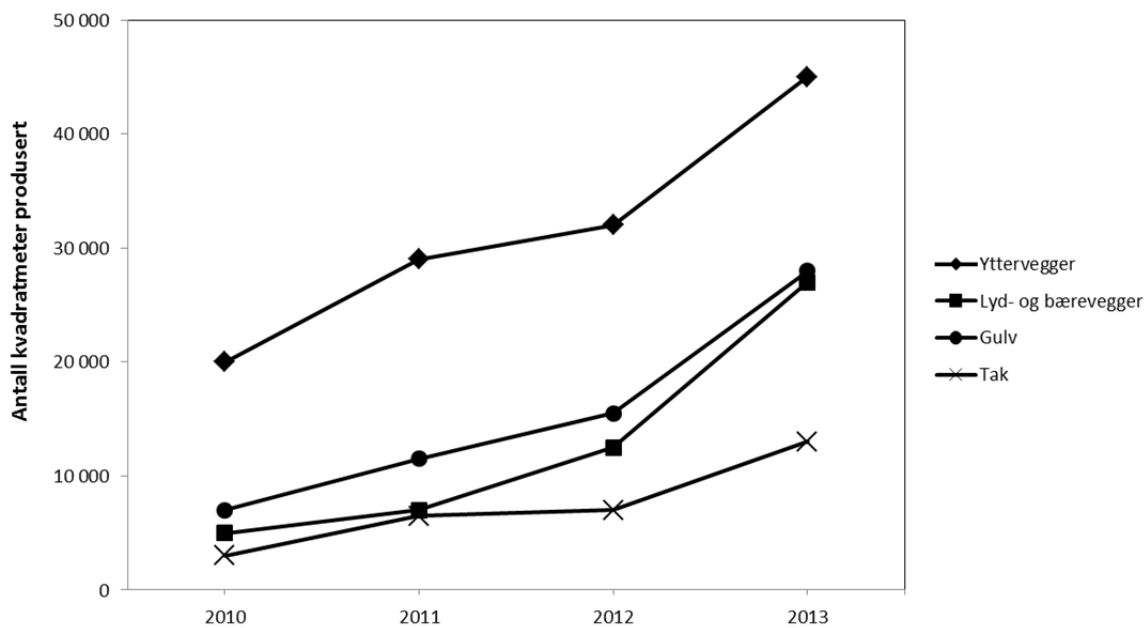
På produksjonslinjen for yttervegger kan det produseres elementer med høyde opp til 3,2 meter. I utgangspunktet er det ingen begrensninger når det kommer til lengde på elementene, men av praktiske grunner produseres det sjeldent elementer over tolv meter. Elementer større enn dette blir ofte vanskelig å håndtere under løft. I tillegg er det kostbart å transportere elementer med lengde over tolv meter.

Støren Treindustri har kapasitet til å produsere 1000 boliger per år. Produksjonslinjen for yttervegelementer produserer i gjennomsnitt 24 m² yttervegg hver time. På denne produksjonslinjen arbeider det ni mann. Kapasiteten er altså 2,67 m²/timeverk. Dette gir en enhetstid på 0,38 timeverk/m².

Utvikling

Ved Støren Treindustri har det vært en stor økning i produksjonen de siste årene. Bedriften fikk utmerkelsen Gaselle bedrift i 2013. Denne utmerkelsen gis til bedrifter

med jevn vekstkurve og ryddig økonomi. Veksten fabrikken har opplevd de siste årene gjenspeiles i Figur 4.12. Figuren viser produksjonsutviklingen for bedriften de siste fire årene, målt i kvadratmeter produserte elementer.



Figur 4.12. Produksjonsutvikling Støren Treindustri
(Etter Støren Treindustri, 2013, s. 12).

Av figuren kan vi se at alle deler av produksjonen har økt de siste årene. Spesielt er det en kraftig økning i produksjon av innvendige vegger. I 2010 utgjorde lyd- og bærevegger en liten del av produksjonen, om lag 4 000 m² i året. I 2013 hadde imidlertid produksjonen økt til nærmere 30 000 m² i året. Administrerende direktør ved fabrikken mener dette skyldes at entreprenører ønsker større grad av prefabrikking, og mindre arbeid på byggeplassen. Tidligere var entreprenører opptatt av yttervegger, for å kunne lukke byggene raskt. Nå ønsker det også ferdige innvendige vegger for å redusere arbeidet på byggeplassen ytterligere. Dette kan også forklare den kraftige økningen i produksjon av gulvelementer.

Tidligere leverte fabrikken mye prekapp som ble benyttet til innvendige arbeider. Imidlertid kunne administrerende direktør ved fabrikken fortelle at etterspørselen etter prekapp har blitt betydelig redusert de siste årene, og at ferdige elementer ser ut til å ta over for dette.

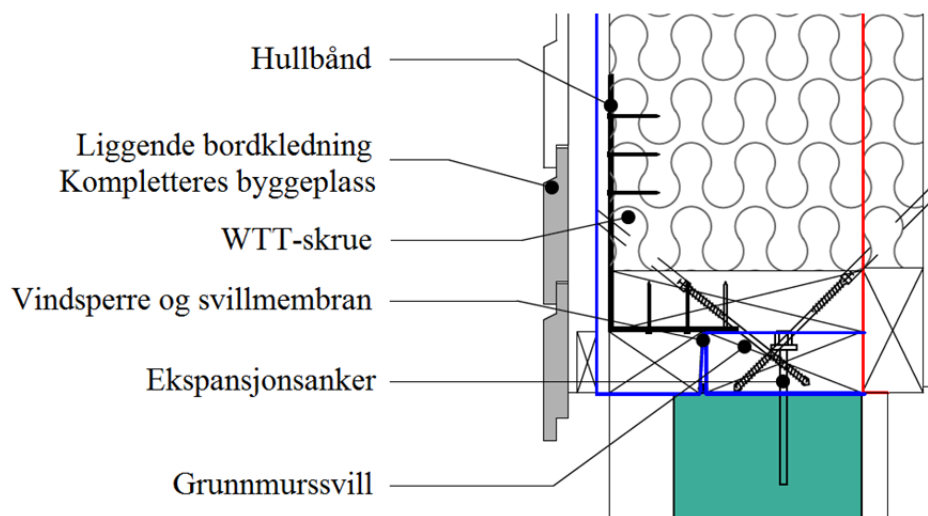
4.2.3 Prosjekt 1: Gjønnes Gård

Her oppsummeres resultatene fra casestudiet på Gjønnes Gård, som tok for seg det første byggetrinnet i prosjektet.

Veggelementene

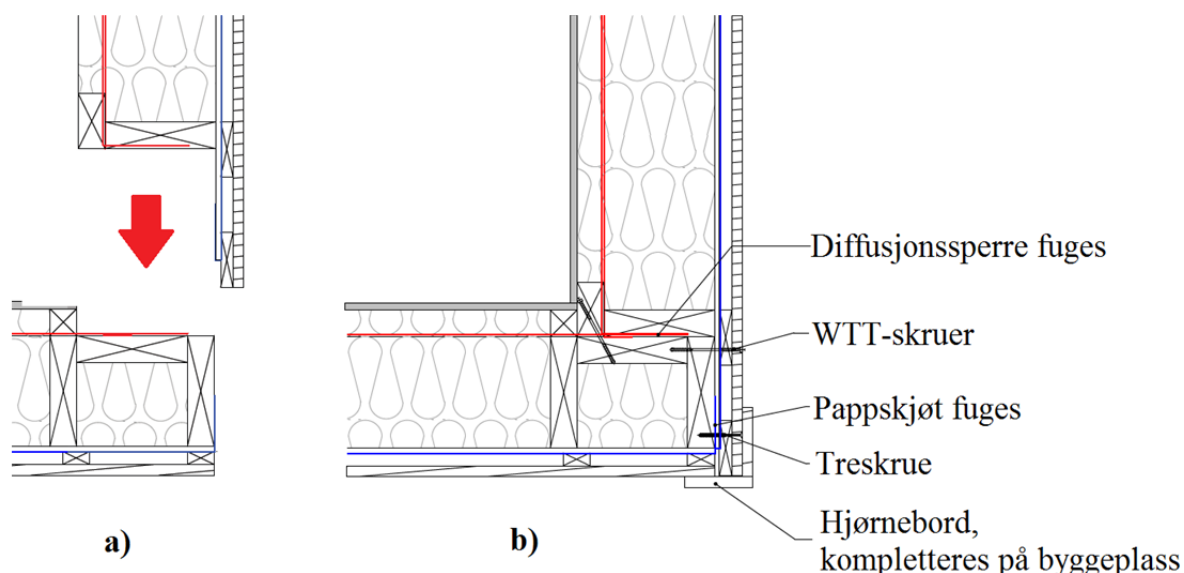
Veggelementene til prosjektet på Gjønnes Gård ble levert av Skanska Husfabrikken, og ble fraktet på lastebil fra Steinkjer. Det ble benyttet lukkede elementer. Det vil si at dampsperre og innvendig kledning var montert på fabrikk. Sparkling og maling innvendig ble gjort på byggeplassen. Veggelementene hadde 250 mm isolasjon, hvorav 50 mm var lektet innenfor dampsperran. Veggelementene hadde også vindsperre, utlekting og liggende utvendig kledning. Oppbygging av elementet vises på Figur 4.13 og 4.14. I tillegg til veggelementer leverte Skanska Husfabrikken også etasjeskillere og tak til prosjektet.

Før montasje av elementene ble det boret ned styresviller i betongfundamentet. Dette vises i Figur 4.13. Merk at det i Figur 4.13 benyttes betegnelsen grunnmurssvill for styresvill. Veggelementene ble løftet på plass med lastebilkran og festet til styresvillen med selvborende-WTT skruer. For å treffe gjennom styresvillen og bunnsvillen i veggelementet må WTT skruen skrues inn i 45° vinkel.



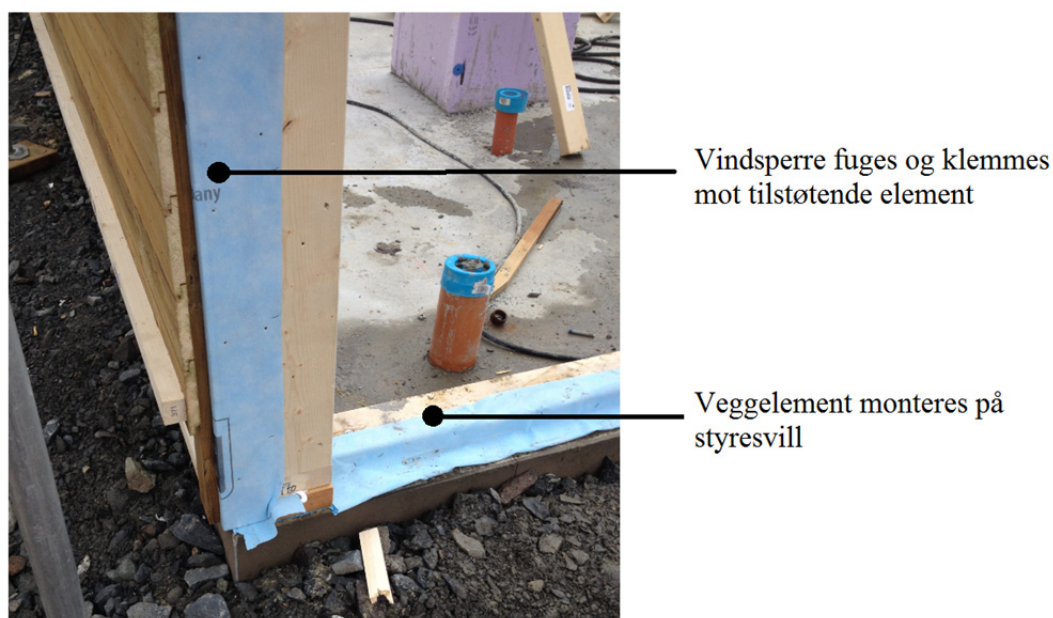
Figur 4.13. Innfesting ved bruk av styresvill.

I dette prosjektet ble det brukt elementer som strakk seg over hele veggelengder. Det vil si at skjøten mellom elementene var i husets hjørne. Her ble vind- og dampsperre fra de to elementene klemte mot hverandre og fuget for å sikre et tett og kontinuerlig sjikt. Utførelsen av dette vises i Figur 4.14.



Figur 4.14. Utførelse av elementskjøt **a)** Før montering, **b)** Etter montering.

Figur 4.15 viser et slikt veggelement like før tilstøtende element skal monteres. Bildet viser bunnsvillen som tilstøtende element skal festes på. Bildet viser også hvordan vindsperren brettes rundt ytterste stender for å klemmes mot tilstøtende element, denne blir også fuget som vist i Figur 4.15.



Figur 4.15. Styresvill klar for montasje av veggelement.

Skanska Husfabrikken hadde et eget montasjelag som monterte elementene. Montasjelaget monterte samtlige yttervegger, etasjeskillere, tak og bærende innervegger. Skanska Husfabrikkens prosjektleder uttalte at montasjen av hver bolig normalt tok 2-3 arbeidsdager. Under montasjen løftet montasjelaget også inn materialer som skulle benyttes til innvendige arbeider. Blant annet ble trematerialer og gips heist på plass til tømrere som skulle sette opp lettvegger. Det ble benyttet prekappet materiale for innvendige arbeider.

På prosjektet ble det tilstrebet at det skulle være kontinuitet i montasjelaget. Prosjektleder mente at dette var en av nøklene for å oppnå en effektiv og sikker montasje. I starten av prosjektet hadde det vært flere ulike kranførere på prosjektet. Senere ble det imidlertid satt inn en permanent kranfører.

Kvalitet

Alle elementene som ble levert til Gjønnnes Gård ble påsatt lekter for å hindre skader under transport og montasje. Prosjektet hadde ikke hatt store problemer med skader på elementene under transport. Det var imidlertid et problem at flere elementer ble skadet under montasje. Elementene ble levert med gipsplater ferdig montert. Dette gjorde de utsatte for slagskader. Skader på gips ved montasje var ikke uvanlig. I noen tilfeller oppstod det også skader andre deler som karmen, kledning og beslag. Prosjektlederen for elementmontasjen uttalte at det var et stort forbedringspotensial når det gjaldt antall skader ved montasje. Det ble også sagt at antall skader trolig kunne reduseres om tidspresset var lavere og fagarbeiderne tok seg noe bedre tid ved montasje.

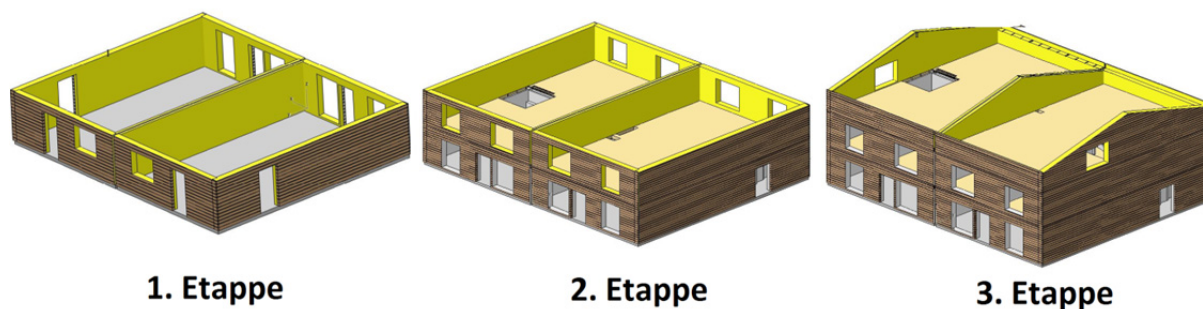
Det ble gjennomført en fullstendig trykkprøve for kontroll av lufttettheten i boligene. Målt lufttetthet for en tomannsbolig var 0,9 luftutskiftninger per time ved 50 MPa trykk. Prosjektet bestod også av noen enkeltboliger. Målt lufttetthet for disse var også 0,9 luftutskiftninger per time.

Tidsbruk

Som en del av arbeidet med casestudien ble det gjort tidsstudier under montasjen av en tomannsbolig. Tomannsboligen er vertikalt delt og har to like boenheter. Boligen består av tre etasjer. Totalt ble det montert 40 elementer. Dette var 24 veggelementer, 10 etasjeskillere og 6 takelementer. I tillegg ble det montert 4 mindre veggelementer og 8 stålbjelker for bæring av etasjeskillere.

Montasjelaget bestod av tre fagarbeidere og en bas. I tillegg var den en lastebilkran med kranfører. Tidligere på prosjektet hadde det vært god kontinuitet i montasjelaget. Under denne montasjen var det imidlertid noen utskiftninger. En person var borte på ferie, samt en person var borte med sykdom. Disse ble erstattet av personer som normalt gjennomførte kompletteringsarbeid på plassen.

Det ble montert tre etasjer med veggelementer. Totalt utgjorde dette 501 m², hvorav 336 m² er yttervegger og 165 m² er leilighetsskillevegger. Veggelementene ble montert i tre etapper: første-, andre- og tredjeetasje. Det ble målt tidsbruk for hver etappe. Figur 4.16 illustrerer hvilke veggelementer som ble montert i hver etappe.



Figur 4.16. Montasjerekkefølge for tomannsbolig.

Mellom hver etappe ble det montert bærebjelker og etasjeskillere, i tillegg ble det løftet inn materialer til innvendige arbeider. Tidsbruken på arbeidene mellom montasjen av veggelementene ble ikke registrert. I Tabell 4.3 oppsummeres tidsbruk og omfang for hver av de tre etappene.

Tabell 4.3: Tidsstudier Gjøannes Gård

	Antall elementer	Veggareal [m ²]	Montasjetid [timer]	Timeverk [tv]	Enhetstid [tv/element]	Enhetstid [tv/m ²]
Vegger 1. etg	8	188	3,5	17,5	2,19	0,09
Vegger 2. etg	8	188	3,0	15,0	1,88	0,08
Vegger 3. etg	8	125	3,3	16,5	2,07	0,13
Totalt	24	501	9,8	49,0	2,04	0,10

Miljø

Prosjektet på Gjøannes Gård har en målsetning om resirkuleringsgrad på over 90 %. Foreløpig ligger prosjektet innenfor denne målsetningen. Flere av personene på byggeplassen hadde en oppfatning av at mengden avfall ble redusert som følge av at veggelementer ble benyttet. Men ingen mente bruk av prefabrikking hadde stor innvirkning på gjenvinningsgraden på byggeplassen.

SHA

I løpet av seks måneder med byggearbeid på Gjønnnes Gård hadde det vært et uhell som medførte fravær. Dette var en person som gled på glatt underlag, situasjonen var ikke relatert til montasjen eller bruk av veggelementer.

Transport

Elementene til Gjønnnes Gård blir transportert med lastebil fra Skanska Husfabrikken i Steinkjer. Dette innebærer om lag 60 mil med kjøring. Skanska Husfabrikkens prosjektleder anslo at transport utgjorde 6 % av kostnadene med oppføring av boligene. Dette inkluderte ikke kostnadene av innvendige arbeider, bare kostnadene av elementer og montasje.

Transporten satte ikke begrensninger på elementenes lengde. Det ble levert elementer med lengde opp til elleve meter, og det var ikke ønskelig med lengre elementer. Maksimal høyde måtte imidlertid settes til 3,2 meter grunnet en fotgjengerovergang like ved byggeplassen. Dette satte uønskede begrensninger for prosjektet. Blant annet måtte høyden på enkelte elementer reduseres og det måtte gjennomføres tilpasninger på byggeplassen for å kompensere for dette. Figur 4.17 viser element med avkappet møne. Dette tiltaket ble gjort for at elementene skulle kunne passere fotgjengerovergangen.



Figur 4.17. Avkappet møne a) Under produksjon
b) Klar for montasje

4.2.4 Prosjekt 2: Hårstadhaugen

Her gjengis resultatene fra casestudien som ble gjennomført på Hårstadhaugen.

Veggelementene

Veggelementene til prosjektet på Hårstadhaugen ble levert av Støren Treindustri. Elementene ble transportert med lastebil fra Støren. Denne transportetappen tar om lag en time. I tillegg til veggelementer leverte også Støren Treindustri takelementer, etasjeskillerelementer og materialer til innvendige arbeider.

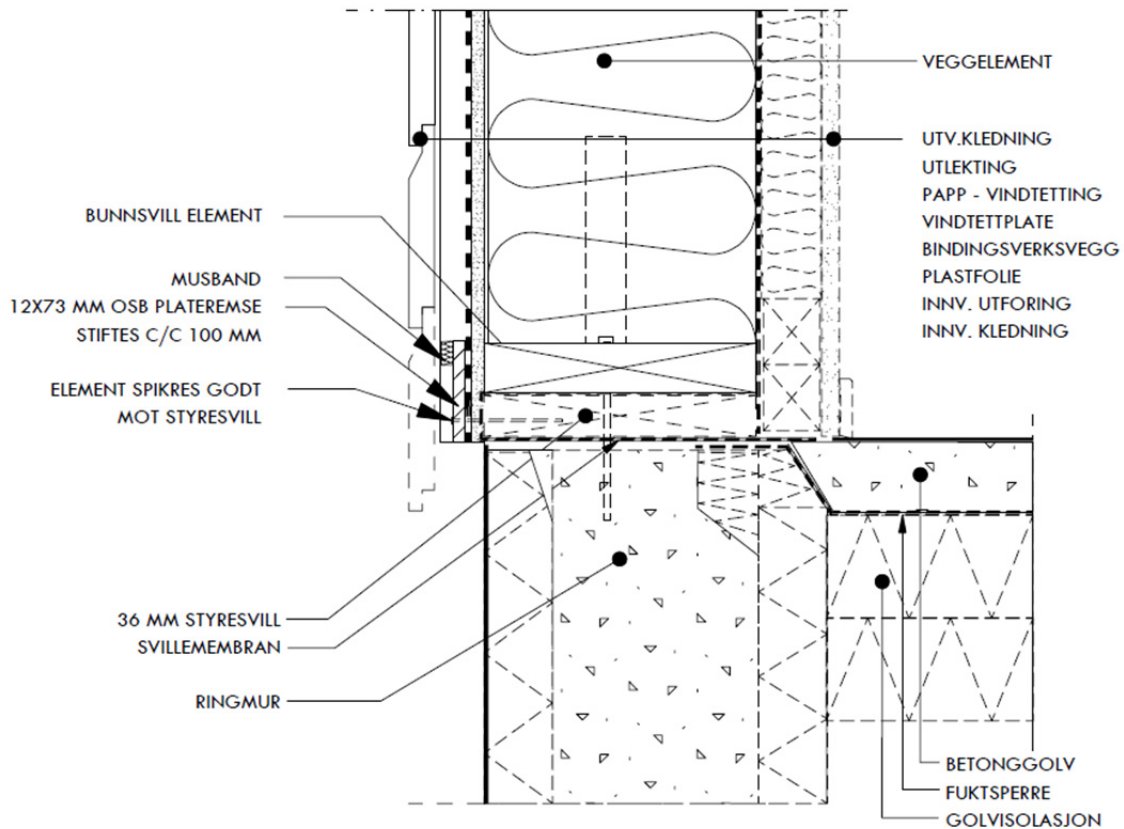
På Hårstadhaugen ble det benyttet åpne veggelementer. Det vil si at elementene ble levert uten dampsperre og innvending kledning. Elementene ble levert med varmeisolasjon. Oppbygging av elementene vises på Figur 4.19 og Figur 4.20. På byggeplassen ble det montert dampsperre og det ble lektet et 50 mm tykt isolasjonssjikt på innsiden. Dette sjiktet ble blant annet brukt til kabel- og rørinstallasjoner. Til slutt ble det montert innvending gipskledning. Figur 4.18 viser elementer ferdig montert på byggeplassen.



Figur 4.18. Ferdig montert veggelement.

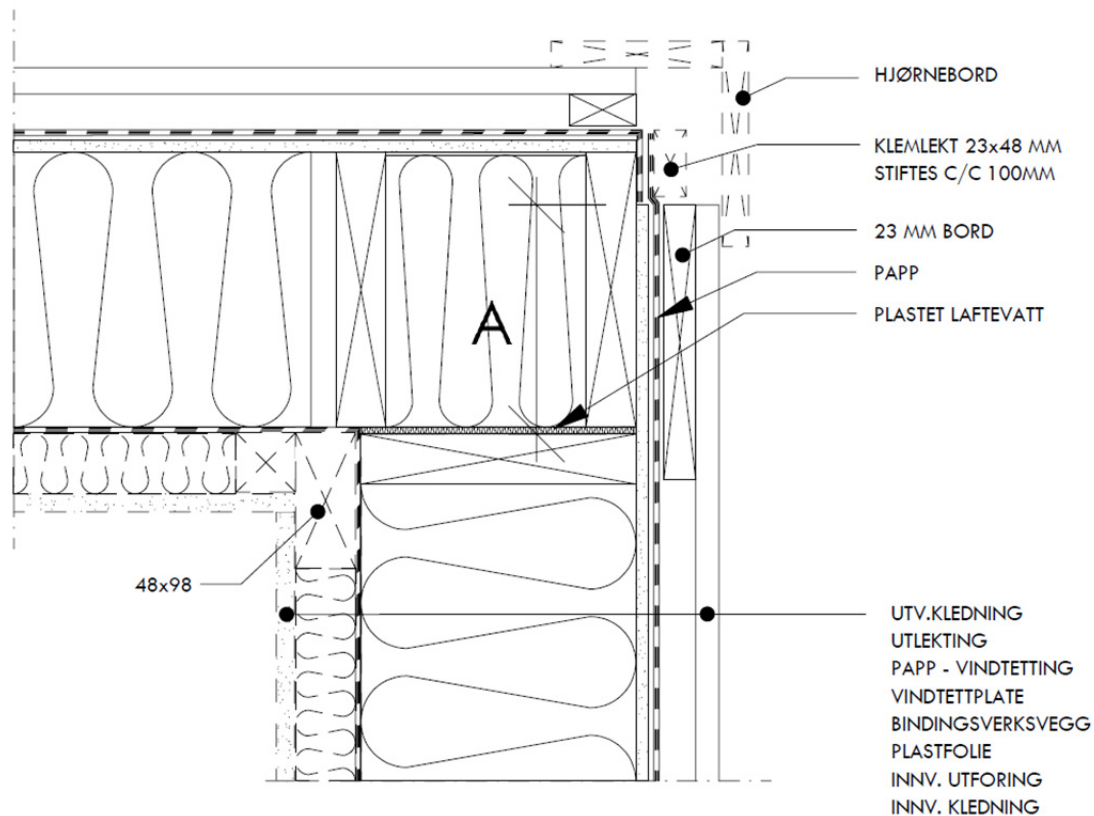
Det ble benyttet lastebilkran for å heise på plass elementene. Elementene ble stort sett mellomlagret på byggeplassen. Dette var for å få løftet elementene av bilen raskt, og dermed unngå kostnader av å ha biler stående på byggeplassen. De fleste elementene ankom byggeplassen samme dag eller dagen før montasje. I fremdriftsplanen var det avsatt tolv dager til montasje av hver bolig. I de fleste tilfeller var imidlertid montasjen gjennomført i løpet av en arbeidsuke.

I likhet med prosjektet på Gjønnnes Gård ble veggelementene på Hårstadhaugen montert på styresviller. Styresvillene boret ned i betongfundamentet før elementene ble heist på plass. Deretter ble en svillemembran brettet rundt styresvillen og vegg-elementene montert oppå. Dette fremkommer av Figur 4.19. Alle stiplede komponenter på figuren ble komplettert på byggeplassen. Siden elementene var åpne kunne montørene feste bunnsvillen til styresvillen med en loddrett skrue. Det var ikke nødvendig å benytte flere skråstilte skruer som det ble gjort på Gjønnnes Gård.



Figur 4.19. Innfesting ved bruk av styresvill, vertikalsnitt
(SINTEF Byggforsk, 2012b).

I skjøtene mellom elementene ble vindsperreren fra hvert element klemt mot hverandre. Dette ble gjort med klemløst som kompletteres på byggeplassen. Det ble også benyttet laftevatt mellom elementene. Utførelsen av elementskjøten er vist i Figur 4.20.



Figur 4.20. Utførelse av elementskjøt, horisontalsnitt
(SINTEF Byggforsk, 2012b).

Montasjen på Hårstadhaugen ble gjort av Trebetong sine fagarbeidere. Montasjelaget bestod av tre personer og en kranfører. Dette montasjelaget var ansvarlig for montasje av samtlige elementer i boligen. Underveis i montasjen ble det løftet inn gips som skulle brukes til innvendig kledning. Det ble også løftet inn treverk som skulle brukes til å bygge de innvendige lettveggene. Dette ble gjort for å slippe å bære inn materialer i ettertid.

Det var flere områder på bygget hvor arkitekten hadde prosjektert stående kledning. I dette området ble veggelementene levert uten utvendig kledning. Arkitekten på prosjektet ønsket ikke at stående kledning skulle prefabrikeres på fabrikk. Grunnen til dette var at prefabrikkert stående kledning gir et tydelig skille i horisontalskjøten mellom veggelementene. Derfor ble all stående kledning komplettert på byggeplassen.

Kvalitet

Kun ved to tilfeller var det registrert skader på elementene som ble benyttet i prosjektet. Dette var mindre skader som ble utbedret på plassen. Alt i alt mente byggelederen at bruk av veggelementer er en byggemetode som gir få byggeskader.

Da denne rapporten ble ferdigstilt var det enda ikke gjennomført kontroll av lufttettheten i noen av boligene på Hårstadhaugen. Byggelederen på prosjektet uttalte imidlertid at bruk av prefabrikkerte vegger kunne gjøre det noe mer utfordrende å oppnå gode tetthetstall. Det måtte legges ekstra vekt på korrekt utførelse av skjøter mellom elementene for å sikre en kontinuerlig og tett vindsperre. Dampsperren til byggene på Hårstadhaugen ble montert på plassen, derfor hadde ikke byggelederen noen bekymringer i forhold til denne.

Tidsbruk

Som en del av denne casestudien ble montasjen av Bygg F studert. Bygg F var det siste bygget som ble montert i prosjektet. Bygget bestod av to etasjer. I hver etasje ble det montert 20 veggelementer. Figur 4.21 viser bygget etter at begge etasjene var montert.



Figur 4.21. Bygget etter montasje av vegger.

Totalt ble det montert 605 m² vegg, hvorav 325 m² var yttervegg, 53 m² var lydisolerende vegg mellom leiligheter og 227 m² var innervegger. Montasjen ble delt i to etapper, første- og andre etappe. Resultatene fra tidsstudiene er oppsummert i Tabell 4.4. Også i denne tidsstudien ble det utelukkende lagt vekt på tidsbruk ved montasje av veggelementer. Tidsbruk for montasje av etasjeskillere og tak ble ikke målt.

Tabell 4.4: Tidsstudier Hårstadhaugen

	<u>Antall</u> <u>elementer</u>	<u>Veggareal</u> <u>[m²]</u>	<u>Montasjetid</u> <u>[timer]</u>	<u>Timeverk</u> <u>[tv]</u>	<u>Enhetstid</u> <u>[tv/element]</u>	<u>Enhetstid</u> <u>[tv/m²]</u>
Vegger 1. etg	20	290	16	48	2,40	0,17
Vegger 2. etg	20	315	13	39	1,95	0,12
Totalt	40	605	29	87	2,18	0,14

Økonomi

I følge byggeleder var reduserte kostnader det viktigste argumentet for valg av veggelementer på Hårstadhaugen. Han ville imidlertid ikke anslå hvor store besparelser bruk av veggelementer medførte.

Miljø

Byggelederen på prosjektet mente at bruk av prefabrikkerte veggelementer reduserte den totale avfallsmengden på plassen. Spesielt mente han mengden isolasjon- og treavfall ble redusert. Som følge av at elementene ble pakket i plast før levering mente byggelederen at mengden plastavfall på byggeplassen økte betraktelig. Men den totale avfallsmengde virket altså å være redusert.

SHA

Entreprenøren hadde utarbeidet grundige rutiner for hvordan montasjen av elementene skulle gjennomføres. Disse rutinene hadde blitt formidlet til alle som skulle være tilstede på byggeplassen under montasje. Rutinene ble utarbeidet for å minimere sannsynligheten for uhell og skader. Det var ikke registrert noen uønskede hendelser i forbindelse med montasjen av veggelementer.

Transport

Elementene ble frakter fra Støren til Hårstadhaugen på bil. Denne etappen tar om lag en time. Lengden på elementene til prosjektet var tilpasset lengden på husveggene. Den lengste veggen målte 11,2 meter. Det var ingen problemer med å frakte slike elementer på lastebil fra Støren. Det var heller ikke behov for større elementer, så transport satt ikke begrensninger for elementstørrelsen.

4.3 INTERVJUER

Resultatene fra intervjuene som ble gjennomført med byggherrer, arkitekter, leverandører, entreprenører og transportører presenteres her. Hvilke interessenter som ble intervjuet i hvert prosjekt var avhengig av tilgjengelighet og hvorvidt nøkkelpersoner hadde mulighet til å stille til intervju. Det var på forhånd utarbeidet intervjuguider for intervjuene. Disse ble tilpasset etter hvilken interessent som skulle intervjues. Alle intervjuguidene ligger vedlagt rapporten [Bilag B]. Vedlagt ligger også en beskrivelse av byggeprosjektene og fabrikkene hvor intervjuene ble gjennomført [Bilag A]. Så langt som mulig er det forsøkt å fremstille resultatene fra intervjuene med samme oppbygging som *Kapittel 3.3: Veggelementer*.

4.3.1 Intervju byggherre

Det lykkes bare å få gjennomført intervju med en byggherrerepresentant. Denne representanten var imidlertid involvert i to av byggeprosjektene. Intervjuobjektet var Obos sin prosjektleder for prosjektet på Hårstadhaugen. I tillegg var han Obos sin representant for prosjektet på Hornebergundet, hvor Obos gjennomfører prosjektet i samarbeid med Veidekke.

Tabell 4.5: Intervjuobjekt byggherre

Prosjekt:	Stilling:	Dato:
Hårstadhaugen	Prosjektleder	21. mars 2014

Kvalitet

Byggherren var opptatt av at det ferdige produktet skulle holde høyest mulig kvalitet. Det ble ikke uttrykt noen bekymring for at bruk av veggelementer ville redusere kvaliteten på bygget. Byggherren uttalte at dersom montasjen ble utført på en god måte ville kvaliteten trolig bli bedre enn om bygget ble plassbygget. Han siktet da spesielt til byggets tetthet. Han uttalte også at han tidligere hadde vært skeptisk til tettheten ved bruk av veggelementer. Men siden leverandørene de siste årene hadde hatt stort fokus på dette mente han kvaliteten var økt betraktelig.

Byggherren mente det var en fordel at bygningsmaterialene utsettes for mindre fukt når de ble produsert innendørs. Det ble ikke uttrykt bekymringer for at det skulle oppstå problemer med fukt under montasje. På Hårstadhaugen var det entreprenøren som var ansvarlig for å gjennomføre fuktmålinger i veggene før de lukkes. Det hadde ikke vært høye fuktverdier i noen av målingene som var utført.

Tidsbruk

Byggherren så på redusert byggetid som den viktigste fordel med å benytte veggelementer. Han mente det var gunstig å ferdigstille prosjekter tidlig, ettersom dette frigjør både menneskelige og økonomiske resurser. Disse ressursene kan dermed flyttes videre til nye prosjekter.

Kostand

Fra byggherren sitt synspunkt er den største økonomiske fordel med veggelementer redusert byggetid. Kortere byggetid kan redusere finanskostnadene betraktelig. Lån til å finansiere byggeprosjekter er dyre. Byggherren uttalte at bare en måneds reduksjon i byggetiden kunne redusere finanskostnadene betraktelig.

Det ble uttalt at lavere pris ofte er entreprenørens argument for å benytte veggelementer. Dersom veggelementer reduserer entreprenøren sine kostnader kan de også prise seg lavere i anbudskonkurranser. Derfor mente byggherren at reduserte kostander også kommer byggherren til gode.

Fleksibilitet

I Obos sine boligprosjekter har kunder mulighet til å gjøre tilvalg på boligene. Dermed kan kunden selv påvirke utformingen av sin bolig. Dette var også tilfelle på Hårstadhaugen. Prosjektlederen mente imidlertid at disse mulighetene ble reduserte når veggelementer ble benyttet. De fleste forespørsler som kom fra kundene var i praksis mulig å gjennomføre. I de fleste tilfeller ble likevel kostnadene av endringene så høye at de ikke ble gjennomført. Forespørsler fra kunden kom ofte på et sent tidspunkt i prosjektet. Gjerne etter at produksjon av elementene er satt i gang. Da må elementene eventuelt tilpasses de forespurte endringer på byggeplassen. Byggherren mente denne prosessen var kostbar, og at kundene derfor ikke får innfridd alle sine ønsker for boligen.

Miljø

Byggherren hadde inntrykk av at bruk av veggelementer reduserte avfallsmengden på byggeplassen. Dette gjald både byggeplassen på Hårstadhaugen og Horneberggtunet. Han hadde imidlertid ingen konkrete tall eller målinger som kunne underbygge denne påstanden. Det ble påpekt at det var i byggherrens interesse at prosjektet ble gjennomført med minst mulig avfall og høyest mulig resirkuleringsgrad.

SHA

Sikkerhet var noe av det byggherren var mest opptatt av. Han var av den oppfattelse at montasje av veggelementer kunne medføre alvorlige uhell. Og mente konsekvensen av ulykker under montasjen kunne bli store. Selv om konsekvensen av ulykker potensielt ble større mente han at sannsynligheten for ulykker ble redusert. Prosjektlederen påpekte også at bruk av veggelementer medfører mindre tunge løft for arbeiderne. Han mente den fysiske belastningen på arbeiderne ble redusert.

Utvikling i markedet

Byggherren var overbevist om at bruken av veggelementer ville øke i fremtiden. Muligheten for å levere prosjekter til lavere pris var det viktigste argumentet for dette. Han mente også at bruk av veggelementer er spesielt gunstig i tider hvor markedet er godt. I slike perioder har entreprenørene mange potensielle prosjekter, dermed kan mangel på arbeidskraft bli et problem. Ved bruk av veggelementer mente byggherren at entreprenører kan redusere tømrermannskapet på prosjektet med om lag 50 %. Dermed har entreprenører muligheter til å ta på seg flere prosjekter uten å øke staben. På denne måten kan bruk av veggelementer fungere som en buffer, og entreprenøren blir mindre sårbar for svingninger i markedet. Ved å slippe å utvide staben er entreprenøren bedre rustet dersom markedet snur og antall prosjekter blir mindre.

Det ble sagt at bruk av veggelementer kunne være gunstig i flere typer prosjekter. Best egnet mente byggherren veggelementer var i bygninger med lav kompleksitet. I tillegg ble det nevnt at byggene burde ha en viss størrelse for at bruk av veggelementer skal ha noen effekt.

4.3.2 Intervju Arkitekt

De ble gjennomført intervjuer med to arkitekter i forbindelse med oppgaven. Arkitektene var ansatt i to ulike arkitektkontorer og jobbet i to ulike prosjekter. Den ene var ansvarlig for fasaden på Lerkendal hotell og kongressenter, den andre var ansvarlig søker for boligprosjektet på Hårstadhaugen. Informasjon om intervjuobjektene er gitt i Tabell 4.6.

Tabell 4.6: Intervjuobjekter arkitekter

Rolle	Prosjekt	Firma	Dato
Ansvarlig fasade	Lerkendal Hotell	Voll Arkitekter	25. mars 2014
Ansvarlig søker	Hårstadhaugen	Solem Arkitekter	26. mars 2014

Intervjuobjektene var enige om at bruk av veggelementer i liten grad påvirker deres interesser i prosjektet. På Lerkendal Hotell ble elementene levert uten utvendig kledning. Dette medførte at arkitekten sine muligheter for å påvirke byggets utseende var tilnærmet upåvirket. Beslutningen om å bruke veggelementer gjorde imidlertid at selve prosjekteringsprosessen ble forandret. Arkitekt-teamet måtte bestemme seg for endelig design på fasaden og tegne detaljer på et tidligere tidspunkt. Fasade ansvarlig mente imidlertid at tidlig låsing av designet ikke var noen ulempe. Han mente det var unødvendig å beholde fleksibiliteten i forhold til denne avgjørelsen.

Så lenge det avgjørelsen om å benytte veggelementer ble tatt tidlig i prosessen så ikke arkitekten ved Lerkendal hotell noen tydelige ulemper med å benytte veggelementer.

Dersom avgjørelsen blir tatt på et sent tidspunkt så han imidlertid for seg problemer med omprosjektering og korte tidsfrister.

I prosjekter med bordkledning mente imidlertid begge arkitektene at det kunne være problematisk å bruke elementer med utvendig kledning. Dette fordi det oppstår tydelige linjer i overgangen mellom elementene. Ved bruk av stående kledning vil det bli en horisontal linje i skjøter mellom etasjene. Ved bruk av liggende kledning vil det bli en vertikal linje i skjøter mellom elementene. Dette var i følge arkitektene ikke ønskelig. Som omtalt tidligere hadde arkitekten på Hårstadhaugen opplevd denne problemstillingen. På Hårstadhaugen var deler av boligene prosjektert med stående kledning. Siden dette ville gitt tydelige linjer i fasaden mellom etasjene ble elementene levert uten kledning i disse områdene. Den stående kledningen ble i stedet komplettert på byggeplassen [Figur 4.22]. Vertikalt var skjøtene mellom elementene i hjørnet på boligen. Derfor var det uproblematisk å prefabrikkere den liggende kledningen.



Figur 4.22. Elementer uten kledning i områder hvor kledningen skal være stående.

Bortsett fra problemstillingen ved bruk av bordkledning så ikke arkitektene noen ulemper med bruk av veggelementer. Intervjuobjektene snakket om fordeler som tørr produksjon, god lufttetthet og god kvalitet på håndverket. De var generelt positive til bruk av veggelementer. Ingen av intervjuobjektene hadde heller opplevd negative holdninger til bruk av veggelementer. Verken innad i egen organisasjon eller i prosjekter generelt. Dette var en av grunnene til at begge mente bruken av veggelementer vil øke i fremtiden. Et av intervjuobjektene trodde spesielt at import av veggelementer fra utenlandske fabrikker ville øke.

Arkitektene ble spurt hvilke prosjekter de mente var best egnet for bruk av veggelementer. Begge uttalte at bygg med lite komplekse løsninger var best egnet. De

mente at mange ulike materialtyper og komplekse detaljer gjorde det lite hensiktsmessig å bruke veggelementer. En av arkitektene påpekte at de aller fleste bygg han prosjekterer er bygg hvor veggelementer kan benyttes. Kun svært få bygninger er så komplekse at bruk av veggelementer kan utelukkes. Prestisjeprojekter med spesielle detaljer og utforming ble nevnt som eksempel på slike prosjekter.

4.3.3 Intervju leverandører

Det ble gjennomført intervjuer med ansatte i Skanska Husfabrikken og Støren Treindustri. Tabell 4.7 gir en oversikt over intervjuobjekter og deres stillinger. Under tabellen oppsummeres resultatene som kom frem under intervjuene.

Tabell 4.7: Intervjuobjekter leverandører

Stilling	Bedrift	Dato
Salgs- og prosjektsjef	Skanska Husfabrikken	10. februar 2014
Teknisk ansvarlig	Skanska Husfabrikken	10. februar 2014
Administrerende direktør	Støren Treindustri	06. mars 2014

Kvalitet

Flere kvalitetsmessige fordeler knyttet til veggelementer ble nevnt under intervjuene. Redusert sannsynlighet for byggfukt var det som ble mest omtalt. Både teknisk ansvarlig og salgssjef ved Skanska Husfabrikken mente dette var en viktig faktor. Teknisk ansvarlig ved fabrikken mente dette spesielt var en fordel i bygg med stor isolasjonstykkelse. Han mente at det for eksempel i passivhus er en stor fordel å produsere elementene innendørs uten eksponering for fukt.

Teknisk ansvarlig på Husfabrikken mente det kunne oppnås tettere bygg ved bruk av veggelementer. Han hevdet det var lettere å oppnå tette vegger når de produseres innendørs på en fabrikk. Etersom det er utviklet gode standardiserte løsninger for skjøtene mellom elementene bør den endelige tettheten bli bedre. Administrerende direktør ved Støren Treindustri nevnte også bedre tetthet som en av fordelene med veggelementer.

Alle intervjuobjektene hevdet bruk av veggelementer gav færre byggefeil. Salgssjefen ved Husfabrikken mente innendørs produksjon gjorde det lettere å tilrettelegge for fagarbeiderne. Videre fortalte han at arbeidere trolig gjør mindre feil når de arbeider innendørs, upåvirket av vær og vind. Teknisk ansvarlig ved fabrikken mente standardisering medførte mindre feil. Siden arbeiderne spesialiserer seg på sine arbeidsoppgaver reduseres feilraten. Han mente de fleste feilene som oppstod skjedde under montasje. Spesielt dersom montasjelaget var uerfarne og ikke brukte tilstrekkelig tid til å sette seg inn i montasjehenviingen.

Ved Støren Treindustri er store deler av produksjonen automatisert. Adm. dir. på fabrikken mente dette nærmest eliminerte risikoen for feil i produksjonen. Store deler av arbeidet gjøres av maskiner, og maskinene produserer elementer i henhold tegninger. Faren for feil ligger da i feil prosjektering, altså at tegningene inneholder feil. Feil kan også oppstå dersom arbeidere mater maskinene med feil materialer.

Tidsbruk

Montasjetid og tidsbesparelser på byggeplassen ble ikke diskutert inngående under intervjuene. Grunnen til dette er at entreprenører har mer erfaring og er bedre stilt til å svare på slike spørsmål. Samtlige av intervjuobjektene var imidlertid enige om at kortere byggetid var et av de aller viktigste argumentene for bruk av veggelementer. Intervjuobjektene hadde også inntrykk av at dette var hovedgrunnen til at entreprenører ønsket å benytte veggelementer.

Kostnad

Alle intervjuobjektene nevnte reduserte kostnader som en av fordelene med veggelementer. Salgssjefen ved Skanska Husfabrikken mente at lavere kostnad var den aller største fordel. Det ble imidlertid presisert at bruk av veggelementer ikke nødvendigvis reduserte kvadratmeterprisen direkte. Han mente at det var nødvendig å se på prosjektet som helhet for å synliggjøre alle de økonomiske fordelene. Følgende grunner til reduserte kostnader ble nevnt:

- Mer effektiv bygging som følge av frigitt riggplass
- Reduserte riggekostnader som følge av kortere byggetid
- Mindre behov for utbedring som følge av færre byggefeil

Salgssjefen ved Husfabrikken så på det som en utfordring at entreprenører ikke tar hensyn til disse gevinstene ved valg av produksjonsmetode. Det ble sagt at dersom det bare tas hensyn til kvadratmeterpris ville plassbygget løsning i mange tilfeller fremstå som mest lønnsomt. Han hadde også inntrykk av at entreprenører i mange tilfeller bare vurderte kvadratmeterpris, kanskje fordi andre effekter er vanskelige å tallfeste.

Adm. dir. ved Støren Treindustri påpekte at kostnadene ved bruk av veggelementer var svært forutsigbare. Han fortalte at veggelementer alltid blir levert til avtalt pris. Videre fortalte han at entreprenører dermed ikke behøver å ta høyde for uventet lav produktivitet, uventede høye regningsarbeider, osv.

Logistikk

To av intervjuobjektene nevnte frigitt riggplass som en fordel med prefabrikkerte veggelementer. Dersom leveransene og montasjen er godt planlagt kan elementene leveres i riktig rekkefølge i forhold til montasje. Dermed minimeres behovet for mellomlagring på plassen. I tillegg reduseres behovet for materiell og utstyr. Intervjuobjektene mente disse faktorene bidrar til å frigjøre dyrebar riggplass.

Miljø

Teknisk sjef ved Skanska Husfabrikken mente det var lettere å gjenvinne materialer innendørs enn på byggeplass. Dette gjenspeiles også av fabrikkens gjenvinningsgrad på over 90 %. Adm. dir. ved Støren Treindustri argumenterte for redusert mengde avfall. Spesielt nevnte han at bruk av kappemaskiner reduserer mengden avkapp.

Miljøpåvirkningene av transport ble også diskutert. Intervjuobjektene var enig om at transport av elementer var en større belastning på miljøet enn transport av råmaterialer. Det var imidlertid flere faktorer intervjuobjektene mente kunne veie opp for dette. Noen av faktorene som ble nevnt var:

- 15 % av alle materialer som transporteres til en byggeplass transporteres også tilbake som avfall. Ved bruk av veggelementer unngår man transport av unødvendig materiell, som for eksempel avkapp og lignende. Dermed blir det mindre transport av avfall.
- Elementmontasje krever mindre personell enn plassbygging. Dermed reduseres behovet for transport av mennesker til og fra byggeplassen.
- Transport til byggeplasser på Østlandet gjøres på biler som returnerer etter å ha levert andre varer i Trøndelag. Dette er biler som uansett hadde returnert tomme til Østlandet. Dette kommer av at varetransporten fra Østlandet til Trøndelag er større enn varetransporten motsatt vei.

SHA

Begge intervjuobjektene ved Skanska Husfabrikken mente at produksjon innendørs er tryggere enn på byggeplass. Det ble sagt at bedre arbeidsstillinger, mindre arbeid i høyden samt standardisert og forutsigbar produksjon reduserer sannsynligheten for uhell. Salgssjefen på fabrikken mente imidlertid at bruk av veggelementer medfører noen operasjoner hvor konsekvensene av feil er store. Det ble da siktet til løft av elementer, spesielt under montasje. Det ble påpekt at sannsynligheten for uhell i slike situasjoner er små, og at fabrikken hadde gjort flere tiltak for å hindre slike uhell. Et av disse tiltakene er bruk av løfteklusser, som ble vist i Figur 4.4.

Ved Støren Treindustri er mye av arbeidet gjort av maskiner. Adm. dir. mente at dette reduserte faren for uhell betraktelig. Arbeiderne gjør mindre av arbeidet selv og benytter mindre farlig utstyr. Dermed reduseres også faren for uhell. Det ble også påpekt at det er lettere å holde fabrikken ryddig, og at en ryddigere arbeidsplass er en tryggere arbeidsplass.

Transport

Alle intervjuobjektene var enige om at lastebil var den mest hensiktsmessige måten å transportere elementene på. Andre transportformer vil i de fleste tilfeller medføre minimum en ekstra omlasting. Omlastinger er både tid og resurskrevende, og derfor ikke ønskelig. Intervjuobjektene mente transport bare setter mindre begrensninger på

bruk av veggelementer. Kun i svært få tilfeller var det ønskelig å transportere elementer større enn det som kan gjøres på bil. Større elementer ville vært vanskelig å håndtere under montasje. Det kunne også blitt behov for ekstra avstivning dersom elementene ble større. Dermed ville det ikke lenger lønne seg økonomisk å benytte dem.

Utvikling i markedet

De to leverandørene som ble intervjuet opererer i samme marked. Begge leverer i hovedsak til boligprosjekter, men opplever nå en økning i antall prosjekter knyttet til næring. Spesielt gjelder dette prosjekter som skoler, barnehager og til dels helsebygg. De to leverandørene har også en stor andel av kundene på Østlandet, men leverer i utgangspunktet til hele landet.

I følge salgssjefen ved Skanska Husfabrikken er det to typer prosjekter som ofte etterspør veggelementer. Dette er prosjekter som:

- Er i urbane strøk
- Er totalentrepriser

Som oppfølgingsspørsmål ble det spurt hva salgssjefen trodde var grunnen til dette. Svaret var at liten plass og vanskelig logistikk ofte kjennetegner byggeprosjekter i urbane strøk. Salgssjefen mente at bruk av veggelementer sparer plass. Med god planlegging minimeres behovet for mellomlagring. Mindre behov for materiell og utstyr gjør også logistikken enklere. Lerkendal Hotell [Figur 4.23] ble nevnt som eksempel på prosjekt i urbant område som benytter veggelementer for å frigi riggplass.



Figur 4.23. Lerkendal Hotell.

Både Skanska Husfabrikken og Støren Treindustri leverer de fleste elementene til prosjekter som er totalentrepriser. Salgssjefen ved Skanska Husfabrikken mente grunnen til dette kan være at entreprenører i totalentrepriser har større frihet til å velge produksjonsmetode. Når entreprenøren selv står for prosjektering av bygget er det lettere å planlegge bruk av veggelementer i en tidlig fase.

Samtlige intervjuobjekter mente det nå var en økning i etterspørselen etter prefabrikkerte veggelementer. Dette gjenspeiles også i selskapenes omsetninger. Både Skanska Husfabrikken og Støren Treindustri har økt omsetningen de siste årene. Spesielt Støren Treindustri har opplevd en kraftig økning. Denne økningen skyldes i stor grad økt etterspørsel og investeringer i nytt utstyr. Selv om bedriftene opplever en økning i etterspørsel hadde ikke intervjuobjektene registrert noen økning i antall leverandører i Norge. Adm. dir. i Støren Treindustri uttalte at den største konkurransen kommer fra utenlandske selskaper.

Alle intervjuobjektene ble spurt hva de trodde bakgrunnen for den økende etterspørsel var. Svarene var ulike. De viktigste begrunnelsene som ble nevnt var:

- *Mangel på kvalifisert arbeidskraft.* Samtlige av intervjuobjektene påpekte dette. De mente entreprenørene ikke har nok kvalifisert arbeidskraft til å produsere byggene selv, og derfor ble tvunget til å benytte prefabrikkerte løsninger.
- *Bedre kvalitet på produktet.* To av intervjuobjektene mente at bransjen ser behov for økt kvalitet på produktene de leverer. Både på grunn av mange byggefeil, og på grunn av økte krav fra myndighetene. Mange ser på prefabrikkering som en potensiell løsning på problemet.
- *Billigere produkter.* Ny teknologi gjør det billigere og lettere å produsere veggelementer innendørs. Plassbygget produksjon har ikke hatt like stort utbytte av ny teknologi. Derfor er prefabrikkerte løsninger mer konkurransedyktige enn tidligere.
- *Forutsigbare priser.* Det er økt behov for nøyaktige priskalkyler. Ved bruk av prefabrikkering er det mindre usikkerhet i prisen på produktet.
- *Få problemer med byggefukt.* Spesielt i passivhus som har stor isolasjonstykkelse ble dette sett på som en fordel.

Intervjuobjektene ble også spurt hvorfor bruk av veggelementer ikke er mer utbredt i Norge. Teknisk ansvarlig ved Skanska Husfabrikken uttalte at bruk av veggelementer krever tidlig planlegging. Minimum leveringstid fra fabrikken er tolv uker, så bruk av elementer må besluttes tidlig i prosessen. Dette var noe som i flere tilfeller kunne gjøre at veggelementer blir valgt bort.

Salgssjefen ved Skanska Husfabrikken mente en av de aller største begrensningene var ønske om originalitet og nye løsninger. I følge intervjuobjektet er det svært lite fokus på

repetisjon i byggenæringen og arkitekter ønsker i stor grad å utvikle nye bygg og nye løsninger. Han siktet også til Sverige hvor bruk av prefabrikkering er mer utbredt og prosjektene tilpasses elementbygging fra tidlig fase. Også adm. dir. ved Støren Treindustri mente at ønske om originalitet setter begrensninger på bruk av veggelementer. Han mente noe av dette kunne skyldes de store utbyggingene på 60- og 70-tallet, hvor mye av bygningsmassen ble prefabrikkert. Han mente dette kan ha ført til at befolkningen ble lei av standardiserte løsninger og ønsket mer særegenhet. Det ble imidlertid påpekt at denne trenden nå er i ferd med å snu, og at flere igjen velger å benytte prefabrikkerte løsninger.

4.3.4 Intervju entreprenører

Det ble gjennomført intervjuer med personer fra entreprenørselskap i totalt fem prosjekter. Tabell 4.8 gir en oversikt over intervjuobjekter og deres stillinger i prosjektene. Under tabellen oppsummeres resultatene som kom frem under intervjuene.

Tabell 4.8: Intervjuobjekter entreprenører

Prosjekt	Stilling	Dato
Hornebergtunet Rekkehus:	Anleggsleder	11.februar 2014
	Formann	11.februar 2014
	Bas – elementmontasje	11.februar 2014
	Bas – overordnet	11.februar 2014
Gjønnes Gård:	Prosjektleder – Skanska Husfab.	24. februar 2014
	Prosjektleder – Skanska Norge	26. februar 2014*
Hårstadhaugen:	Anleggsleder	04. mars 2014
Lerkendal hotell:	Anleggsleder	18. mars 2014
	Formann	18. mars 2014
Moholt Aktiv:	Prosjektleder	20. mars 2014

* Intervju per e-post

Kvalitet

Mange av intervjuobjektene argumenterte for redusert fare for byggfukt ved bruk av veggelementer. Innendørs produksjon og rask lukking av byggene var nevnt som grunner til dette. Noen uttalte imidlertid at elementene kunne bli fuktet under transport. Det var også noen som mente det kunne være en utfordring å holde elementene tørre om det regnet under montasje. De som uttrykte bekymring for dette uttalte likevel at god tildekking av elementene var tilstrekkelig for å løse problemet. Den generelle oppfatning var at det er enklere å unngå byggfukt ved bruk av vegg-elementer.

Bortsett fra fordelene med redusert byggefukt mente intervjuobjektene veggelementer i liten grad påvirker kvaliteten. På Hornebergtunet var det et av intervjuobjektene som mente det kunne være vanskeligere å oppnå tilstrekkelig tetthet med veggelementer. Dette fordi vindspærren i noen tilfeller ble skadet under transport og måtte utbedres på byggeplassen. Dette var den eneste personen som var skeptisk til tettheten, de resterende mente tettheten var upåvirket eller bedre enn ved plassbygging. På Hornebergtunet og Lerkendal Hotell rapporterte anleggslederne om prøve-trykkmålinger med gode resultater. Det var imidlertid bare på Gjønnes Gård det var gjennomført fullskala tester, resultatene fra disse er gjengitt i *Kapittel 4.2: Casestudier*.

Det var ulike oppfatninger omkring kvaliteten på elementene som ble levert. Tre intervjuobjekter utalte at de var skuffet over kvaliteten på enkelte av elementene som ble levert. Dette var intervjuobjekter på Hornebergtunet og Gjønnes Gård. De var enige om at kvaliteten var høyere enn det som blir produsert på byggeplass. Likevel mente de det var naturlig å forvente en enda lavere feilrate av elementer som ble produsert innendørs i kontrollerte omgivelser. De mente det var for mange elementer som ble levert med feil og mangler. De etterspurte derfor bedre kvalitetskontroll fra fabrikk før elementene ble sendt til byggeplassen. De resterende intervjuobjektene uttrykte ingen misnøye med kvaliteten. De mente kvaliteten på veggelementene var bedre enn det som blir produsert på byggeplass. De var også enighet om at det er færre byggefeil som krever utbedringer i et prosjekt med veggelementer. Et intervjuobjekt påpekte imidlertid at dersom det først skulle oppstå feil med veggelementer så var de vanskelige å utbedre.

På prosjektet Moholt Aktiv ble veggelementene montert på styresviller i første etasje og festet mot betongdekket i etasjene over. Prosjektleder for prosjektet understrekte viktigheten av at betongarbeidene er utført med høy presisjon. På dette prosjektet hadde de i flere tilfeller måtte tilpasse veggelementene på grunn av unøyaktige betongarbeider. Slike tilpasninger var i følge prosjektlederen vanskeligere å gjøre på veggelementer enn ved plassbygget løsninger. Prosjektlederen på Gjønnes Gård påpekte også at nøyaktige betong- og fundamentarbeider var en forutsetning for rask og effektiv montasje. Prosjektlederen fortalte at toleransekravene generelt var små, og at montasje av veggelementer måtte gjøres med høy presisjon.

Tidsbruk

I fire av fem prosjekter var det enighet om at raskere oppføring av bygget var den største fordelene med veggelementer. Både baser, formenn og prosjekt- og anleggsledere i de fire prosjektene var enige om dette. På prosjektet Moholt Aktiv var imidlertid oppfatningen at fremdriften var dårligere enn i plassbygde prosjekter. Dette prosjektet var det eneste hvor det var gjort konkrete målinger på produktiviteten. Målingene viste en produktivitet på om lag 0,4 m²-vegg/timeverk. Dette inkluderte imidlertid ikke kompletteringsarbeidene som ble gjort på plassen. Prosjektlederen mente det var flere

grunner til at produktiviteten på dette prosjektet var lav. De viktigste grunnene som ble nevnt var:

- Montasjelaget arbeidet fra lift. Etersom tomten var svært trang var det tidkrevende å flytte denne rundt på tomten.
- Montasjelaget hadde ikke tidligere arbeidet med veggelementer.
- Elementene var ikke alltid lastet på transportbilen i logisk rekkefølge, dermed ble det brukt unødvendig tid på logistikk.
- Prosjektet var ikke tilpasset bruk av veggelementer. Det ble bestemt sent i prosessen at det skulle benyttes veggelementer. Derfor var ikke designet på byggene tilpasset bruk av veggelementer.
- Det var mye som måtte kompletteres etter montasje. Dette var svært tidkrevende.

I samtlige prosjekter ble produksjon av veggene satt i gang samtidig som det ble gjort grunn- og fundamentarbeider på byggeplassen. Dermed bidro parallell produksjon til reduksjon byggetiden.

På Lerkendal Hotell ble det lagt spesielt fokus på god prosjektering og kommunikasjon med leverandør for å unngå feil ved leveranser. Dette prosjektet hadde heller ikke opplevd at leveranser kom til feil tid. I de resterende prosjektene var det ikke gjort spesielle tiltak for å hindre at leveranser kom til feil tid. I noen av dem var det registrert tilfeller hvor montasje av elementene måtte stanses på grunn av sen levering eller skade på elementene. De vanligste tiltakene som ble gjort i slike tilfeller var:

- Arbeide med bufferaktiviteter til nytt element ankom
- Tilpasse og utbedre elementet som var skadet
- Bygge nytt element på plassen

Noen av prosjektene hadde fordel av at leverandørene var lokalisert nært prosjektet. Dette gjorde det lettere å få levert nye elementer på kort tid.

Prosjektlederen på Hornebergstunet ønsket større grad av prefabrikkering på elementene. Dette var for å redusere arbeidsmengden på byggeplassen ytterligere og oppnå større fremdrift. Blant ønskene var ferdig lektet isolasjonslag innenfor dampsperran og ferdig monterte trekkerør. Elementene på dette prosjektet var levert av Støren Treindustri, som per i dag ikke tilbyr dette.

Kostand

Mange intervjuobjekter nevnte at riggekostnadene er direkte relatert til lengden på prosjektet. Som følge av kortere prosjekt mente de at riggekostnadene kunne reduseres. Spesielt kostnader av stillas ble nevnt av flere intervjuobjekter. Dersom bygget oppføres raskere kan stillas fjernes fortere. Dermed reduseres kostnadene betraktelig.

På prosjektet Moholt Aktiv konkluderte prosjektleder med at prosjektet ble mer kostbart som følge av at veggelementer var benyttet. Det var imidlertid ikke gjort undersøkelser som viste hvor mye penger som kunne vært spart ved å velge plassbygging. Generelt var intervjuobjektene tilbakeholdne med informasjon om prosjektenes økonomi.

Logistikk

En stor del av intervjuobjektene fortalte at logistikken på byggeplassen ble enklere når det ble brukt veggelementer. Det var mindre behov for materialer og det ble frigitt mer riggplass. Flere av prosjekt- og anleggslederne sa imidlertid at det måtte vies mer fokus til leveransetidspunkter enn ved plassbygging. Ettersom forsinkede leveranser kunne få alvorlige konsekvenser.

En av formennene på Hornebergstunet mente at det alltid vil oppstå behov for mellomlagring. I prosjektet var det planlagt å løfte elementer på plass uten mellomlagring, og dette ble også gjort i de aller fleste tilfeller. Likevel var det tilfeller hvor elementene var lastet på bilen i feil rekkefølge og derfor måtte lagres midlertidig. Ettersom det ikke var avsatt noe område til dette var det vanskelig å finne ledige flate arealer hvor veggelementene kunne plasseres. Dette hadde i flere tilfeller forsinket arbeidet. Formannen mente derfor dette burde vært prioritert i riggplanen. Formannen på Lerkendal hotell påpekte også at behovet for lagring på plassen ofte ble undervurdert.

Fleksibilitet

I samtlige prosjekter var det tilfeller hvor det ble levert elementer med feil. Feil dimensjon, utsparinger i feil størrelse og våte elementer er eksempler på feil som gjorde at elementene ikke kunne benyttes. En prosjektleder påpekte hvor sårbar fremdriften er når det forekommer feil leveranser. Ved bruk av veggelementer er dato for leveranse av elementene avtalt tidlig i prosjektet. Derfor er fremdriftsplanen lite fleksibel. Dersom feil på elementer medfører forsinkelser kan det få store konsekvenser.

En utfordring med bruk av veggelementer er at eventuelle feil ofte blir sent oppdaget. I et av prosjektene var det levert elementer med feil dimensjoner. Problemet ble først oppdaget når elementene ankom byggeplassen. På dette tidspunktet var det alt produsert flere tilsvarende elementer klare til levering. Dermed måtte det brukes mye tid på byggeplassen for å rette opp feilen på alle elementene. Dette er et eksempel på hvor sårbar prosessen er når det benyttes prefabrikkerte elementer.

Miljø

Intervjuobjektene fikk spørsmål om hvordan bruk av prefabrikkerte veggelementer påvirket mengden avfall på byggeplassen. Svarene var svært varierte. Noen mente avfallsmengden ble kraftig redusert, andre mente avfallsmengden økte. De som mente avfallsmengden ble redusert brukte mindre avkapp og generelt mindre svinn fra materialer som argument. De som mente avfallsmengden økte argumenterte med mye avfall fra transport. Dette kunne være plast for å sikre mot vann [Figur 4.24], eller trematerialer for å sikre elementene mot støt. I et av prosjektene ble det benyttet presenninger som kunne gjenbrukes. Dette reduserte i følge intervjuobjektene avfallsmengden noe.



Figur 4.24. Transport av elementer generer mye plastavfall.

På spørsmål om hvordan veggelementer påvirker resirkuleringsgraden var svarene også varierende. De fleste mente at resirkuleringsgraden stort sett var upåvirket av bygge- metode. Noen intervjuobjekter mente imidlertid at det var vanskeligere å oppnå høy gjenvinningsgrad når de ble benyttet veggelementer. En av forklaringene på dette var at det blir mindre avkappet tre på byggeplassen. Avkapp er lett å sortere og relativt tungt. Det kan derfor bidra til høy resirkuleringsgrad, ettersom resirkuleringsgraden blir målt i vektprosent.

SHA

De fleste intervjuobjektene var enige om at veggelementer medførte noen arbeidsoperasjoner som var risikofylte. Spesielt ble montering av elementene [Figur 4.25] sett på som risikofylt. Fare for at elementer faller, knekker eller ryker var de risikoene som oftest ble nevnt. På et av prosjektene hadde det også vært et uhell hvor et veggelement gled og medførte skade på en montør. Avstivning under montasje var en annen utfordring som ble nevnt under intervjuene. Før hele konstruksjonen er montert kan de enkeltstående delene være ustabile, dette tas ikke alltid nok hensyn til i prosjekteringen. På et prosjekt var det rapportert en nestenulykke som følge av mangelfull avstivning under montasje.



Figur 4.25. Risikofylt arbeidsoperasjon: montasje av element.

En av basene som ble intervjuet uttalte at bruk av elementer skapte et større arbeidspress på montaselaget. Dersom elementene monteres direkte fra bil økte presset for å gjennomføre monteringen raskt, slik at bilen kan returnere til fabrikken. Bruk av veggelementer forutsetter også at en god del av arbeidet ferdigstilles før endt arbeidsdag. For eksempel må ofte en hel etasje ferdigstilles for at bygget skal kunne tildekkes på en tilfredsstillende måte. Dette kan medføre at montaselaget øker montasjehastigheten for å unngå overtidarbeid. Intervjuobjektet mente dette økte sannsynligheten for uhell og skader.

Når det er flere kraner på byggeplassen er det alltid en risiko for kollisjon mellom dem. Ettersom veggelementer øker behovet for krankapasitet øker risikoen for kollisjoner i følge et av intervjuobjektene. Det ble også påpekt at store tunge biler generelt utgjør en risiko på byggeplassen.

Til tross for noen risikofylte arbeidsoperasjoner mente likevel flertallet at den totale sikkerheten blir bedre med bruk av veggelementer. Mindre arbeidstimer på byggeplassen reduserer sannsynligheten for uhell. Mindre arbeidstimer i høyden og mindre arbeidstimer i stillas ble også trukket frem som viktige faktorer. I tillegg var det en bas som uttalte at selv om elementene må løftes på plass så unngås flere andre tunge løft, for eksempel løft av vinduer og dører. Generelt var oppfatningen at sannsynligheten for uønskede hendelser var redusert, men at konsekvensene av eventuelle hendelser var økt.

Det ble gjentatte ganger nevnt at kontinuitet i monteringslaget er viktig for å unngå uhell. At arbeiderne kjenner rutinene og hverandres arbeidsmåter reduserer sannsynligheten for misforståelser. Dette gjelder også i stor grad kranfører. De ble sagt i to intervjuer at sannsynligheten for uhell også øker betraktelig når kranfører byttes ut.

Entreprenører er avhengige av å drive opplæring av lærlinger for å sikre arbeidskraft i fremtiden. En av basene på Hornebergtunet mente det var vanskelig å drive opplæring av lærlinger i prosjekter som benyttet prefabrikkerte veggelementer. Han mente at produksjon av bindingsverk var god trening for de yngste lærlingene. Dersom bindingsverket er ferdig når det ankommer plassen var det vanskelig å finne passende arbeid til lærlingene. Spesielt var det vanskelig å involvere lærlingene i montasjen siden dette er en krevende operasjon som gjerne krever mer erfaring. Ved et tilfelle hadde kranfører av sikkerhetshensyn nektet å løfte elementer når lærling var tilstede.

En person påpekte at veggelementer medfører mindre rot på plassen, og at arbeidsmiljøet blir bedre på en ryddig arbeidsplass. Den samme personen påpekte også at alle veggelementer løftes med kran. Dermed reduseres antall tunge løft. Den fysiske belastningen på arbeiderne blir altså mindre.

Transport

Ingen av intervjuobjektene hadde opplevd alvorlige skader på elementene under transport. Det var bare mindre hendelser som ble diskutert under intervjuene. Skade på vindspærre var i følge intervjuobjektene den vanligste typen skade. Dette er skader som kan utbedres på byggeplassen. En person påpekte dog av flere slike skader på vindspærren kan bidra til å reduseres byggets lufttetthet. Det var også registrert tilfeller hvor plastikken som beskyttet elementet var revet eller ikke var fullstendig tett. Dette kunne medførte at elementene ble fuktige og måtte tørkes.

Ved bruk av veggelementer må det tilrettelegges anleggsveier internt på byggeplassen. Dette ble påpekt av flere intervjuobjekter. På Hornebergtunet måtte det gjøres ekstra tiltak for at bilen med veggelementene kunne kjøre inn på byggeplassen. På grunn av dårlige grunnforhold måtte det gjøres tiltak for at veien skulle tåle vekten av bilen. I tillegg måtte veien utvides for å gjøre det mulig for bilen å manøvrere. Formannen på prosjektet mente at flere av kostnadene ved utbedring av anleggsvei kunne vært spart

dersom dette hadde vært planlagt tidligere i prosjektet. En av prosjektlederne mente at et boligprosjekt med stor grad av prefabrikkering kan tjene på å ferdigstille nesten alle arbeider utomhus før monteringen startet. En flat tomt med ferdige veier frem til husene ville gjøre fremkommeligheten på tomten mye enklere.

Utvikling i markedet

I fire av prosjektene gav samtlige intervjuobjekter uttrykk for å være positive til bruk av veggelementer. Mange hadde ikke arbeidet med veggelementer tidligere, men ønsket å benytte dette i senere prosjekter. Prosjektleder for prosjektet Aktiv Moholt var derimot skeptisk til videre bruk av veggelementer. Prosjektet hadde gitt dårlige erfaringer både når det gjaldt kostnader og produktivitet. Prosjektlederen mente at prosjekter må tilpasses bruk av veggelementer for at de teoretiske fordelene skal realiseres.

De fleste intervjuobjekter trodde bruken av veggelementer ville øke i fremtiden. Anleggslederne ved Hårstadhaugen og Hornebergtunet mente økning i bruk av veggelementer var helt nødvendig. Dette fordi de ikke hadde nok arbeidskraft til å utføre arbeidet selv.

Anleggs- og prosjektlederne ble spurt hvilken tilnærming deres firma har til bruk av veggelementer. Samtlige fortalte at det måtte vurderes i hvert enkelt prosjekt hvor egnet veggelementer var. Imidlertid kom det frem at veggelementer var spesielt ønskelig i prosjekter som hadde:

- Stor grad av gjentakelse
- Plassering i nærheten av fabrikk
- Krav til rask byggetid

4.3.5 Intervju transportansvarlige

Det ble gjennomført intervjuer med to personer som til daglig arbeider med transport av veggelementer. Informasjon om intervjuobjektene og dato for intervjuene fremkommer av Tabell 4.9. Av praktiske grunner ble intervjuene med de transportansvarlige gjennomført som telefonintervjuer.

Tabell 4.9: Intervjuobjekter transportansvarlige

Stilling	Bedrift	Dato
Transportansvarlig	Støren Treindustri	21. mars 2014*
Ansvarlig for elementtransport	OTTS	27. mars 2014*

* Telefonintervju

OTTS er et selskap med lang erfaring innenfor frakt av bygningselementer. Selskapet har kontrakter med både Skanska Husfabrikken og Støren Treindustri. OTTS er ansvarlig for frakt av alle elementer som produseres av Støren Treindustri. Dette ansvaret har selskapet hatt i fire år. I følge transportansvarlig ved Støren Treindustri er oppgjørsformen mellom selskapene noe kompleks. Økonomisk godtgjørelse for OTTS sine arbeider blir beregnet på bakgrunn av blant annet kjøreavstand og størrelse på elementene.

For å sikre en effektiv transport og effektiv lossing på byggeplassen setter transportansvarlig ved Støren Treindustri opp planer for hvordan elementene skal losses på lastebilen. Transportansvarlig har tett kommunikasjon med de ulike byggeprosjektene. Han avtaler hvilke elementer som skal leveres til hvilke tider basert på prosjektets fremdrift. Under utarbeidelse av disse planene forsøkes det å planlegge for effektiv lossing på byggeplass. Det tilstrebes også å utnytte bilens kapasitet i størst mulig grad. For å oppnå best mulig utnyttelse av bilens kapasitet er det også daglig kommunikasjon mellom Støren Treindustri og OTTS.

I utgangspunktet forsøkes det å avklare all transport tre dager i forveien. Mellom Støren Treindustri og OTTS er det en kontraktsfestet siste frist for endringer er klokken 09.00 dagen før transport. Transportansvarlig ved Støren Treindustri uttalte imidlertid at det sjeldent har vært problemer med sene endringer i transportplanene, og at dette ikke setter begrensinger for leveranse av elementer. Det var svært sjeldent at mangel på biler satte begrensninger for transport.

De to intervjuobjektene ble spurt hvilken fase av transporten som er den mest utfordrende. Transportansvarlig ved Støren Treindustri mente det ikke var noen faser av transporten som skilte seg spesielt ut. Ansvarlig for elementtransport hos OTTS mente fasen med lossing på byggeplassen var den mest utfordrende. Både i forhold til tidsbruk og sikkerhet. Hvert løft på byggeplassen utgjør en risiko, derfor var det fra OTTS sin side ønskelig med bedre pakking av elementene. Større pakninger ville redusere antall løft og dermed bedre både sikkerhet og effektivitet. Inkludert i kontrakten mellom Støren Treindustri og OTTS er en time til lossing på fabrikk og en time til lossing på byggeplass. Dersom det går med mer enn en time skal OTTS godtgjøres etter en avtalt takst.

Begge intervjuobjektene mente det var det største fare for skader på elementer med utstikkende punkter. For veggelementer er elementer hvor ytterste del av kledningen ikke er festet til bindingsverket spesielt utsatt. Dette er områder hvor kledningen lett kan knekke dersom den blir utsatt for støt.

Intervjuobjektene ble også spurt hvor de så det største forbedringspotensialet i forbindelse med transport. De mente begge at å holde elementene tørre og rene under transport var en stor utfordring. Under transport blir elementene utsatt for svært store

vindkrefter. Dermed er det vanskelig å holde vann og skit unna. Dersom det oppstår en liten rift i plasten som beskytter elementene vil denne utvides raskt, dermed kan vann og skit trenge inn i elementene. Heldekkende presenning er et av tiltakene som kan minimere faren for dette. Å dekke et helt lass med presenning er imidlertid et tidkrevende tiltak. I tillegg er det flere entreprenører som ikke tillater sjåførene å klatre på bilenes lasteplan på byggeplassen. Veggelementer er normalt opp mot tre meter høye, dermed blir fallhøyden stor. At sjåførene ikke får klatre på lasteplanet gjør det vanskelig å fjerne presenningen ved ankomst. Derfor benyttes ikke heldekkende presenning i dag. Krympeplast var også foreslått som løsning på problemet. Dette er imidlertid et kostbart tiltak. Det ble påpekt at det var få klager på at elementene var våte eller skitne ved levering, men at dette var et av områdene som likevel kunne forbedres.

Ansvarlig for elementtransport ved OTTS mente det aller største forbedringspotensialet er i forhold til adkomst på byggeplassen. Transportselskapet blir sjeldent involvert i logistikkplanleggingen på byggeplassen. I følge intervjuobjektet ble levering og lossing ofte planlagt av personer som hadde begrenset kunnskap om transport. Derfor oppstår det mange tilfeller hvor biler ikke kan manøvrere som planlagt på byggeplassen. I flere tilfeller har transportselskapet vært nødt til å losse elementene over på mindre biler for å komme til på byggeplassen. Intervjuobjektet mente det er store gevinster å hente ved å involvere transportselskapet tidligere i planleggingen. I dag blir selskapet sjeldent involvert før det er for sent å gjøre de nødvendige tilpasningene på byggeplassen.

4.4 SPØRREUNDERSØKELSE

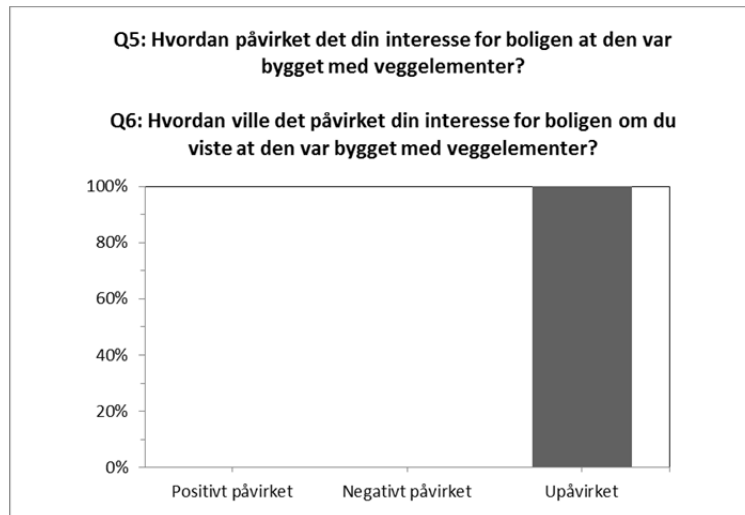
Spørreundersøkelsen ble gjennomført i to borettslag som ble bygget med veggelementer. For å skape et sammenligningsgrunnlag ble det valgt et byggeprosjekt som benyttet veggelementer med lav prefabrikkeringsgrad, og et med veggelementer av høy prefabrikkeringsgrad. Dette ble gjort for å avdekke eventuelle forskjeller i brukernes oppfatning av byggets kvalitet.

- *Hommelvik Sjøside byggetrinn 1* ble ferdigstilt i utgangen av 2012, og ble oppført med veggelementer av lav prefabrikkeringsgrad. Veggelementene var åpne uten kledning eller dampsperre. Veggelementene til byggetrinn 1 ble levert av et østeuropeisk selskap. Teknobygg Entreprenør hadde i utgangspunktet hovedentreprise for oppføring av leilighetene ved Hommelvik Sjøside. Grunnet konkurs ble arbeidet ferdigstilt av Maja Eiendom.
- *Gystadmyra Borettslag* består av 105 leiligheter som ble ferdigstilt i 2008. På Gystadmyra ble det benyttet veggelementer med høy prefabrikkeringsgrad. Veggelementene var lukkede med to tettesjikt og innvendig kledning. Veggelementene ble levert av Skanska Husfabrikken. De 105 leilighetene på Gystadmyra ble oppført som totalentreprise av Skanska Norge for Faktor Eiendom.

Som introduksjon til spørreundersøkelsen ble formålet for forskningsarbeidet presentert til respondentene. Det ble forklart at beboerne var valgt ut til å delta fordi deres bolig var bygget med veggelementer. I tillegg ble det forklart hva veggelementer er og hvordan de benyttes.

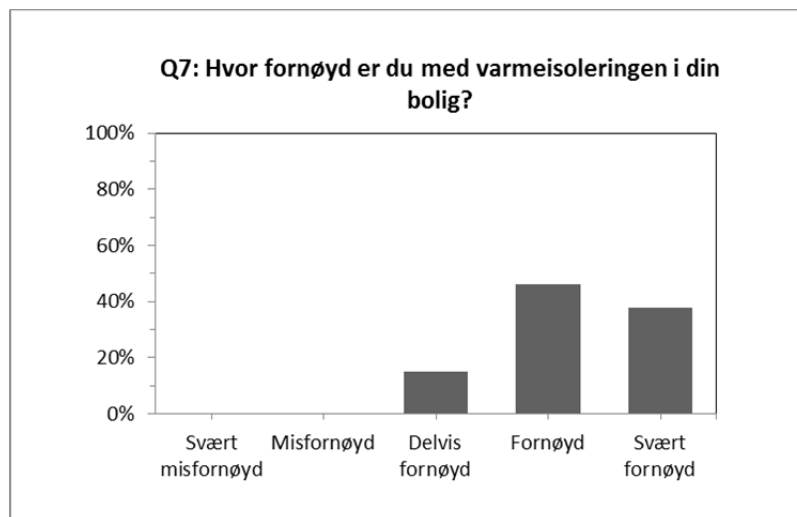
I undersøkelsen ble respondentene spurt om de før undersøkelsen visste at boligen var bygget med veggelementer. 54 % av respondentene var klar over dette. Et stort flertall av disse hadde fått opplyst dette i kjøpsfasen. Det var spesielt beboere som flyttet inn når bygget ble ferdigstilt som hadde fått opplyst dette ved kjøp.

Respondentene ble spurt hvordan det påvirket deres interesse for boligen at bygget var oppført med veggelementer. De respondentene som ikke hadde fått opplyst dette ved kjøp ble spurt hvordan det ville påvirket deres interesse for boligen. Svarene på dette spørsmålet var entydige. Samtlige respondenter svarte at deres interesse for boligen var eller ville vært upåvirket av at veggelementer ble benyttet. Figur 4.26 viser svarfordelingen for de to spørsmålene samlet i en figur.

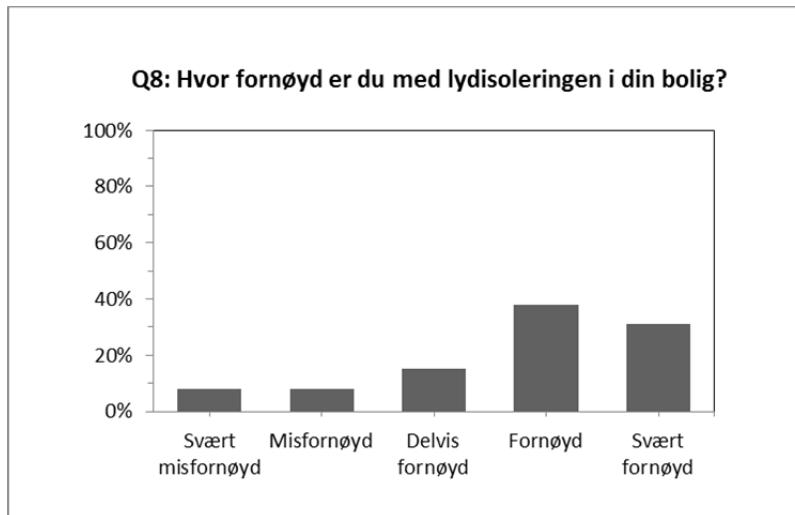


Figur 4.26. Svarfordeling spørsmål Q5 og Q6.

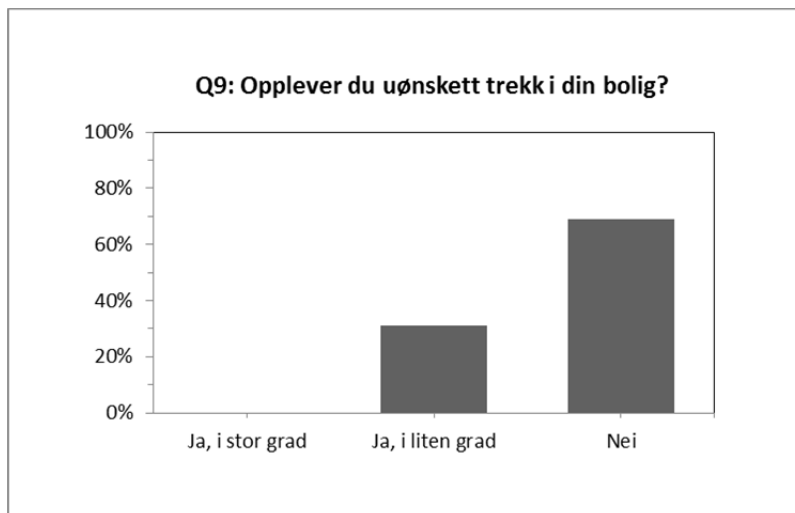
Tre spørsmål tok sikte på å måle beboernes tilfredshet med kvalitetene på bygget. Parameterne som ble målt var varmeisolasjon, lydisolasjon og tetthet. Som mål på tetthet ble beboerne spurt om de opplevde uønsket trekk i boligen. Resultatene fra disse tre spørsmålene er presentert i Figur 4.27 – Figur 4.29. Resultatene tilsa at det ikke var forskjeller i kvalitet mellom bygget med lav- og høy prefabrikeringsgrad på veggelementene. Svarene var jevnt fordelt og ingen av borettslagene som utmerket seg med spesielt positive eller negative svar.



Figur 4.27. Svarfordeling spørsmål Q7, varmeisolering.

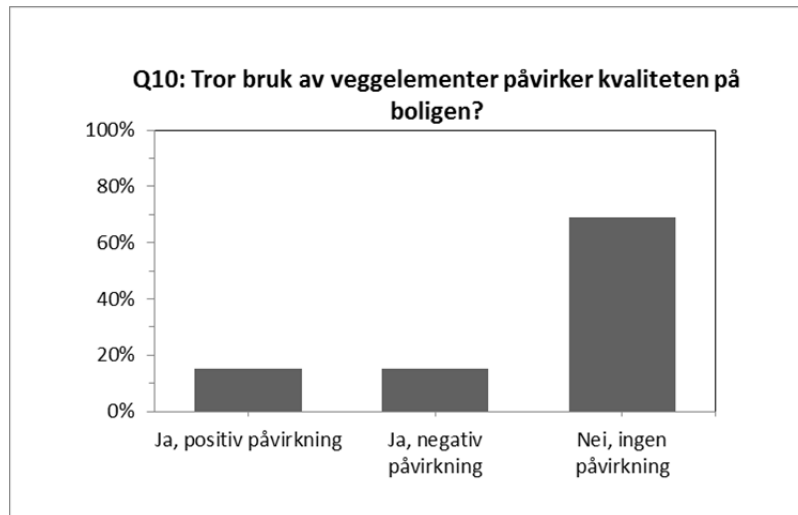


Figur 4.28. Svarfordeling spørsmål Q8, lydisolering.



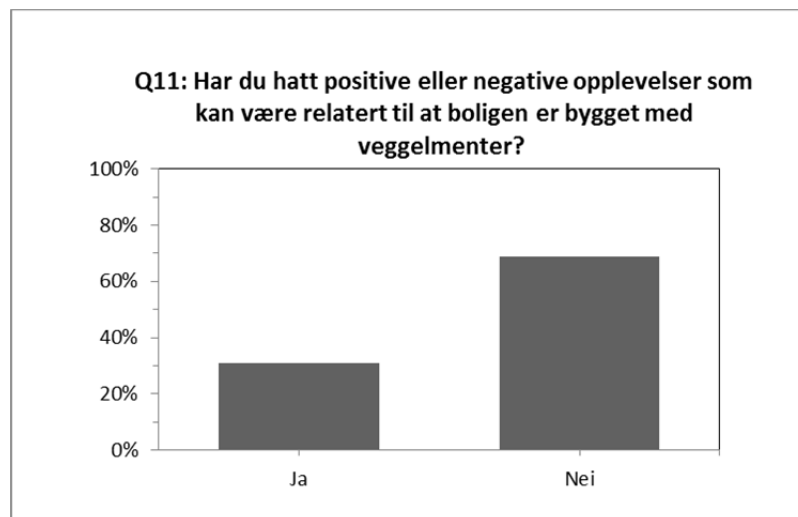
Figur 4.29. Svarfordeling spørsmål Q9, uønsket trekk.

Respondentene ble spurt om de trodde bruk av veggelementer hadde påvirket kvaliteten på boligen. 70 % trodde ikke veggelementer påvirket byggets kvalitet. Av de resterende 30 % trodde 15 % at veggelementer hadde positiv påvirkning, og 15 % at veggelementer hadde negativ påvirkning. Svarfordelingen er illustrert i Figur 4.30.



Figur 4.30. Svarfordeling spørsmål Q10, veggelementers påvirkning på byggets kvalitet.

Avslutningsvis ble respondentene spurt om de hadde hatt positive eller negative opplevelser som kunne være relatert til bruken av veggelementer. Som det kommer frem av Figur 4.31 hadde 31 % opplevd hendelser de trodde kunne være relatert til bruk av veggelementer. De som svarte ja på spørsmålet ble bedt om å utdype dette. De fleste tilbakemeldingene var i forhold til byggets isolasjon. Noen respondenter opplevde isolasjonen som spesielt god, andre opplevde den som spesielt dårlig.



Figur 4.31. Svarfordeling Q11, opplevelser relatert til veggelementer.

Resultatene som er presentert her er nøkkelinformasjon fra spørreundersøkelsen. En fullstendig oversikt over svarene finnes i rapportens bilag [Bilag C].

KAPITTEL 5: DISKUSJON

5. DISKUSJON

5.1. Forskningsspørsmål 1: Produksjon på fabrikk sammenlignet med byggeplass.

- 5.1.1. Kvalitet
- 5.1.2. Produktivitet
- 5.1.3. Logistikk
- 5.1.4. Miljø
- 5.1.5. SHA

5.2. Forskningsspørsmål 2: Veggelementers påvirkning på byggeprosjektet

- 5.2.1. Kvalitet
- 5.2.2. Tidsbruk
- 5.2.3. Kostand
- 5.2.4. Logistikk
- 5.2.5. Fleksibilitet
- 5.2.6. Miljø
- 5.2.7. SHA

5.3. Forskningsspørsmål 3: Veggelementers påvirkning på interessentene

- 5.3.1. Byggherre
- 5.3.2. Arkitekt
- 5.3.3. Entreprenør
- 5.3.4. Bruker

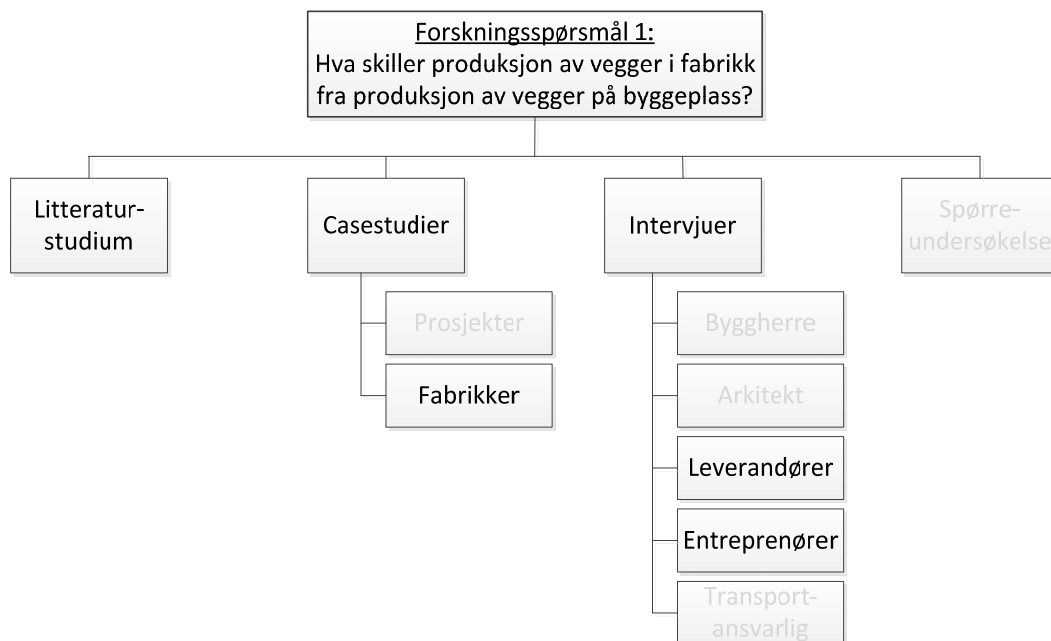
5.4. Forskningsspørsmål 4: Prosjekter hvor veggelementer er hensiktsmessig

5.5. Forskningsspørsmål 5: Utvikling i markedet

I dette kapittelet diskuteres resultatene som ble presentert i Kapittel 4. Kapittelet er strukturert etter rapportens fem forskningsspørsmål, med et underkapittel for hvert spørsmål. Forskningsspørsmålene diskuteres med bakgrunn i resultatene, og sammenlignes med teorien som ble presentert i Kapittel 3..

5.1 FORSKNINGSSPØRSMÅL 1: PRODUKSJON PÅ FABRIKK SAMMENLIGNET MED BYGGEPLASS.

Her diskuteres rapportens første forskningsspørsmål “hva skiller produksjon av vegger i fabrikk fra produksjon av vegger på byggeplass?” Figur 5.1 viser med uthevet skrift hvilke deler av resultatkapittelet som benyttes i denne diskusjonen. Produksjon av vegger på byggeplass og produksjon av vegger i fabrikk er to prosesser som tilsynelatende er svært like. Veggene har samme oppbygging og monteres i samme rekkefølge. Likevel viser resultatene fra casestudiene og intervjuene at fabrikkproduksjon gir nye muligheter og kan forenkle produksjonsprosessen. Resultatene fra undersøkelsene viser at forskjellene mellom fabrikkproduksjon og produksjon på byggeplass i hovedsak er relatert til parameterne kvalitet, produktivitet, logistikk, miljø og SHA.



Figur 5.1: Resultater benyttet i kapittel 5.1.

5.1.1 Kvalitet

Ved produksjon av vegger på byggeplass er det fare for nedfukting av byggematerialene. Casestudiene viste at fabrikkene gjorde jevnlige kontroller av luftfuktigheten i produksjonslokalene. Det er derfor ingen grunn til å tro at byggfukt er

et problem i selve produksjonsfasen. Men det er ikke bare byggematerialene som er skjermet for vær og vind ved fabrikkproduksjon. Også arbeiderne er innendørs i kontrollert klima. Det ble hevdet under intervjuene at arbeiderne er mer produktive og gjør mindre feil når produksjonen foregår innendørs. Disse uttalelsene samsvarer blant annet med teorien til Ibbs (2005) og Nguyen (2010).

Flere av intervjuobjektene hevdet at det er lettere å standardisere arbeid på fabrikk enn på byggeplass. Teori fra blant annet Anderson og Anderson (2007) støtter opp om dette. Både Skanska Husfabrikken og spesielt Støren Treindustri har i stor grad standardisert produksjonen. Slik standardisering skal i følge flere litterære kilder (Liker og Maier, 2006; Moore, 2006) bidra til å redusere feilraten i produksjonen. Resultatene fra intervjuene tyder på at dette stemmer. Nøkkelpersoner hos leverandørene uttalte at standardisering reduserte feilraten. Entreprenørene bekreftet også at feilraten var lav. Noen intervjuobjekter mente imidlertid feilraten, til tross for at den var redusert, fortsatt var for høy. Dette kan tyde på at bedre kvalitetskontroller er noe som bør prioriteres på fabrikkene. Også Johnson og Meiling (2009) påpeker at høyt fokus på produktivitet, men for lavt fokus på kvalitetskontroll er en utfordring ved fabrikkproduksjon.

I fabrikkene var det fokusert på å holde fabrikk ryddig til enhver tid. Det var også satt opp verktøytavler som gjorde det enkelt for arbeiderne å finne riktig utstyr. På en byggeplass må produksjonen foregå ved veggens endelige plassering. Dermed må materialer og utstyr stadig flyttes rundt på byggeplassen. På en fabrikk derimot, vil produksjonen alltid foregå på samme sted. Dette gjør det lettere å forutse hvor det er behov for ulikt material og utstyr. I tråd med teorien til Baloi og Prince (2003) hevdet representanter for fabrikkene at dette øker både kvalitet og produktivitet. At produksjonen foregår på samme sted gjør det også enklere å forutse hvor det oppstår avfall. Dermed er det lettere å legge til rette for resirkulering.

5.1.2 Produktivitet

En av de største fordelene med å produsere vegger på fabrikk er potensialet for økning i produktivitet. Ved Støren Treindustri er den gjennomsnittlige enhetstiden 0,38 timeverk/m²-yttervegg. Til sammenligning oppgir Norconsult (2013) 1,15 timeverk/m² som gjennomsnittlig enhetstid på byggeplass. Holte (2013) opererer 1,25 timeverk/m² som gjennomsnittlig enhetstid. Dette viser at produksjon på fabrikk, uten at transport og montasje vurderes, kan være mer enn tre ganger så effektivt som produksjon på byggeplass. Produksjonslinjene ved Støren Treindustri er svært automatisert. Det er derfor trolig at produktiviteten hos en gjennomsnittlig leverandør er lavere enn ved Støren Treindustri.

5.1.3 Logistikk

Resultatene fra caseundersøkelsene viser at logistikkhåndtering på fabrikk er vesentlig enklere enn på byggeplass. I teoridelen ble det presentert typiske problemstillinger med logistikkhåndteringen på tradisjonelle byggeplasser. Disse problemstillingene var hentet fra Veiseth et al. (2004). I det følgende gjengis problemstillingene fra *Kapittel 3.3.4: Logistikk*. Under hver problemstilling diskuteres det hvordan den blir påvirket av at produksjonen foregår på fabrikk.

- *“Det er i liten grad tenkt gjennom hvordan materialer skal leveres, lagres, forflyttes og håndteres”*
Forutsigbarhet i fabrikkproduksjonen gjør det enklere å planlegge levering, lagring og forflytting av materialer. Det er egne områder for mottak av materialer, disse er uforandret over tid. Lagring av materialene foregår på egne lager som er tilpasset materialene. Forflytning av materialene gjennom produksjonslinjen foregår stort sett alltid på samme måte. Disse faktorene gjør at materialflyten på fabrikk er mer forutsigbar og lettere å håndtere enn på byggeplass.
- *“Dårlig oversikt over materialer gjør at det blir bestilt mange hasteordrer fra byggeplassen”*
Fabrikkenes egne lager for materialer gjør det enkelt å holde oversikt over materialbeholdningen. Produksjonen på fabrikk er også jevn over tid. I motsetning til produksjonen på byggeplass, som kan variere mye. Dermed er det enklere å forutse hvor mye materialer som er nødvendig lengre frem i tid.
- *“Det er ofte dårlig tilgjengelighet og fremkommelighet for biler og for å komme til med materialer som er lagret og skal forflyttes”*
Fabrikkene som ble studert ligger strategisk plassert nært leverandører av råvarer. Plasseringene er også slik at fremkommelighet ikke byr på utfordringer.
- *“Dårlig logistikkhåndtering gir rot på arbeidsplassen, noe som igjen gjør det vanskelig å holde oversikten”*
Fabrikkene som ble studert i casestudiene var ryddige og oversiktlige. God logistikkhåndtering er trolig en av hovedgrunnene til dette. Det ble også uttalt under intervjuene at fokus på ryddighet var blitt prioritert de siste årene.

5.1.4 Miljø

Resultatene fra casestudiene viser at avfallsmengden blir mindre når vegger produseres på fabrikk. Den forutsigbare materialflyten i fabrikk reduserer mengden svinn på materialer. Bruk av kappemaskiner reduserer også avfallsmengdene, ettersom de selv kalkulerer hvordan kappingen bør gjennomføres for å minimere mengden avkapp. Ved Støren Treindustri går 3-4 % av trematerialet med til avkapp. Dette er svært lavt i forhold til tradisjonelle byggeplasser. Holte (2013) estimerer at en normal byggeplass har om lag 10 % svinn på trematerialer.

Ved produksjon på fabrikk er det lettere å legge til rette for effektiv resirkulering. Den forutsigbare materialflyten gjør det mulig å forutse hvor avfall vil oppstå. Dermed kan resirkuleringen planlegges og forbedres ved å sette opp avfallsstasjoner i disse områdene. Effekten av dette vises i resirkuleringsgraden ved Skanska Husfabrikken, som er på over 90 %. Til sammenligning er minstekravet på byggeplasser i dag 60 % (Kommunal- og Moderniseringsdepartementet, 2010).

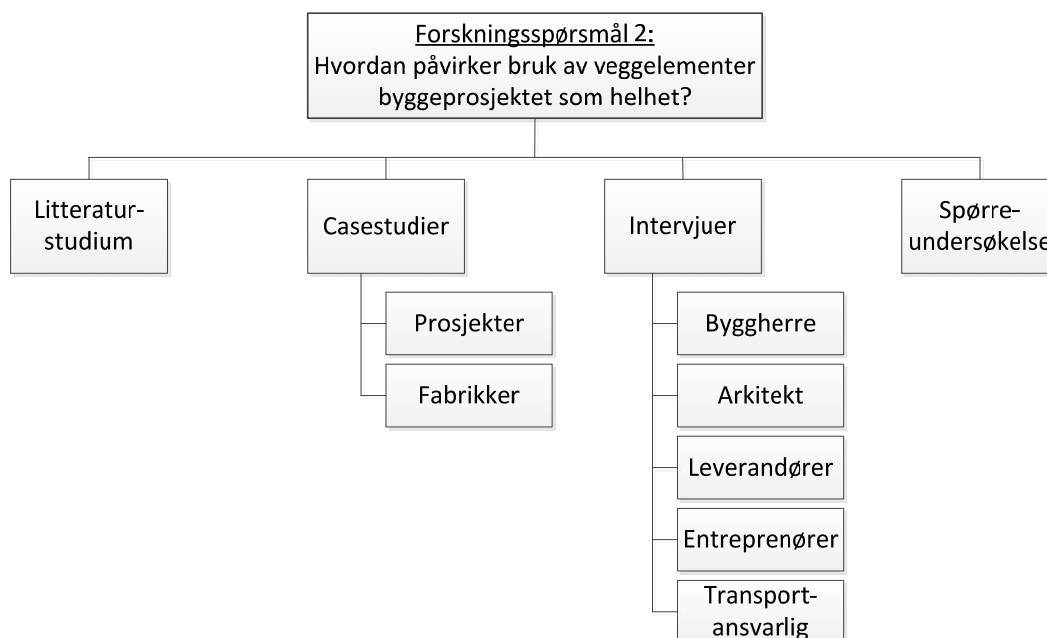
5.1.5 SHA

Intervjuene som ble gjennomført blant leverandørene indikerer at produksjon på fabrikk medfører færre skader enn produksjon på byggeplass. Fabrikkene er ryddige og oversiktlige. Intervjuobjektene mente dette reduserer sannsynligheten for uhell og skader. Dette er i samsvar med eksisterende teori. Hislop (1999) er en av forfatterne som mener at ryddighet og oversiktighet er direkte relatert til antall arbeidsulykker.

Casestudiene viste at det gjennomføres svært lite arbeid i høyden på fabrikk. Dette reduserer sannsynligheten for fallulykker. Ved Støren Treindustri er store deler av produksjonen automatisert. At maskiner gjennomfører arbeidet bedrer i følge administrerende direktør sikkerheten betraktelig. Resultatene fra casestudiene og intervjuene samsvarer med teorien om at sikkerheten på fabrikk er bedre enn på byggeplass. At Skanska Husfabrikken har hatt fire år siden forrige arbeidsuhell som medførte fravær støtter ytterligere opp under dette.

5.2 FORSKNINGSSPØRSMÅL 2: VEGGELEMENTERS PÅVIRKNING PÅ BYGGEPROSJEKTET

Veggelementer i seg selv utgjør en liten del av det totale byggeprosjektet. Likevel har bruken av veggelementer store innvirkninger på resten av prosjektet. Resultatene fra undersøkelsene tyder på at de viktigste påvirkningene er i forhold til kvalitet, tidsbruk, kostnad, logistikk, fleksibilitet, miljø og SHA. I dette delkapittelet diskuteres det hvordan disse parameterne påvirkes av at veggelementer benyttes. Figur 5.2 viser at resultater fra samtlige datainnsamlingsmetoder benyttes i diskusjonen rundt rapportens andre forskningsspørsmål. De fleste av resultatene samsvarte med bakgrunnsteorien som ble presentert i *Kapittel 3: Teori*. Men det var også noen av resultatene som avviker fra eksisterende teori. De viktigste resultatene rundt det andre forskningsspørsmålet oppsummeres i tabellform i slutten av hvert delkapittel. En oppsummering av samtlige resultater finnes også i rapportens bilag [Tabell D.1].



Figur 5.2. Resultater benyttet i kapittel 5.2.

5.2.1 Kvalitet

Edwardsen og Ramstad (2006) er blant forfatterne som hevder at veggelementer gjør det vanskeligere å få bygget tett. Resultatene fra denne undersøkelsen tyder imidlertid på at veggelementer ikke har negativ innvirkning på byggets tetthet. Det store flertallet av intervjuobjektene mente tettheten var upåvirket eller bedre ved bruk av veggelementer. Også resultatene fra casestudiene viser at bruk av veggelementer ikke har negativ innvirkning på tettheten. Ved Gjønnnes Gård var målt lufttetthet for en tomannsbolig på 0,9 luftutskiftninger per time ved 50 MPa trykk. Dette er langt

innenfor kravene for slike bygg, som er på maksimum 2,5 luftutskiftninger per time (Kommunal- og Moderniseringsdepartementet, 2010). Også på Hornebergtnet og Lerkendal Hotell var det gjennomført trykkmålinger med gode resultater. Dette var imidlertid bare prøvemålinger og ikke fullstendige trykkprøver. Det var heller ingen resultater fra spørreundersøkelsen som indikerte at veggelementer hadde negativ innvirkning på byggets tetthet. Ingen av respondentene mente å oppleve stor grad av uønsket trekk i deres bolig.

Leverandørene av veggelementer har brukt mye tid på å utvikle og standardisere gode løsninger for skjøter mellom elementene. Noe som er avgjørende for byggets tetthet. Spørreundersøkelsen som ble gjennomført viste at beboerne ikke opplevde trekk som et problem i boligene. Også resultatene fra casestudiene og intervjuene kan tyde på at løsningene nå er så gode at veggelementer ikke står tilbake for plassbyggede vegger med tanke på tetthet. Byggherren for boligprosjektet på Hårstadhaugen uttalte akkurat dette. Han hadde tidligere vært skeptisk til bruk av veggelementer på grunn av tetthet. Men nå mente han at kvaliteten var blitt så god at tetthet ikke lenger var et problem.

I spørreundersøkelsen som ble gjennomført ble beboerne bedt om å vurdere kvaliteten på byggets isolasjon. De ble spurt hvor tilfreds de var med byggets varme- og lydisolasjon. Resultatene viser at respondentene er godt fornøyd med kvaliteten. Eneste negative tilbakemeldinger var i forhold til lydisolasjon. Det var imidlertid en liten prosentandel som hadde negative tilbakemeldinger. Resultatene danner ikke grunnlag for å påstå at veggelementer har negativ innvirkning på lydisolasjonen.

Resultatene fra casestudiene og intervjuene indikerer at faren for byggfukt reduseres betraktelig ved bruk av veggelementer. Spesielt ved bruk av store isolasjonstykkelser som i passivhus kan dette være avgjørende for valg av produksjonsmetode. Noen av intervjuobjektene som var ansatt hos entreprenører påpekte likevel at fukt kan trenge inn i veggelementene under transport. Dette støttes opp av uttalelsene til de transportansvarlige som ble intervjuet. Ved transport utsettes elementene for svært store vindlaste. Derfor er det vanskelig å sikre seg mot fukt i denne fasen. Et av de foreslåtte tiltakene var bedre emballasje i form av heldekkende presenning eller bruk av krympeplast. Heldekkende presenning er imidlertid tidkrevende, fjerning av presenningen medfører også risikofylt arbeid i høyden. Krympeplast er en kostbar løsning som kan gjøre veggelementer mindre konkurransedyktig på pris. Ettersom fukt i elementene under transport er et forholdsvis lite utbredt problem har det ikke blitt prioritert å implementere noen av disse tiltakene.

Noen intervjuobjekter utalte at elementene også kan utsettes for fukt under montasje. Dersom det monteres i regn mente intervjuobjektene likevel at tildekking med plast var tilstrekkelig for å løse problemet. Totalt sett tyder resultatene på at problemer med byggfukt nesten er fraværende ved bruk av veggelementer.

Som skrevet tidligere indikerer resultatene fra intervjurunden at kvaliteten på veggene blir bedre ved produksjon på fabrikk. Veggelementer er imidlertid utsatt for skader under transport og montasje. Johnsson og Meiling (2009) skriver at bare 10 % av de registrerte feilene ved bruk av bygningselementer av tre er knyttet til transport. Resultatene fra denne undersøkelsen tyder også på at transport medfører lite skader. De skadene som ble omtalt var også mindre skader som ble utbedret på byggeplassen. Skader under montasje virker imidlertid å forekomme mye hyppigere. Dette ble utalt av intervjuobjektene, og det ble observert i casestudiene. Også dette er i tråd med hva Johnsson og Meiling (2009) skriver, nemlig at 35 % av feilene ved bygningselementer er knyttet til montasje. At montaselaget er utsatt for tidspress er trolig en av grunnene til dette. Når montasjen skal gjennomføres raskt kan det i noen tilfeller gå ut over nøyaktigheten.

I Tabell 5.1 oppsummeres hvilke innvirkninger på kvaliteten som kan forventes ved bruk av veggelementer.

Tabell 5.1: Veggelementers innvirkning på kvalitet	
Positiv innvirkning	Negativ innvirkning
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redusert fare for byggfukt ▪ Standardisering av arbeid gir lavere feilrate 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Skader og fukteksponering under transport ▪ Skader og fukteksponering under montasje

5.2.2 Tidsbruk

Et stort flertall av intervjuobjektene mente den største fordelen med veggelementer er redusert byggetid. I casestudiene ble det gjennomført to tidsstudier, for å få en indikasjon på hvorvidt veggelementer faktisk reduserer tidsbruken på byggeplass. I Tabell 5.2 oppsummeres nøkkeltall fra tidsstudiene. Tabellen viser produktiviteten ved montasje av veggelementer. For sammenligning presenteres også tall fra Kalkulasjonsøkkelen (Holte, 2013) og Norsk Prisbok (Norconsult, 2013). Dette er produktivitet ved plassbygging av tilsvarende vegger, basert på erfaringstall.

Tabell 5.2: Enhetstider for montasje av veggelementer sammenlignet med plassbygget vegger

	Produksjons- metode	Enhetstid [tv/element]	Enhetstid [tv/m ²]	Produktivitet [m ² /tv]
Gjønnnes Gård:	Veggelementer	2,04	0,10	10,00
Hårstadhaugen:	Veggelementer	2,18	0,14	7,14
Kalkulasjons-nøkkelen ^a :	Plassbygget	-	1,25	0,80
Norsk Prisbok ^b :	Plassbygget	-	1,18	0,85

^a Holte (2013)

^b Norconsult (2013)

Resultatene viser en enhetstid for montasje av elementer på 0,1 tv/m²-vegg ved Gjønnnes Gård. Målingene på Hårstadhaugen viste gjennomsnittlig enhetstid på 0,14 tv/m². Til sammenligning opererer Norconsult (2013) men en enhetstid på 1,15 tv/m² for en tilsvarende komplett plassbygget yttervegg med 250 mm isolasjon. Holte (2013) oppgir 1,25 tv/m² for samme type vegg. De målte enhetstidene på Gjønnnes Gård er altså 12,5 ganger lavere enn erfaringstallene til Holte (2013). Det må imidlertid tas høyde for at erfaringstallene er for komplette yttervegger. Målingene fra casestudiene inkluderer derimot ikke kompletteringsarbeid på byggeplassen. Dette kan utgjøre en betraktelig del av arbeidet. Tallene fra casestudiene er derfor ikke direkte sammenlignbare med erfaringstallene fra litteraturen. På prosjektet Moholt Aktiv uttalte entreprenørens prosjektleder at krevende kompletteringsarbeid var hovedgrunnen til at den totale produktiviteten ble lav. Dette til tross for at de målte enhetstidene uten kompletteringsarbeider var 0,4 tv/m², altså fire ganger høyere enn enhetstidene som ble målt på Gjønnnes Gård.

På Hårstadhaugen skulle det monteres dampspærre og lektes 50 mm isolasjon på innsiden av elementene. I tillegg skulle det monteres innvendig kledning. I følge Norconsult (2013) er gjennomsnittlig enhetstid på dette arbeidet 0,61 tv/m². I noen områder skulle også den stående kledningen kompletteres på byggeplassen. Dermed vil den totale enhetstiden øke ytterligere. Altså kan det forventes at kompletteringsarbeidet er atskillig mer tidkrevende enn selve montasjen. På Gjønnnes Gård ble det benyttet lukkede elementer. Dermed er det mindre komplettering som må utføres på byggeplassen. Entreprenørens prosjektleder på Gjønnnes Gård uttalte likevel at kompletteringsarbeider utgjorde en betydelig del av arbeidet.

Ettersom tallene fra casestudiene ikke inkluderer kompletteringsarbeider kan de altså ikke sammenlignes direkte med tallene fra Norsk Prisbok og Kalkulasjonsnøkkelen. Hensikten med målingene var imidlertid å få en indikasjon på hvordan bruk av veggelementer påvirker tidsbruken på byggeplass. Resultatene viser at veggelementer

har potensiale til å redusere enhetstidene dersom de benyttes på riktig måte. Enhetstider på $0,10 \text{ tv/m}^2$ gir en produktivitet på $10 \text{ m}^2/\text{tv}$. Med dette har prosjektet på Gjønnes Gård trolig betraktelig bedre produktivitet enn det ville hatt ved plassbygd produksjon, selv etter at kompletteringsarbeider er utført. Til sammenligning oppgav prosjektleder for Moholt Aktiv en enhetstid på om lag $0,4 \text{ tv/m}^2$. Dette gir en produktivitet på $2,5 \text{ m}^2/\text{tv}$. Her er det trolig at den totale produktiviteten etter at kompletteringsarbeider var utført ble lavere enn den ville vært om veggene ble plassbygget.

Resultatene i Tabell 5.2 viser at enhetstiden på Gjønnes Gård var 29 % lavere per kvadratmeter enn på Hårstadhaugen. Enhetstiden per element var imidlertid bare 8 % lavere. Dette er fordi elementene på Gjønnes Gård i gjennomsnitt var større enn elementene på Hårstadhaugen. Produktiviteten på Gjønnes Gård var høyere enn på Hårstadhaugen. Men effekten forsterkes av at det ble benyttet større elementer. Dette underbygger teorien til Edvardsen og Ramstad (2006) om at montasjetiden per element i liten grad er påvirket av elementets størrelse. For å øke produktiviteten vil det altså lønne seg å benytte store elementer. Som diskutert tidligere er det imidlertid vanskelig å transportere og håndtere elementene dersom størrelsene blir for store.

De presenterte resultatene indikerer at tidsbruken på byggeplass kan reduseres ved bruk av veggelementer. Tallene i Tabell 5.2 inkluderer imidlertid ikke tiden det tar å produsere elementene på fabrikk. Dette er tatt høyde for i Tabell 5.3. Her er det lag til en enhetstid på $0,38 \text{ tv/m}^2$ som er enhetstiden for produksjon av veggelementer ved Støren Treindustri. Disse tallene gir et inntrykk av den totale arbeidsmengden som skal til for å produsere og montere veggene.

Tabell 5.3: Enhetstider for produksjon og montasje av veggelementer sammenlignet med plassbygde vegger

	Produksjons- metode	Enhetstid produksjon og montasje [tv/m ²]	Produktivitet [m ² /tv]
Gjønnnes Gård:	Veggelementer	0,48	2,11
Hårstadhaugen:	Veggelementer	0,52	1,92
Kalkulasjons-nøkkelen ^a :	Plassbygget	1,25	0,80
Norsk Prisbok ^b :	Plassbygget	1,18	0,85

^a Holte (2013)

^b Norconsult (2013)

Vi ser av tabellen at den totale produktiviteten fortsatt er bedre ved bruk av veggelementer. Dette samsvarer med resultatene til Friedmann (2007). Det må imidlertid tas med i betraktningen at kompletteringsarbeider fortsatt ikke er inkludert i målingene.

For en fullstendig vurdering av hvilken produksjonsform som gir best produktivitet må flere faktorer vurderes. Blant annet arbeidstimer ved transport og av- og pålossing. Målingene tar utelukkende for seg arbeidsproduktivitet. Andre resurser som for eksempel krankapasitet er ikke vurdert. Det er også viktig å ta med i betraktningen at antall målinger i denne studien var få. Derfor er det ikke usannsynlig at tilfeldigheter kan ha påvirket resultatene. Resultatene gir likevel en tydelig indikasjon på at veggelementer kan bedre produktiviteten om det benyttes i riktige prosjekter. Bruk i feil prosjekter vil derimot føre til at enhetstidene øker. For å oppnå god produktivitet er det avgjørende å planlegge montasjen godt og unngå for mye kompletteringsarbeider på byggeplassen.

Tabell 5.4: Veggelementers innvirkning på tidsbruk

Positiv innvirkning	Negativ innvirkning
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kortere byggeprosjekt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Potensielt tidkrevende kompetteringsarbeider

5.2.3 Kostnad

Resultatene gir ingen klar indikasjon på hvordan veggelementer påvirker prosjektets totale kostnader. At byggetiden kan reduseres har utvilsomt positiv innvirkning på prosjektets økonomi. Blant annet i form av reduserte rigg-, lønns- og kapitalkostnader. Leverandørene av veggelementer mener også at frigjort riggplass vil gjøre byggeplassen mer effektiv. I tillegg mener de at færre byggefeil reduserer kostnaden av utbedringer. Det virker imidlertid å være enighet om at kostnaden av endringene som må gjøres i prosjektet vil øke.

De fleste intervjuobjektene var også enige om at transportkostnadene vil øke ved bruk av veggelementer. Disse uttalelsene samsvarer med teorien til Wong (2012). Adm. dir. ved Støren Treindustri mente imidlertid at den totale transportbelastningen ble redusert som følge av at mindre personell og mindre avfall må fraktes til og fra byggeplassen. Også Gibb (1999) benytter denne argumentasjonen. Resultatene fra denne studien bekrefter at antall personer på byggeplassen kan reduseres ved bruk av veggelementer. Dermed vil transport av personell reduseres. Resultatene gir imidlertid ikke klart svar på hvorvidt avfallsmengden faktisk blir redusert, slik som Gibb (1999) argumenterer for. Det er derfor usikkert om transport av avfall vil reduseres eller øke ved bruk av veggelementer. Resultatene indikerer imidlertid at den totale transportbelastningen, og kostnaden av denne vil øke ved bruk av veggelementer.

I flere av prosjektene ble det uttalt at entreprenøren valgte å benytte veggelementer for å redusere kostnadene. Det lykkes ikke å få tilgang til gode erfaringstall på kostnader ved bruk av veggelementer. Dette kan være fordi entreprenører ikke ønsker å offentliggjøre slik informasjon. Forfatterens oppfatning var likevel at de fleste entreprenørene ikke var i besittelse av nok data til å utarbeide gode erfaringstall. Uttalelsene under intervjuene viser at mange mener veggelementer er kostnadsbesparende i riktig type prosjekter. Det kreves imidlertid mer forskning for å kunne underbygge en slik påstand.

Tabell 5.5: Veggelementers innvirkning på kostnad

Positiv innvirkning

- Kortere prosjekt gir lavere riggkostnader
- Kortere prosjekt gir lavere kapitalkostnader
- Mindre arbeidstimer gir lavere lønnskostnader

Negativ innvirkning

- Endringer blir dyrere
 - Økte transportkostnader
-

5.2.4 Logistikk

Bruk av veggelementer vil påvirke logistikken på byggeplassen i stor grad. Behov for økt krankapasitet vil som oftest være en konsekvens. Men bruk av veggelementer vil samtidig frigi mye riggplass. Dette kommer frem av intervjuene, og påpekes også av Gibb og Neale (1997). Frigitt riggplass kan være en avgjørende faktor i prosjekter med liten tomt. Men selv om veggelementer krever lite riggplass vil det som oftest oppstå behov for mellomagring av elementer. Det kom frem under intervjuene at dette er noe som i større grad burde tas hensyn til i byggeprosjektets riggplan.

Bruk av veggelementer påvirker også personallogistikken. Casestudiene og intervjuene viste at montasjelagene normalt bestod av tre til fire personer. Dette betyr at entreprenører kan redusere bemanningen når det benyttes veggelementer.

En viktig del av logistikken på byggeplass er håndtering av leverandører og leveranser. En av ulempene med veggelementer er at konsekvensen av sene leveranser kan bli svært store. Derfor er det spesielt viktig at håndtering av leverandører og leveranser blir viet ekstra oppmerksomhet.

Gibb og Neale (1997) skriver at bruk av veggelementer krever at anleggsveiene er av god kvalitet. Informasjonen som kom frem under intervjuene tyder på at det er store rom for forbedringer av anleggsveier og fremkommelighet. De transportansvarlige som ble intervjuet uttalte at transport internt på byggeplassen er en stor utfordring. Intervjuobjekter som var ansatt hos entreprenør fortalte også at dette ofte gav problemer. Dårlig planlegging var ofte grunnen til at kostbare endringer måtte gjennomføres i siste liten. Anleggsveier og logistikk rundt avlossing ble i de fleste tilfeller planlagt uten at personer med kjennskap til transportbransjen ble involvert. Tettere samarbeid med transportansvarlige på et tidligere tidspunkt kan derfor potensielt spare tid og kostnader.

Tabell 5.6: Veggelementers innvirkning på logistikk

Positiv innvirkning

- Frigitt riggplass
- Mindre personell

Negativ innvirkning

- Økt kranbehov
 - Økt krav til størrelse og kvalitet på internveier
 - Behov for mellomagring
 - Store konsekvenser ved forsinkede leveranser
-

5.2.5 Fleksibilitet

Resultatene fra intervjurunden indikerer at endringer i prosjektene blir dyrere når det benyttes veggelementer. Dette er i hovedsak fordi produksjonen foregår på et tidligere tidspunkt. Alle endringer som finner sted etter at produksjonen er satt i gang vil bli betydelig dyrere. Dette er i tråd med teorien til Samset (2008).

Det kan være et problem at feil på veggelementene ikke oppdages før de blir montert på byggeplassen. Ettersom veggelementer gjerne produseres i god tid før de skal monteres risikerer man da at det feilproduseres en rekke elementer. Spesielt dersom det skal produseres flere identiske elementer og disse er designet feil. Nettopp dette problemet oppstod i et av prosjektene som ble undersøkt. Som konsekvens av at feilene oppdages senere er de vanskeligere og mer kostbare å utbedre. Feil vil likevel alltid oppstå i prosjekter, og resultatene tyder på at bruk av veggelementer reduserer antall feil og reduserer behovet for utbedringer. Men når det først forekommer feil har utbedringene en tendens til å bli dyrere når det benyttes veggelementer.

I prosjekter med veggelementer må designet låses på et tidlig tidspunkt for å starte produksjonen av elementene. Intervjuobjektene var enige i at dette reduserte fleksibiliteten i prosjektet. Men resultatene fra undersøkelsene tyder ikke på at dette skaper store problemer. I prosjektet på Hårstadhaugen skapte mangel på fleksibilitet problemer når brukerne ønsket å gjøre endringer sent i prosjektet. Ettersom endringene kom sent i prosessen ble de dyre å gjennomføre. Bortsett fra dette var det ikke registrert tilfeller hvor mangel på fleksibilitet var et problem. Tam et al. (2007) hevder at mangel på fleksibilitet er blant de største ulempene med veggelementer. Olsson (2004) konkluderer med at behovet for fleksibilitet i prosessen er stor. Resultatene fra denne undersøkelsen samsvarer ikke med denne teorien. Det er likevel ikke utenkelig at en grundigere gjennomgang av prosjektene hadde vist at mangel på fleksibilitet faktisk medførte ulemper. Ofte er det byggherrer som ønsker å gjøre endringer i prosjektene, intervjuer med flere byggherrer kunne kanskje avdekket flere problemer i forhold til fleksibilitet. De fleste prosjektene som ble studert hadde også relativt kort byggetid. Kort byggetid reduserer sannsynligheten for at det kommer ønsker om endringer i byggeperioden.

Lastebil er den aller vanligste måten å frakte veggelementer på. Veitrafikkloven setter klare begrensninger på både høyde, bredde og lengde på gods som skal fraktes på veien. Resultatene fra intervjurunden viser at dette sjeldent setter begrensninger i forhold til veggelementene. I de tilfeller transport setter begrensninger ser høyde ut til å være det mest kritiske. Dette var tilfellet i prosjektet på Gjønnnes Gård, hvor en lav gangbro skapte problemer for høyden på elementene. I følge intervjuobjektene er det uproblematisk å transportere elementer med lengde opp til tolv meter. Større elementer enn dette er sjeldent ønskelig siden de er vanskelige å håndtere på byggeplassen.

Tabell 5.7: Veggelementers innvirkning på fleksibilitet

Positiv innvirkning	Negativ innvirkning
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transport setter begrensninger, spesielt på høyde ▪ Endringer blir dyre ▪ Vanskeligere å rette opp byggfeil ▪ Feil oppdages sent i prosessen

5.2.6 Miljø

Resultatene fra undersøkelsene gir ikke entydige svar på hvordan veggelementer påvirker avfallsmengden på byggeplasser. Svarene fra intervjuobjektene var svært ulike. Noen mente avfallsmengden på byggeplassen var betraktelig redusert, dette er i samsvar med teorien til Tam et al. (2005) og Begum et al. (2010). Denne teorien er imidlertid basert på bruk av betongelementer. Andre intervjuobjekter mente at avfallsmengden på byggeplassen økte kraftig. Dersom dette stemmer tyder det på at teorien til Tam et al. og Begum et al. ikke kan overføres til veggelementer av tre. Intervjuobjektene som mente avfallsmengden økte argumenterte med mye avfall fra transport, spesielt plastavfall. Plastemballasje benyttes normalt ikke ved transport av betongelementer, dette kan i så fall være grunnen til at teorien ikke er overførbar.

Ettersom intervjuobjektene var uenige om avfallsmengden på byggeplassen økte er det nærliggende å tro at den totale avfallsmengden øker, dersom det tas høyde for avfallet som produseres på fabrikk. Ettersom resultatene fra undersøkelsen varierte i stor grad er det imidlertid ikke grunnlag for å trekke noen klare konklusjoner omkring dette.

Hvordan bruk av veggelementer påvirker resirkuleringsgraden er også vanskelig å vurdere, siden det er mange faktorer som påvirker dette. Det er tydelig at resirkulering på fabrikk er lettere å gjennomføre enn resirkulering på byggeplass. Men resultatene gir ikke grunnlag for å konkludere hvordan veggelementer påvirker resirkuleringsgraden på byggeplass.

En vurdering av veggelementers miljøpåvirkning må også ta høyde for transport. Som diskutert i *Kapittel 5.2.3: Kostnader* tyder resultatene på at prosjekter med veggelementer har en høyere transportbelastning enn tradisjonelle prosjekter.

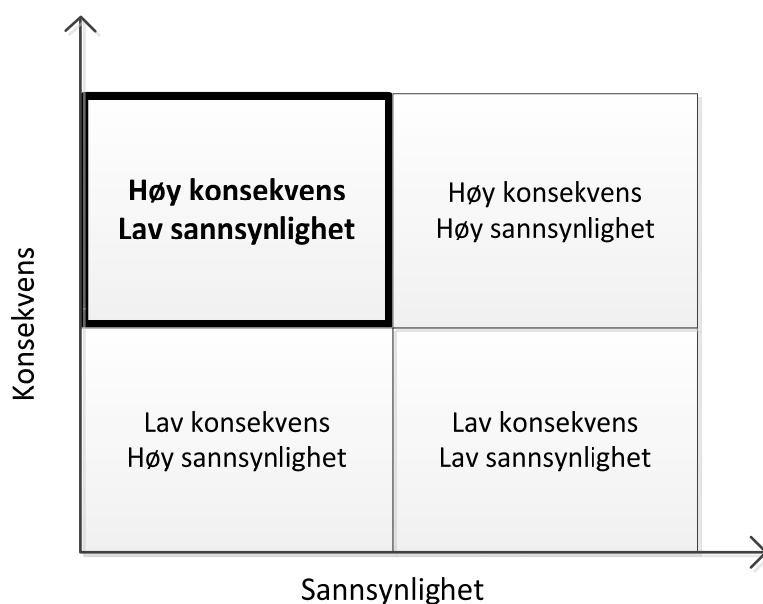
Tabell 5.8: Veggelementers innvirkning på miljø

Positiv innvirkning	Negativ innvirkning
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Enklere å gjennomføre resirkulering på fabrikk 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Høyere transportbelastning

5.2.7 SHA

Både bakgrunnsteorien og resultatene fra undersøkelsene viser at produksjon på fabrikk er tryggere enn produksjon på byggeplass. Oversiktlig produksjon og mindre arbeidstimer i høyden ser ut til å være de viktigste grunnene til dette. Flere intervjuobjekter mente også at større grad av standardisering på fabrikk gjør produksjonen tryggere, noe som er i henhold til Liker og Maier (2006) og Moore (2006) sine teorier.

Fabrikkproduksjon reduserer antall arbeidstimer på byggeplass. Dette reduserer igjen sannsynligheten for at det forekommer uhell på byggeplassen. Ved bruk av veggelementer oppstår det imidlertid noen arbeidsoperasjoner hvor konsekvensene av ulykker kan være store. Dette er operasjoner knyttet til løft av elementer, og spesielt løft i forbindelse med montasje. Resultatene fra intervjurunden tyder imidlertid på at sannsynligheten for slike ulykker er små. Det virket å være enighet blant intervjuobjektene at bruk av veggelementer reduserer sannsynligheten for uhell på byggeplassen betraktelig, men at konsekvensen av eventuelle uhell øker. Figur 5.3 illustrerer dette i form av en risikomatrix. Arbeidsoperasjoner med veggelementer vil ofte befinne seg øverst i venstre hjørne av risikomatrixen.



Figur 5.3. Arbeidsoperasjoner med veggelementer illustrert i risikomatrixe.

Resultatene fra intervjurunden viser at veggelementer kan medføre økt arbeidspress på arbeiderne. I tillegg vil flere kraner og store kjøretøyer utgjøre en risiko på byggeplassen. I følge Edwardsen og Ramstad (2006) vil bruk av elementer medføre mindre vindlastskader fordi huset ferdigstilles og avstives raskere. Fra intervjuene kom det imidlertid frem at avstivning under montasje kan være en stor utfordring ved bruk

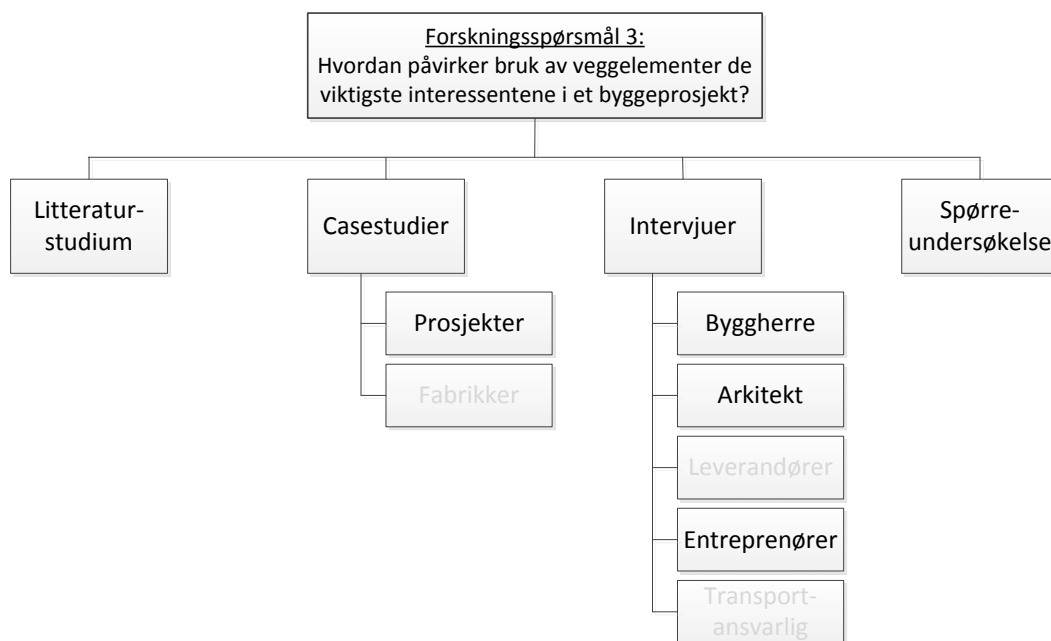
av veggelementer. Flere av intervjuobjektene mente bygg med veggelementer var vanskeligere å avstive under montasje. Resultatene fra denne undersøkelsen tilsier altså at faren for uhell som følge av vind i byggefasen øker ved bruk av veggelementer.

Tabell 5.9: Veggelementers innvirkning på SHA

Positiv innvirkning	Negativ innvirkning
<ul style="list-style-type: none">▪ Ryddig fabrikk▪ Ryddig byggeplass▪ Lite arbeid i høyden▪ Færre arbeidstimer på byggeplass▪ Mindre sannsynlighet for uhell▪ Mindre belastning på arbeidere▪ Maskiner overtar farlig arbeid	<ul style="list-style-type: none">▪ Større konsekvens av uhell▪ Vanskelig å avstive under montasje▪ Økt arbeidspress▪ Flere kraner gir økt risiko

5.3 FORSKNINGSSPØRSMÅL 3: VEGGELEMENTERS PÅVIRKNING PÅ INTERESSENTENE

Her diskuteres rapportens tredje forskningsspørsmål, “hvordan påvirker bruk av veggelementer de viktigste interessentene i et byggeprosjekt?” Fordelene og ulempene med bruk av veggelementer blir belyst av rapportens andre forskningsspørsmål. Her diskuteres det hvordan disse fordelene og ulempene påvirker interessentene byggherre, arkitekt, entreprenør og bruker. Figur 5.4 viser hvilke resultater som benyttes i diskusjonen. De viktigste resultatene oppsummeres i tabellform i slutten av hvert delkapittel. I rapportens bilag oppsummeres alle de viktigste resultatene i Tabell D.2.



Figur 5.4. Resultater benyttet i kapittel 5.3.

5.3.1 Byggherre

Under intervjuet var byggherren tydelig på at byggetid og kostnad var hans interesser som i størst grad ble påvirket av at veggelementer ble benyttet. Som tidligere diskutert vil veggelementer kunne påvirke byggetid og kostnad positivt. Byggets kvalitet vil også være i byggherrens interesse. At veggelementer reduserer sannsynligheten for byggfukt vil altså være en fordel for byggherren.

Bruk av veggelementer reduserer sannsynligheten for uhell på byggeplassen. Imidlertid tyder resultatene på at konsekvensene av eventuelle uhell er store, spesielt i monteringsfasen. Dette er viktige forhold for byggherren, ettersom byggherren skal ivareta hensynet til sikkerhet i prosjektet (Arbeidstilsynet, 2009). Resultatene viser at byggherren er opptatt av å kunne gjøre endringer underveis i prosjektet. Derfor er det

en ulempe for byggherren at veggelementer medfører at endringer ofte blir dyrere enn i tradisjonelle plassbyggede prosjekter.

Tabell 5.10: Påvirkning av byggherrens interesser

Potensielle fordeler	Potensielle ulemper
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redusert byggetid ▪ Ryddig byggeplass ▪ Redusert sannsynlighet for uhell ▪ Redusert belastning på arbeidere ▪ Redusert sannsynlighet for byggfukt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dyrere endringer ▪ Større konsekvens av uhell

5.3.2 Arkitekt

Resultatene fra intervjuene viser at arkitektens interesser i liten grad blir påvirket av at det benyttes veggelementer. Begge arkitektene som ble intervjuet var imidlertid generelt positive til bruk av veggelementer. De mente at veggelementer satt svært få begrensninger i forhold til arkitektonisk utforming. Men dersom beslutningen om å benytte veggelementer blir tatt sent i prosessen vil det medføre ulemper for arkitekten i form av omprosjektering og korte tidsfrister. Om beslutningen om å bruke veggelementer blir fattet på et sent tidspunkt vil det imidlertid gi negative konsekvenser for de fleste interessentene i prosjektet, ikke bare arkitektene.

Bruk av veggelementer med bordkledning kan gi uønskede skjøter i fasaden mellom elementene. Hvor skjøtene kommer er avhengig av bordkledningens orientering og byggets utforming. Skjøtene kan skjules på ulike måter, men de intervjuede arkitektene mente den eneste gode løsningen var å unngå å prefabrikke utvendig kledning i slike tilfeller. De mente at den eneste estetisk gode løsningen var å komplettere kledningen på byggeplassen.

Tabell 5.11: Påvirkning av arkitektens interesser

Potensielle fordeler	Potensielle ulemper
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vanskelig å unngå skjøter i fasaden ved bruk av bordkledning

5.3.3 Entreprenør

Entreprenør er den interessenten i byggeprosjektet som i størst grad blir påvirket av at veggelementer benyttes. Stort sett alle potensielle fordeler og ulemper ved bruk av veggelementer vil påvirke entreprenøren. Det var imidlertid tydelig under intervju-runden at reduksjon av kostnad og byggetid var det viktigste fordelene. Frigitt riggplass kan bidra til en mer effektiv produksjon, noe som vil forsterke disse effektene ytterligere.

Toleransekravene ved bruk av veggelementer er ofte små. Dette gjør at entreprenøren må være svært nøyaktig i utførelsen. Dette gjelder både grunnarbeider, fundamenter og montasje av selve elementene. Dersom det skulle oppstå feil vil disse ofte være vanskelige og kostbare å utbedre. Kostbart kan det også bli dersom veggelementene ikke ankommer til riktig tid. Dette kan også ha stor innvirkning på fremdriften til prosjektet.

I følge Koskela og Vrijhoef (2000) reduseres behovet for arbeidskraft på byggeplassen ved bruk av veggelementer. Resultatene i denne rapporten viser det samme. I prosjektene som ble undersøkt bestod montasjelaget av tre til fem personer. At behovet for arbeidskraft reduseres er i seg selv en fordel siden det reduserer lønnskostnadene. Mange entreprenører sliter også med å finne nok kvalifisert arbeidskraft. Derfor er det gunstig med prosjekter som har mindre behov for tømrere. Resultatene fra intervjuene tyder også på at entreprenører bruker veggelementer som en buffer for å unngå ansettelser og oppsigelser. I tider hvor markedet er godt og entreprenøren har mange prosjekter kan det benyttes veggelementer. Dermed kan bemanningen på hvert prosjekt reduseres. Slik kan entreprenøren ta på seg flere prosjekter uten å foreta mange ansettelser. Dermed slipper entreprenøren å foreta oppsigelser dersom markedet snur og behovet for arbeidskraft reduseres.

Tabell 5.12: Påvirkning av entreprenørens interesser

Potensielle fordeler	Potensielle ulemper
<ul style="list-style-type: none">▪ Redusert byggetid▪ Frigitt riggplass▪ Ryddig byggeplass▪ Redusert sannsynlighet for uhell▪ Redusert belastning på arbeidere▪ Redusert sannsynlighet for byggfukt	<ul style="list-style-type: none">▪ Økt krav til nøyaktighet▪ Store konsekvenser av feilleveranser▪ Vanskelig å rette byggefeil▪ Større konsekvens av uhell

5.3.4 Bruker

I følge Eikeland (2001) er brukernes rolle i et byggeprosjekt vanskelig å definere. Spesielt gjelder dette boligprosjekter, ettersom brukerne ofte ikke har noen aktiv rolle i byggeprosessen overhode. Brukernes interesser vil derfor være knyttet til kvaliteten og prisen på det ferdige bygget.

Dersom veggelementer bidrar til å redusere kostnadene i boligprosjekter kan dette til syvende og sist komme brukerne til gode i form av billigere boliger. Som det kommer frem av casestudiene blir imidlertid endringer dyrere ved bruk av veggelementer. Dette er negativt for brukeren som risikerer ikke å få oppfylt alle sine ønsker for bygget.

I andre prosjekter som barnehager og skoler vil brukerne være mindre opptatt av pris på bygget. Kvaliteten vil imidlertid alltid være i brukernes interesse. Derfor er tørr produksjon og mindre byggfukt en fordel, ettersom dette øker kvaliteten.

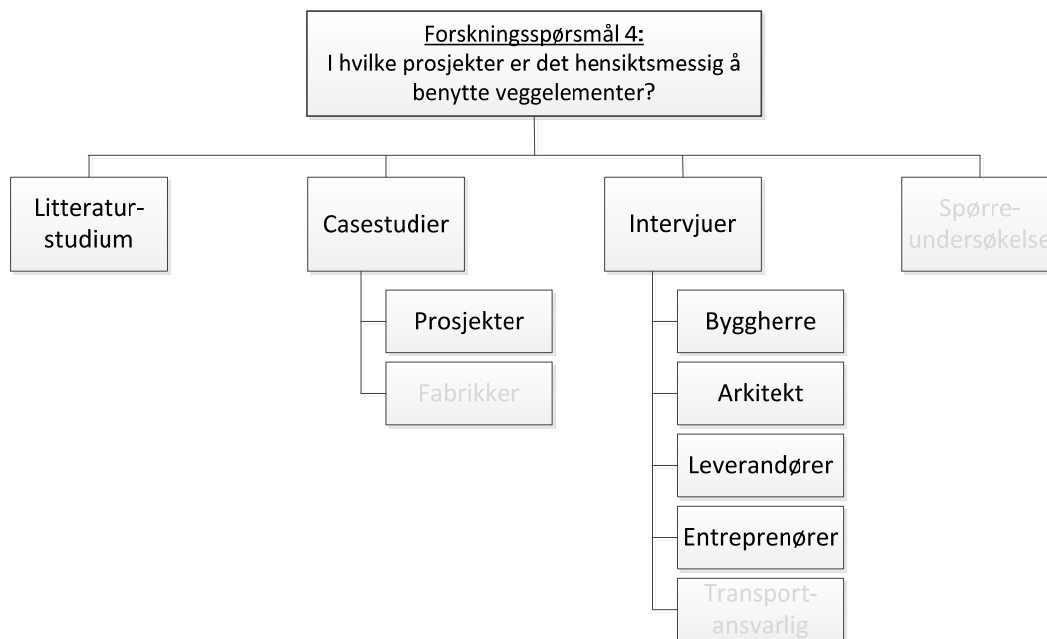
Spørreundersøkelsen som ble gjennomført viste imidlertid at brukerne selv ikke tror at veggelementer påvirker kvaliteten. Bare 30 % tror byggets kvalitet blir påvirket av at det oppføres med veggelementer. Halvparten av disse tror kvaliteten øker, halvparten tror kvaliteten reduseres.

Tabell 5.13: Påvirkning av brukernes interesser

Potensielle fordeler	Potensielle ulemper
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduserte kostnader ▪ Redusert samnsynlighet for byggfukt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dyrere endringer

5.4 FORSKNINGSSPØRSMÅL 4: PROSJEKTER HVOR VEGGELEMENTER ER HENSIKTSMESSIG

Her diskuteres rapportens fjerde forskningsspørsmål “i hvilke prosjekter er det hensiktsmessig å benytte veggelementer?” Figur 5.5 viser hvilke resultater som er benyttet i diskusjonen.



Figur 5.5. Resultater benyttet i kapittel 5.4.

Resultatene fra intervjurunden viser at intervjuobjektene hadde klare formeninger om hvilke prosjekter som er egnet for veggelementer. Det var bred enighet om at byggeprosjekter med lav kompleksitet var spesielt godt egnet. Det kom tydelig frem at veggelementer ikke er hensiktsmessig i prosjekter med komplekse detaljer og utradisjonelle løsninger.

Det ble også nevnt i intervjurunden at veggelementer er godt egnet i prosjekter med gjentakelseeffekt. I prosjekter med gjentakelseeffekt vil montasjelaget oppnå lærings-effekt og øke produktiviteten på montasjen. Fra casestudiene kom det frem at produktiviteten hadde økt betraktelig utover i prosjektene, fordi montasjelaget hadde hatt en bratt læringskurve.

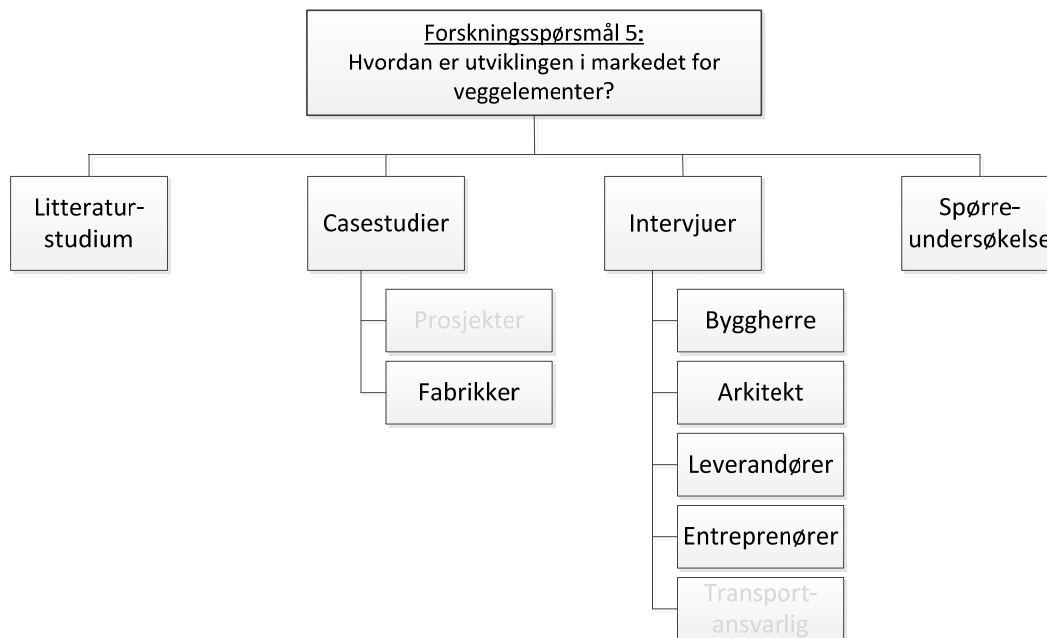
Gann (2010) hevder at nøkkelen til et vellykket elementprosjekt er at prosjektet tilpasses bruk av elementer fra starten av. Resultatene fra intervjuene tyder på at dette stemmer. Bruk av veggelementer var tidlig planlagt i fire av totalt fem prosjekter. Tilbakemeldingene fra disse fire prosjektene var gode, og de involverte var fornøyde med beslutningen om å benytte veggelementer. I prosjektet Moholt Aktiv ble derimot bruk av veggelementer vedtatt på et mye senere tidspunkt. Tilbakemeldingene fra dette

prosjektet var dårlige. Siden prosjektet ikke var tilpasset bruk av veggelementer måtte veggelementene tilpasses det allerede prosjekterte materialet. Derfor ble det ikke benyttet standard detaljer, og det ble det mye kompletteringsarbeider. Dette gjorde at fremdriften ble dårlig. Dette underbygger Gann (2010) sine påstander om at bruk av veggelementer må planlegges tidlig i prosjektet.

Det ble sagt under intervju med leverandørene at liten tomt og totalentreprise er typiske kjennetegn på prosjekter som benytter veggelementer. Det er naturlig at prosjekter med liten tomt ønsker å benytte veggelementer, siden dette kan frigjøre riggplass. At veggelementer er mest utbredt i totalentrepriser er trolig fordi det er lettere for entreprenør å påvirke produksjonsmetoden i totalentrepriser. I samtlige prosjekter i denne studien var det entreprenør som hadde tatt initiativet til bruk av veggelementer. Dette er trolig fordi entreprenører har størst fokus på hvordan bygget produseres, mens andre interessenter har mer fokus på sluttproduktet.

5.5 FORSKNINGSSPØRSMÅL 5: UTVIKLINGER I MARKEDET

Her diskuteres rapportens femte forskningsspørsmål “hvordan er utviklingen i markedet for veggelementer?” Figur 5.6 viser hvilke resultater som er benyttet i diskusjonen.



Figur 5.6. Resultater benyttet i kapittel 5.5.

Samtlige intervjuobjekter ble spurt om de trodde bruk av veggelementer ville øke eller avta i fremtiden. Et intervjuobjekt var skeptisk til selv å benytte veggelementer i fremtidige prosjekter. Likevel var det ingen som trodde bruken ville avta. Det store flertallet mente bruken av veggelementer ville øke i fremtiden. Et intervjuobjekt mente spesielt at import av veggelementer fra utlandet ville øke, fordi prisen på elementer fra utlandet er lavere. Støren Treindustri er eksempel på en bedrift som har automatisert store deler av produksjonen nettopp for å kunne konkurrere med priser fra utenlandske leverandører.

Det er flere faktorer som tyder på at intervjuobjektene har rett når de sier at veggelementer blir mer utbredt i fremtiden. Casestudiene viste at leverandørene har hatt en økning i omsetning de siste årene. Dette tyder på at interessen for veggelementer i Norge er økende. Behov for lavere priser og høyere kvalitet i byggenæringen er også viktige faktorer som taler for økt bruk av veggelementer i fremtiden. Dersom veggelementer skal bidra til lavere priser er det imidlertid avgjørende at prosjektet tidlig tilpasses bruk av veggelementer. For å øke kvaliteten er det viktig at kvalitetskontroller blir prioritert på fabrikkene.

Spørreundersøkelsen som ble gjennomført viste at 70 % av beboerne mener veggelementer ikke påvirker kvaliteten på bygningene. I tillegg svarte samtlige av

respondentene at deres interesse i boligen ikke påvirkes av at veggelementer er benyttet. Svarene viser tydelig at veggelementer ikke påvirker kjøperes interesse. Dette vil altså ikke vil være et hinder for utbredt bruk av veggelementer i fremtidige boligprosjekter.

Standard Norge (2013) skriver at bruken av samspillkontrakter i Norge er voksende. Samspillkontrakter er et samlebegrep som brukes om flere nye samarbeidsmodeller, men felles for mange av dem er at entreprenøren involveres tidligere i byggeprosessen (Standard Norge, 2013). Dette gir entreprenørene mulighet til å påvirke valg av produksjonsform i større grad. Resultatene fra intervjurunden viste at det var entreprenøren som foreslo bruk av veggelementer i samtlige prosjekter. Dersom entreprenører får større innflytelse på valg av produksjonsmetode er det nærliggende å tro at bruken av veggelementer kan øke ytterligere.

Ny teknologi har gjort fabrikkproduksjon betydelig mer effektiv. Automatiserte kappemaskiner er et eksempel på ny teknologi som øker produktiviteten på fabrikk. Ved Støren Treindustri er store deler av produksjonen automatisert. Dette gir en kapasitet på hele 2,67 m²-yttervegg per timeverk. Plassbygget produksjon har ikke hatt like stort utbytte av ny teknologi. Dermed øker konkurransedyktigheten til prefabrikkerte løsninger. Ny teknologi som bygningsinformasjonsmodeller skal bidra til å avdekke feil i en tidlig fase. Dette kan redusere behovet for endringer senere i prosjektet. Kostbare endringer har tradisjonelt vært et av argumentene mot bruk av veggelementer. Dersom ny teknologi kan redusere behovet for endringer vil konkurransedyktigheten øke ytterligere.

Problemer med byggfukt i veggene er nærmest fraværende ved bruk av veggelementer. Dette kan være avgjørende for valg av produksjonsmetode i bygninger med store isolasjonstykkelser. Hus med store isolasjonstykkelser som for eksempel passivhus blir mer og mer utbredt. Dette kan også bidra til økt bruk av veggelementer i fremtiden.

Resultatene fra intervjuene tyder imidlertid på at mangel på kvalifisert arbeidskraft er det aller viktigste argumentet for økt bruk av veggelementer. Entreprenørene påpekte selv dette under intervjuene, og leverandører og byggherre hadde det samme inntrykket. Ved bruk av veggelementer kan entreprenører redusere bemanningen i hvert prosjekt og dermed ta på seg flere prosjekter.

Resultatene tyder på at ønske om originalitet er den største begrensningen for ytterligere bruk av veggelementer. For å møte behovet for prosjektilpasset utforming av byggene legger leverandørene til rette for ulike utforminger på veggelementene. I følge Bjørnfot og Sarden (2006) er denne trenden også tydelig i Sverige. I svært komplekse bygg med utradisjonelle løsninger og komplekse detaljer vil veggelementer uansett være lite hensiktsmessig. Det er naturlig at arkitekter og eiere har ønske om å utvikle spennende og originale bygninger. En av arkitektene som ble intervjuet uttalte

imidlertid at de aller fleste bygg til slutt ender opp med en tradisjonell utforming. Som oftest for å spare kostnader. Den samme arkitekten uttalte at det store flertall av bygninger som oppføres har forholdsvis enkel utforming og bør kunne tilpasses bruk av veggelementer.

KAPITTEL 6: KONKLUSJON

Formålet med denne rapporten var å kartlegge hvordan bruk av veggelementer påvirker byggeprosessen. For å belyse formålet på en god måte ble det satt opp fem forsknings-spørsmål som rapporten tok sikte på å besvare. I dette kapittelet oppsummeres resultatene som er lagt frem i rapporten med utgangspunkt i de fem forsknings-spørsmålene.

Hva skiller produksjon av vegger i fabrikk fra produksjon av vegger på byggeplass?

Resultatene viser at det er lite som skiller fremgangsmåtene for produksjon av vegger på fabrikk og byggeplass. Oppbyggingen av veggene og montasjerekkefølgen er stort sett den samme. Fabrikksproduksjon gjør det imidlertid enklere å standardisere arbeidet. Standardisering av arbeidet vil normalt medføre høyere kvalitet på sluttproduktet. Standardisering vil også gi høyere produktivitet og bedre sikkerhet. Fabrikksproduksjon gjør det også lettere å legge til rette for at maskiner overtar arbeidet. Støren Treindustri er eksempel på en fabrikk hvor store deler av produksjonen er automatisert, og hvor automatiseringen har resultert i høyere produktivitet og bedre sikkerhet. Selv om standardisering og automatisering kan bidra til å bedre kvaliteten er det fortsatt forbedringspotensialer. Resultatene viser at det fortsatt blir levert vegg-elementer med feil og mangler. Grunnen til dette kan være høyt fokus på produktivitet og for dårlig kvalitetskontroll.

Fabrikksproduksjon er svært forutsigbar sammenlignet med produksjon på byggeplass. Dette gjør at logistikkhåndteringen blir vesentlig enklere. Den forutsigbare produksjonen gjør det blant annet enklere å resirkulere avfall på fabrikk. Resultatene fra intervjuene som ble gjennomført viser likevel at de fleste anser tørr produksjon som en av de viktigste fordelene med å produsere på fabrikk. Innendørs produksjon uten fukteksponering gjør at faren for byggfukt i veggene nesten fraværende.

Hvordan påvirker bruk av veggelementer byggeprosjektet som helhet?

Resultatene viser at kvalitet, tidsbruk, logistikk, fleksibilitet, miljø og SHA er de faktorene som i størst grad blir påvirket av veggelementer. I Bilag D [Tabell D.1] er det oppsummert hvordan hver av disse faktorene blir påvirket. I følge intervjuobjektene er kortere byggetid den absolutt største fordelene med bruk av veggelementer. I tillegg til dette kan veggelementer også bidra til bedre kvalitet, tryggere gjennomføring og reduserte kostnader. Potensielle ulemper med bruk av veggelementer inkluderer økte endringskostnader, økt kranbehov, store konsekvenser ved uhell og store konsekvenser av feilleveranser.

Hvordan påvirker bruk av veggelementer de viktigste interessentene i et byggeprosjekt?

Byggherre, arkitekt, entreprenør og bruker ble på forhånd utpekt som de interessentene som i størst grad blir påvirket av at veggelementer benyttes i prosjektet. Resultatene

viser imidlertid at arkitekter sine interesser i liten grad blir påvirket av bruken av veggelementer. Også brukere blir påvirket i mindre grad, men deres økonomiske og kvalitetsmessige interesser kan til en viss grad påvirkes. Byggherren og entreprenørens interesser vil imidlertid påvirkes i stor grad. Redusert byggetid vil spesielt være viktig. Byggherren må imidlertid ta høyde for at kostnader av eventuelle endringer kan bli store. Entreprenøren på sin side blir blant annet påvirket av økt krav til nøyaktighet og potensielt store konsekvenser av feilleveranser. En oppsummering av hvordan interessentene sine interesser blir påvirket finnes i rapportens bilag [Tabell D.2].

I hvilke typer prosjekter er det hensiktsmessig å benytte veggelementer?

Intervjuobjektene var enige om hva som kjennetegner prosjekter hvor det er hensiktsmessig å benytte veggelementer. Her følger en liste av de viktigste kjennetegnene som kom frem av intervjurunden:

- Prosjekter med lav kompleksitet
- Prosjekter med grad av gjentakelse
- Prosjekter med liten tomt og lite riggplass
- Prosjekter som tilpasses veggelementer fra starten av

I tillegg viser resultatene at prosjekter med veggelementer ofte gjennomføres i egenregi eller som totalentreprise. Dette er trolig fordi entreprenøren i slike entrepriseformer har størst innflytelse på valg av produksjonsmetode.

Hvordan er utviklingen i markedet for veggelementer?

Resultatene tyder på at bruk av veggelementer vil øke i fremtiden. Intervjuene viste at de fleste aktører var positive til veggelementer og spådde ytterligere bruk. Casestudiene viste at fabrikkene opplever økt etterspørsel etter veggelementer. I tillegg viste spørreundersøkelsen at brukere ikke opplevde negative effekter av at veggelementer er benyttet. Spørreundersøkelsen viste også at kjøpernes interesse ikke vil påvirkes av at veggelementer benyttes i boligprosjekter.

Viktige argumenter som taler for ytterligere bruk av veggelementer i fremtiden inkluderer:

- Mangel på kvalifisert arbeidskraft
- Ny teknologi gjør fabrikkproduksjon mer effektiv
- Krav om høyere kvalitet og lavere priser

Imidlertid kan ønske om originalitet være noe som kan sette begrensning for utbredelsen av veggelementer i fremtiden. Veggelementer er ikke egnet i originale, komplekse prosjekter med mange utradisjonelle detaljer.

KAPITTEL 7: VIDERE ARBEID

Denne rapporten er en kvalitativ studie og danner et helhetlig bilde av hvordan bruk av veggelementer påvirker byggeprosessen. Fokuset på helheten gjør det vanskelig å gå inn i detaljene. I *Kapittel 2.4* er det gjort et forsøk på å vurdere kvaliteten på forskningen som er gjort. Her ser vi blant annet at casestudiene har middels god reliabilitet. For å øke reliabiliteten anbefales det i videre arbeid å ta i bruk kvantitative forskningsmetoder, og forsøke å skaffe et større datagrunnlag innenfor spesifikke områder. Som eksempel foreslås det å gjennomføre mer omfattende tidsstudier for å få et bedre svar på hvordan veggelementer påvirker tidsbruken på byggeplass.

Flere av intervjuobjektene mente at veggelementer reduserer kostandene i prosjektene. Resultatene gir imidlertid ikke svar på hvor mye kostnadene eventuelt kan reduseres. Faktorer som redusert byggetid og mindre byggefeil vil redusere totalkostnadene. I tillegg vil frigitt riggplass trolig medføre høyere produktivitet. Hittil er det imidlertid ingen forskning som tallfester effektene av dette. Slik forskning ville være svært verdifull og gjøre det lettere å vurdere når det er hensiktsmessig å benytte veggelementer.

Resultatene i denne studien gir ikke grunnlag for å konkludere hvordan veggelementer påvirker den totale miljøbelastningen. Som videre arbeid anbefales det å skaffe et større datagrunnlag for å vurdere dette. Faktorer som bør inkluderes i en slik studie er avfallsmengde og gjenvinningsgrad på fabrikk og byggeplass. I tillegg bør utslipp fra transport vurderes.

De foreslåtte problemstillingene begrenser seg ikke utelukkende til veggelementer. Videre arbeid kan også være innenfor temaer som byggmoduler eller prefabrikkerte tømmerarbeider generelt.

REFERANSELISTE

- Andersen, L. Kines, P. Spangenberg, S. Mikkelsen, K. Zohar, D. og Dyreborg, J. (2010) 'Improving construction site safety through leader-based verbal safety communication' *Journal of Safety Research*. 41(5), s. 399-406.
- Anderson, M og Anderson, P. (2007) *Prefab Prototypes: Site-Specific Design for Offsite Construction*. 1. utg. New York: Princeton Architectural Press.
- Apleberger, L. Jonsson, R. og Åhman, P. (2007) *Byggandets industrialisering: Nulägensbeskrivning*. Göteborg: Sveriges Byggindustrier.
- Arbeidstilsynet (2009) *Forskrift om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- eller anleggsplasser (byggherreforskriften)*. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Azman M. N. Ahamad, M.S. Majid, T. A. og Hanadi, M. H. (2010) 'The Common Approach in Offsite Construction Industry' *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 4(9), s. 4478-4482.
- Baker, R. D. (1991) *Time-Cost Relationships in Construction*. Masteroppgave. University of Florida, USA.
- Ball, M. (1999) 'Chasing a Snail: Innovation and Housebuilding Firms Strategies' *Housing Studies*, 14(1), s. 9-22.
- Baloi, D. og Prince, A. D. F. (2003) 'Modelling global risk factors affecting construction cost performance' *International Journal of Project Management*. 21(4), s. 261-269.
- Begum, R. A. Satari, S. K. og Pereira, J. J. (2010). 'Waste generation and recycling: Comparison of conventional and industrialized building systems' *American Journal of Environmental Sciences* 6(4), s. 383-388.
- Begum, R. A. Siwar, C. Pereira, J. J. og Jaafar, A. H. (2009)' Attitude and behavioral factors in waste management in the construction industry of Malaysia' *Resources, Conservation and Recycling*. 53(6), s. 321-328.
- Berg, T. F. (2008) *Industrialisering og systematisering av boligbyggproduksjon*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Betongelementforeningen (1995) *Betongelementboken*. 4. utg. Asker: SB Grafisk.
- Bjørnfot, A. og Sardèn, Y. (2006) 'Prefabrication: a lean strategy for value generation in construction' Sacks, R. Bertelsen, S. (red.) *14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Chile: Catholic University of Chile, s. 265-277.

- Daler, R. F. (2012) *Måndens prosjekt: Lerkendal hotell og kongressenter*. Tilgjengelig fra: http://www.hent.no/media/him/pdf/Maanedens_prosjekt_Lerkendal.pdf
Hentet 12. februar, 2014.
- Eastman, C. Teicholz, P. Sacks, R. og Liston, K. (2008) *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. 2. utg. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Edvardsen, K. I. og Ramstad, T. (2006). *Håndbok 53 - Trehus*. 3. utg. Oslo: Norges Byggforskningsinstitutt.
- Eikeland, P. T. (2001). Samspeilet i byggeprosessen: Teoretisk analyse av byggeprosesser. Trondheim: Senter for innovasjon og bedriftsøkonomi.
- Eiken, P. (2010) *Byggekostnadsprogrammet: Programstyrets sluttrapport*. Oslo: Byggekostnadsprogrammet.
- European Parliament (2008) *EU Waste Framework Directive*. Strasbourg, Frankrike: The European Community.
- Forbes, L. H. og Ahmed, S. M. (2011) *Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices*. Florida: CRC Press.
- Friedman, A. (2007) 'Prefabrication versus conventional construction in single-family wood-frame housing' *Building Research & Information*. 20(4), s. 226-228.
- Frøstrup, A. (1999) *Tømreteori: Konstruksjoner i tre*. 3. utg. Oslo: Universitetsforlaget.
- Gann, D. M. (2010) 'Construction as a manufacturing process? Similarities and differences between industrialized housing and car production in Japan' *Construction Management and Economics*. 14(5), s. 437-450.
- Geving, S. og Thue, J. V. (2002) *Håndbok 50 – Fukt i bygninger*. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- Gibb, A. G. F. og Neale, R. H. (1997) 'Management of Prefabrication for Complex Cladding: Case Study' *Journal of Architectural Engineering*. 3(2), s. 60-69.
- Gibb, A. G. F (1999) *Off-site fabrication: prefabrication, pre-assembly, modularization*. Scotland: Whittles Publishing.
- Gibb, A. G. F. (2001) 'Standardisation and pre-assembly—distinguishing myth from reality using case study research' *Construction Management and Economics*. 19(3), s. 307–315.

- Guthrie, P. M. Woolveridge, A. C. og Patel, V. S. (1997) *Waste Minimization in Construction: Site Guide*. 1. utg. London: Construction Industry Research & Information Association.
- Halvorsen, K. (1993) *Å forske på samfunnet: En innføring i samfunnsvitenskapelig metode*. 3. utg. Oslo: Bedriftsøkonomens Forlag A/S
- Hislop, R. D. (1999) *Construction Site Safety: A Guide for Managing Contractors*. Florida: CRC Press.
- Holte (2013) *Kalkulasjonsnøkkelen*. Oslo: Rolf Ottesen Grafisk Produksjon.
- Ibbs, W. (2005) 'Impact of Change's Timing on Labor Productivity' *Journal of Construction Engineering and Management*. 131(11), s. 1219-1223.
- Ingvaldsen, T. og Edvardsen, D. F. (2007). *Effektivitetsanalyse av byggeprosjekter*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Ingvaldsen, T. (2008) *Byggskadeomfanget i Norge*. 2. utg. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Jaillon, L. og Poon, C. S. (2009). "The evolution of prefabricated residential building systems in Hong Kong: A review of the public and the private sector." *Automation in Construction*. 18(3), s. 239-248.
- Jacobsen, D. I. (2000) *Hvordan gjennomføre undersøkelser?* Kristiansand: Høyskoleforlaget.
- Johnsson, H og Meiling, H. (2009) 'Defects in offsite construction: Timer module prefabrication' *Construction Management and Economics*. 27(7) s. 667-681.
- Jonsson, J. (1996) *Construction Site Productivity Measurements: Selection, Application and Evaluation of Methods and Measures*. Doktoravhandling, Luelå University of Technology, Luelå Sverige.
- Kamar, K. A. Hamid, Z. A. Azman, M. A. og Ahanadm M. S. (2011) 'Industrialized Building System (IBS): Revisiting Issues of Definition and Classification' *International Journal of Emerging Sciences* 1(2), s. 120-132.
- Klima- og Miljødepartementet (2012) *Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging*. Tilgjengelig fra: http://www.regjeringen.no/pages/37952459/T-1442_2012.pdf Hentet: 30. januar, 2014
- Kommunal- og Moderniseringsdepartementet (2010) *Forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK 10)*. Oslo: Norsk Byggtjenestes Forlag.

- Kommunal- og Regionaldepartementet (2012) *Melding til Stortinget 28. Gode bygg for eit betre samfunn: Ein framtidretta bygningspolitikk.* Tilgjengelig fra: <http://www.regjeringen.no/pages/37918068/PDFS/STM201120120028000DDDPDFS.pdf> Hentet: 05. februar, 2014.
- Koskela, L. (1999) *Management of production in construction: A theoretical view.* Upublisert paper presentert på Conference of the International Group for Lean Construction. Berkeley, USA
- Koskela, L og Vrijhoef, R. (2000) 'The four roles of supply chain management in construction' *European Journal of Purchasing & Supply Management* 6(3), s. 169-178
- Kristoffersen, J. Gundersen, F. og Karlsson, S. (2007) *Trehusindustrien i innlandet: egenskaper, dynamikk og utfordringer.* Lillehammer: Østlandsforskning.
- Kvale, S. (1997) *Det kvalitative forskningsintervju.* 2. utg. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Larsson, J. og Simonsson, P. (2012) *Decreasing complexity of the on-site construction process using prefabrication: a case study.* Upublisert paper presentert på Conference of the International Group for Lean Construction. San Diego, USA
- Lessing, J. (2008) *Industrielt bostadsbyggande: Konsept och processer.* 1. utg. Sverige: Boverket.
- Liker, J. K. (2004) *The Toyota Way: 14 Management principles from the world's greatest manufacturer.* New York: McGraw Hill.
- Liker, J. K. og Meier, D. (2006) *The Toyota Way Fieldbook: a practical guide for implementing Toyota's 4Ps.* New York: McGraw-Hill.
- Love, P. E. D. og Li, H. (2000) 'Quantifying the causes and costs of rework in construction' *Construction Management and Economics.* 18(4), s. 479-490.
- Lædre, O. (2006) *Valg av kontraktstrategi i bygg- og anleggsprosjekt.* Doktoravhandling. NTNU: Trondheim.
- Lædre, O. (2009) *Kontraktstrategi for bygg- og anleggsprosjekter.* Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.
- Lædre, O. Austeng, K. Haugen, T. I. og Klakegg, O. J. (2006) 'Procurement Routes in Public Building and Construction Projects' *Journal of Construction Engineering and Management.* 132(7), s. 689-696.
- Martens, J. D. (1993) *Boliger i Norge.* Oslo: Norsk Arkitekturforlag.

- Moore, R. (2006) *Selecting the Right Manufacturing Improvement Tools: What Tool? When?* Burlington: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Nguyen, L. D. Kneppers, J. Borja, G. S. og Ibbs, W. (2010) 'Analysis of Adverse Weather for Excusable Delays' *Journal of Construction Engineering and Management*. 136(12), s. 1258-1267.
- Norconsult (2013) *Norsk Prisbok 2013*. Oslo: Norconsult Informasjonssystemer.
- NHP (2007) *Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall 2007- 2012*. Oslo: NHP-nettverket.
- NHP (2013) *Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall 2013-2016*. Oslo: NHP-nettverket.
- OBOS (2013) *Prospekt: Hårstadhaugen*. Tilgjengelig fra:
<http://www.haarstadhaugen.no/images/haarstadhaugen-prospekt.pdf>
 Hentet: 04. mars, 2014.
- Olsson, N. (2004) *Hvordan tror vi at det blir? Effektvurderinger av store offentlige prosjekter*. Trondheim: Concept Programmet.
- Olsson, N. (2006) *Project Flexibility in Large Engineering Projects*. Doktoravhandling. NTNU, Trondheim.
- Olsson, N. (2009) *Fleksibilitet i prosjekter – et tveegget sverd*. Trondheim: Tapir Akademiske Forlag.
- Olsson, N. (2011) *Praktisk rapportskriving*. 1. utg. Trondheim: Tapir Akademiske Forlag.
- Repstad, P. (1987) *Mellom nærhet og distanse: Kvalitative metoder i samfunnsfag*. 3. utg. Oslo: Universitetsforlaget.
- Redner, R. (1987) *Treboka*. 1. utg. Larvik: Østlandspostens Boktrykkeri A/S
- Roy, R. Brown, J. og Gaze, C. (2003) 'Re-engineering the construction process in the speculative house building sector' *Construction Management and Economics*. 21(2), s. 137–146.
- Samferdselsdepartementet (2014) *Forskrift om nærmere bestemmelser om tillatte veker og dimensjoner for offentlig veg*. Tilgjengelig fra:
<http://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2014-01-15-28> Hentet: 23. januar, 2014.
- Samset, K. (2008) *Prosjekt i tidligfasen*. Trondheim: Tapir Akademiske Forlag.

- Schmidt, L. (2009) *Industrialisering av trehusproduksjonen: En kunnskapsoversikt*. Oslo: Nordberg AS.
- SINTEF Byggforsk (2010) *Byggforskserien: Byggeskader, oversikt*. Tilgjengelig fra: <http://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?documentId=629§ionId=2>
Hentet: 15. januar 2014
- SINTEF Byggforsk (2012a) *Teknisk Godkjenning Nr. 2173: Skanska Husfabrikken*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- SINTEF Byggforsk (2012b) *Teknisk Godkjenning Nr. 2232: Støren Treindustri*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Sjøholt, O. og Slettebø, B. (1971) *Produktivitetsmålinger og lønnsystemer i byggeindustrien*. Oslo: Norge Byggforskningsinstitutt.
- Skanska, u. d. 3-D visning, Gjøannes Gård. Oslo: Skanska Norge.
- Snook, K. Turner, A. og Ridout, R. (1995) *Recycling waste from the construction site*. London: Chartered Institute of Building.
- Standard Norge (2013) *Nye samarbeidsformer innenfor bygg og anlegg: Er det behov for nye eller reviderte standardkontrakter?* Oslo: Standard Norge.
- Statistisk Sentralbyrå (2010) *Avfallsmengder i Norge etter materiale, kilde og materiale og behandling og materiale*. Oslo: Statistisk sentralbyrå.
- Store Norske Leksikon* (1995) Oslo: Aschehoug og Gyldendal.
- Støren Treindustri (2013) *Systembygg - presentasjon*. Støren: Støren Treindustri.
- Sørby, H. (1992) *Klar – ferdig – hus: Norske ferdighus gjennom tidene*. Oslo: Ad Notam Gyldendal.
- Tam, C. M. Tam, V. W. Y Chan, J. K. W. og William, C. Y. (2005) 'Use of Prefabrication to Minimize Construction Waste – A case Study Approach' *The International Journal of Construction Management*. 5(1), s. 91-101.
- Tam, V. W. Y. Tam, C. M. Zeng, S. X. og William, C. Y. (2007) 'Towards adoption of prefabrication in construction' *Building and Environment*, 42(10), s. 3642-3654.
- The Chicago Manual of Style* (1993) 16. utg. Chicago: University of Chicago Press.
- Thuesen, C. og Hvam, L. (2013) 'Rethinking the Business Model in Construction by the Use of Off-Site System Deliverance: Case of the Shaft Project' *Journal of Architectural Engineering*. 19(4), s. 279-287.

- Veidekke (2013) *Prospekt: Moholt Aktiv*. Tilgjengelig fra:
http://www.moholtaktiv.no/MoholtAktiv_prospekt_LR.pdf
Hentet: 03. mars, 2014.
- Veidekke (2013) *Prospekt: Hornebergtnet*. Tilgjengelig fra:
<http://www.obos.no/?nid=1801479&iid=1808427&pid=Obos-SidebarDownloadBox-Files.Obos-DocumentLinks-File> Hentet: 03. mars, 2014.
- Veiseth, M. Røstad, C. C. Andersen, B. Torp, O. og Austeng, K. (2004) *Produktivitet og logistikk i bygg- og anleggsbransjen: Problemområder og tiltak*. Trondheim: Norsk senter for prosjektledelse.
- Waier, P. og Charest, A. (2012) *RSMMeans Building Construction Cost Data 2013*. Kingston, USA: RS Means.
- Wong, F. (2012) 'Comparative Embodied Carbon Analysis of the Prefabrication Elements compared with In-situ Elements in Residential Building Development of Hong Kong' *World Academy of Science*, 62(1), s. 161-166.
- Yin, R. K. (1994) *Case study research: Design and Methods*. 2. utg. USA: Sage Publications.

BILAG

BILAGSLISTE

A.	PROSJEKTBEKRIVELSER.....	A-1
A.1	Fabrikk 1: Skanska Husfabriken.....	A-2
A.2	Fabrikk 2: Støren Treindustri	A-3
A.3	Byggeprosjekt 1: Gjønnnes Gård	A-4
A.4	Byggeprosjekt 2: Hårstadhaugen	A-5
A.5	Byggeprosjekt 3: Lerkendal Hotell og Kongressenter.....	A-6
A.6	Byggeprosjekt 4: Hornebergstunet Rekkehus	A-7
A.7	Byggeprosjekt 5: Moholt Aktiv.....	A-8
B.	INTERVJUGUIDER	B-1
B.1	Intervjuguide: Arkitekt	B-2
B.2	Intervjuguide: Byggherre	B-3
B.3	Intervjuguide: Entreprenør	B-5
B.4	Intervjuguide: Leverandør av veggelementer	B-8
B.5	Intervjuguide: Transportansvarlig.....	B-10
C.	SPØRREUNDERSØKELSE.....	C-1
D.	TABELLER	D-1

A. PROSJEKTBEKRIVELSER

A. FABRIKK- OG PROSJEKTBEKRIVELSER

- A.1. Fabrikk 1: Skanska Husfabrikken
- A.2. Fabrikk 2: Støren Treindustri
- A.3. Byggeprosjekt 1: Gjønnes Gård
- A.4. Byggeprosjekt 2: Hårstadhaugen
- A.5. Byggeprosjekt 3: Lerkendal Hotell og Kongressenter
- A.6. Byggeprosjekt 4: Hornebergtunet Rekkehus
- A.7. Byggeprosjekt 5: Moholt Aktiv

A.1 Fabrikk 1: Skanska Husfabrikken

Med en årlig omsetning på om lag 200 millioner kroner er Skanska Husfabrikken en av Norges ledende produsenter av prefabrikkerte elementer i tre. Fabrikken holder til i Steinkjer og leverer elementer over hele landet. I tillegg til veggelementer produserer Skanska Husfabrikken også store mengder byggmoduler og takstoler. Nøkkelinformasjon om fabrikken er gitt i Tabell A.1.

Tabell A.1: Nøkkelinformasjon Skanska Husfabrikken

Plassering:	Steinkjer, Nord-Trøndelag
Produkter:	Byggmoduler og veggelementer, takstoler
Omsetning:	200 MNOK/år
Eier:	Skanska Norge

Skanska Husfabrikken eies av Skanska Norge. Om lag halvparten av leveransene fra fabrikken er til egne prosjekter som utføres av Skanska Entreprenør. Den andre halvparten av leveransene går til prosjekter som gjennomføres av andre entreprenører.



Figur A.1: Skanska Husfabrikken

Skanska Husfabrikken leverer veggelementer både til bolig og næringsbygg. Boligbygg utgjør om lag halvparten av prosjektene. Næringsbygg utgjør den andre halvparten. Skoler og barnehager er de vanligste formene for næringsbygg.

A.2 Fabrikk 2: Støren Treindustri

Støren Treindustri ble etablert i 1969 og holder til på Støren i Sør-Trøndelag. Bedriften har i dag omlag 130 ansatte. Nøkkelinformasjon om bedriften er gitt i Tabell A.2.

Tabell A.2: Nøkkelinformasjon Støren Treindustri

Plassering:	Støren, Sør-Trøndelag
Produkter:	Trelementer, prekapp og takstoler
Omsetning:	290 MNOK/år
Eier:	Kjeldstad Trelast

Fabrikken leverer årlig over 70 000 m² med prefabrikkerte vegger. De siste årene har Støren Treindustri investert stort i nytt utstyr og er nå ledende i Norge når det gjelder automasjon og industrialisering av tømrerarbeider. I tillegg til veggelementer leverer også fabrikken etasjeskillere, takelementer, takstoler og prekapp. Fabrikken leverer ikke byggmoduler eller andre volumetriske elementer.



Figur A.2: Støren Treindustri

Boligprosjekter har tradisjonelt stått for den største delen av Støren Treindustri sin omsetning. I senere år har de imidlertid økt satsningen på næringsbygg, spesielt innenfor skoler og barnehager. Fabrikken leverer til prosjekter over hele landet, men om lag 70 % av prosjektene er lokalisert på Østlandet.

A.3 Byggeprosjekt 1: Gjøannes Gård

Gjøannes Gård er et boligprosjekt gjennomført i egenregi av Skanska. Skanska Bolig er prosjektets byggherre. Skanska Husfabrikken er ansvarlig for leveranse og montasje av elementer. Skanska Norge er ansvarlig for alle innvendige arbeider. Nøkkelinformasjon om det første byggetrinnet i prosjektet er gitt i Tabell A.3.

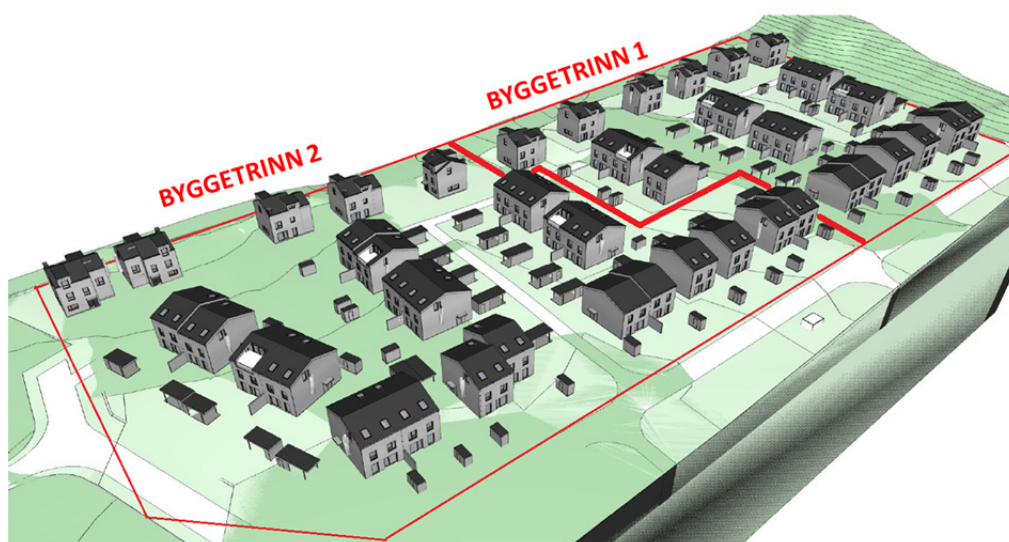
Tabell A.3: Nøkkelinformasjon Gjøannes Gård (Byggetrinn 1)

Prosjekt type:	Bolig
Plassering:	Gjøannes, Bærum
Byggeperiode:	September 2013 – April 2014
Entrepriseform:	Egenregi
Byggherre:	Skanska Bolig
Entreprenør råbygg:	Skanska Husfabrikken
Entreprenør innvendige arbeider:	Skanska Norge

Boligprosjektet består av enkeltboliger og boligblokker fordelt på 3 byggetrinn:

- Byggetrinn 1 består av 23 boliger og ble ferdigstilt i april 2014
- Byggetrinn 2 består av 27 boliger og hadde oppstart mai 2014
- Byggetrinn 3 består av 7 boligblokker, dato oppstart er fremdeles uavklart

Figur A.3 viser en tredimensjonal fremstilling av de to første byggetrinnene.



Figur A.3. Gjøannes Gård, byggetrinn 1 og 2. (Skanska, u.d.)

Casestudien for denne rapporten var gjort i forbindelse med byggetrinn 1. Byggetrinn 1 bestod av 16 boliger hvorav 9 var enmannsboliger og 7 var tomannsboliger. Totalt utgjorde dette 23 boenheter. Byggetrinn 1 hadde oppstart i september 2013 og ble ferdigstilt i april 2014.

A.4 Byggeprosjekt 2: Hårstadhaugen

På Hårstadhaugen bygges det 24 nye leiligheter fordelt på 6 boliger. Prosjektet gjennomføres i regi av Obos, med Trebetong Entreprenør som totalentreprenør. Prosjektet hadde oppstart i desember 2013. Forventet byggetid er 10 måneder. Nøkkelinformasjon om prosjektet er gitt i Tabell A.4.

Tabell A.4: Nøkkelinformasjon Hårstadhaugen	
Prosjekt type:	Bolig
Plassering:	Hårstadhaugen/Tiller, Trondheim
Byggeperiode:	Desember 2013 – September 2014
Entrepriseform:	Totalentreprise
Entreprisestørrelse:	40 MNOK
Byggherre:	OBOS
Entreprenør:	Trebetong Entreprenør
Leverandør av veggelementer:	Støren Treindustri

Figur A.4 er en illustrasjon av boligene på Hårstadhaugen. Alle 6 boliger er firemannsboliger. Merkingene på bildet gjenspeiler montasjerekkefølgen. Bygg A ble montert først og bygg F ble montert til slutt.



Figur A.4. Hårstadhaugen. (Obos, 2013)

Prosjektet på Hårstadhaugen er det første prosjektet hvor Trebetong Entreprenør benytter veggelementer. Det var Trebetong selv som tok initiativet til å benytte vegg-elementer i prosjektet. Ettersom erfaringene fra dette prosjektet er gode regner selskapet nå på flere anbud med veggelementer.

A.5 Byggeprosjekt 3: Lerkendal Hotell og Kongressenter

Lerkendal hotell og kongressenter består av 25 000 kvadratmeter hotell og 10 000 kvadratmeter kontor og kongressenter. Hoteldelen består av om lag 400 rom, fordelt på 20 etasjer. Med en høyde på 75 meter er dette Norges tredje høyeste bygning (Daler, 2010). Prosjektet hadde oppstart sommeren 2012 og er planlagt ferdigstilt våren 2014. Prosjektet utføres som en totalentreprise med HENT som totalentreprenør. Entrepriisekostnaden er på 650 MNOK. Prosjektet preges av stor prefabrikeringsgrad. Bærekonstruksjonen er i hovedsak prefabrikkerte betongelementer, ytterveggene er prefabrikkerte veggelementer og alle baderom ble levert som prefabrikkerte volumetriske enheter. Nøkkelinformasjon om prosjektet finnes i Tabell A.5.

Tabell A.5: Nøkkelinformasjon Lerkendal hotell og kongressenter

Prosjekttype:	Hotell og næring
Plassering:	Lerkendal, Trondheim
Byggeperiode:	Juli 2012 – Juli 2014
Entrepriseform:	Totalentreprise
Byggherre:	AB Invest AS
Totalentreprenør:	HENT AS
Leverandør veggelementer	Skanska Husfabrikken

Ytterveggene på Lerkendal hotell og kongressenter er av veggelementer. Veggelementene er levert av Skanska Husfabrikken i Steinkjer. Elementene ble fraktet med bil fra Steinkjer til Lerkendal. HENT stod selv for montasje av veggelementene på hoteldelen av prosjektet. På kontor og kongressenteret var det Skanska Husfabrikken sine montører som monterte veggelementene.



Figur A.5. Lerkendal hotell og kongressenter, fasade sør (Daler, 2010).

A.6 Byggeprosjekt 4: Hornebergtunet Rekkehus

Hornebergtunet er et boligprosjekt gjennomført i regi av Veidekke og Obos. De to selskapene har hver sin halvpart av eierandelene i prosjektet. Prosjektets lokalisering er på Horneberg, om lag 5 km sør Trondheim sentrum. Prosjektet består av totalt 47 boliger fordelt på 9 rekkehus. Rekkehusene utgjør i overkant av 5500 kvadratmeter boareal. Alle husene går over to etasjer. Nøkkelinformasjon om prosjektet finnes i Tabell A.6.

Tabell A.6: Nøkkelinformasjon Hornebergtunet rekkehus

Prosjekt type:	Bolig
Plassering:	Horneberg, Trondheim
Byggeperiode:	Sommer 2013 - Vår 2014
Entrepriseform:	Egenregi
Byggherre:	OBOS/Veidekke Eiendom
Entreprenør:	Veidekke
Leverandør av veggelementer:	Støren Treindustri

Hornebergtunet rekkehus er en del av en større utbygging på Horneberg. Totalt bygger Veidekke og Obos ut 166 leiligheter i området. I tillegg til rekkehusene bygges det kubehus med totalt 65 leiligheter og lavblokker med 54 leiligheter. Solem Arkitektur er ansvarlig arkitekt for hele utbyggingen. Totalt har utbyggingen en kostnadsramme på om lag 480 millioner.

Prosjektet gjennomføres med prefabrikkerte tak og vegger. Støre treindustri er leverandør av elementene.



Figur A.6. Hornebergtunet rekkehus (Veidekke, 2013, s. 10).

A.7 Byggeprosjekt 5: Moholt Aktiv

Moholt Aktiv er et boligprosjekt gjennomført i egenregi av Veidekke. Prosjektet består av tre boligblokker og utgjør 39 leiligheter. To av boligblokkene er identiske. Den siste er en speiling av de to andre. Nøkkelinformasjon om prosjektet finnes i Tabell A.7.

Tabell A.7: Nøkkelinformasjon Moholt Aktiv

Prosjekt type:	Bolig
Plassering:	Moholt, Trondheim
Byggeperiode:	August 2011 – Februar 2013
Entrepriseform:	Egenregi
Byggherre:	Veidekke Eiendom
Entreprenør:	Veidekke Entreprenør
Leverandør av veggelementer:	Optimera Byggsystem

Prosjektet hadde planlagt oppstart i 2008, men ble utsatt grunnet økonomiske nedgangstider. Prosjektet ble igangsatt i 2011. På dette tidspunktet hadde Veidekke svært få fagarbeidere tilgjengelig. Det ble derfor bestemt at det skulle benyttes veggelementer for å redusere bemanningen.



Figur A.7: Moholt Aktiv (Veidekke, 2012, s. 3).

De tre boligblokkene utgjør i overkant av 5000 kvadratmeter. Blokkene er tegnet av Svein Skibnes Arkitektkontor. Leilighetene er spesielt tilrettelagt for aktive personer. Plasseringen er valgt med tanke på nærliggende aktivitetsmuligheter. I kjelleren er det egen smørebod og sykkelverksted. I tillegg har beboerne tilgang til et eget trimrom. Boligblokkene har garasje kjelleren hvor hver leilighet disponerer egen parkeringsplass. Total prosjektkostnad var om lag 100 millioner kroner.

Bæresystemet i boligblokkene er av betong. Veggelementene ble festet til fundamentene ved hjelp av styresviller. I etasjene over ble veggelementene festet til etasjeskillerne ved hjelp av stålvinkler. Elementene som ble benyttet var åpne veggelementer, og bestod av bindingsverk, isolasjon, vindsperre og utvendig kledning.

B. INTERVJUGUIDER

B. INTERVJUGUIDER

B.1. Intervjuguide Arkitekt

B.2. Intervjuguide Byggherre

B.3. Intervjuguide Entreprenør

B.3.1. Intervjuguide prosjekt-/anleggsleder

B.3.2. Intervjuguide formann/bas

B.4 Intervjuguide Leverandør

B.5. Intervjuguide Transportansvarlig

B.1 Intervjuguide: Arkitekt

Intervjuer:	Vegar Bergum
Intervjuobjekt:	XX
Sted:	XX
Tidspunkt:	XX.XX.2014. Klokken: XX:XX
Intervjuetype:	Semistrukturert intervju

Dette intervjuet gjennomføres i forbindelse med en masteroppgave ved NTNU, institutt for bygg, anlegg og transport. Resultatene fra intervjuet vil benyttes i denne oppgaven. Formålet med oppgaven er å kartlegge hvordan bruk av prefabrikkert bindingsverk (veggelementer) påvirker byggeprosessen.

Informasjon om intervjuobjektet:

- Rolle i prosjektet
- Utdanning
- Arbeidserfaring
- Erfaring med bruk av veggelementer fra tidligere prosjekt

Bruk av veggelementer på prosjektet:

- Når ble det bestemt at det skulle benyttes veggelementer på dette prosjektet?
 - Hvem var det som tok denne avgjørelsen?
 - Hvem var pådrivere for å benytte veggelementer?
 - Var det noen som hadde innvendinger mot å benytte veggelementer?
- Hva var de viktigste argumenter for å benytte veggelementer på prosjektet?
- Var det noe som tilsa at veggelementer ikke skulle benyttes?

Synspunkter:

- Hva er dine synspunkter på bruk av veggelementer?
 - Arkitektoniske muligheter?
 - Arkitektoniske begrensninger?
 - Andre fordeler/ulempes?
- Hvordan påvirkes den endelige kvaliteten?
- Hvordan påvirkes byggets tilpasningsdyktighet?
 - Generalitet, fleksibilitet, elastisitet.

Utvikling i markedet:

- Tror du bruken av veggelementer er i ferd med å øke eller avta?
- I hvilke type prosjekter ser du som arkitekt det hensiktsmessig å benytte veggelementer?

B.2 Intervjuguide: Byggherre

Intervjuer:	Vegar Bergum
Intervjuobjekt:	Prosjektleder Byggherre
Sted:	Vegamot 8, Trondheim
Tidspunkt:	21.03.2014. Klokken: 10:00
Intervjutype:	Semistrukturert intervju

Dette intervjuet gjennomføres i forbindelse med en masteroppgave ved NTNU, institutt for bygg, anlegg og transport. Resultatene fra intervjuet vil benyttes i denne oppgaven. Formålet med oppgaven er å kartlegge hvordan bruk av prefabrikkert bindingsverk (veggelementer) påvirker byggeprosessen.

DEL 1 – GENERELT

Informasjon om intervjuobjektet:

- Rolle i prosjektet
- Utdanning
- Arbeidserfaring
- Erfaring med bruk av veggelementer fra tidligere prosjekt

Informasjon om prosjektet:

- Type prosjekt (bolig/næring, offentlig/privat, etc)
- Entrepriseform
- Lengde (forventet ferdigstillelse)
- Kostnadsramme

Bruk av veggelementer på prosjektet:

- Leverandør
- Omfang
 - Innervegger/yttervegger?
 - Hvor stor andel av veggene?
- Stauts montasje
- Type elementer
 - Åpne/lukkede
 - Grad av prefabrikking
 - Størrelse
- Når ble det bestemt at det skulle benyttes veggelementer på dette prosjektet?
 - Hvem var det som tok denne avgjørelsen?
 - Hvem var pådrivere for å benytte veggelementer?
 - Var det noen som hadde innvendinger mot å benytte veggelementer?
- Hva var de viktigste argumenter for å benytte veggelementer på prosjektet?
- Var det noe som tilsa at veggelementer ikke skulle benyttes?

DEL 2 – ERFARINGER

Erfaringer fra prosjektet:

- Hva var de største fordelene med å benytte veggelementer?
- Hva var de største utfordringene med å benytte veggelementer?

Generelle erfaringer:

- Har du erfart andre fordeler eller ulemper i tidligere prosjekt?
- Hva tror du begrenser ytterligere bruk av veggelementer?

Påvirkning av ulike parametere:

Hvordan påvirker bruk av veggelementer følgende parametere:

Tid og kostnad:

- Hvordan påvirkes byggetiden?
- Hvordan påvirkes de totale kostnadene?

Kvalitet og fleksibilitet

- Hvordan påvirkes den endelige kvaliteten?
- Hvordan påvirkes fleksibiliteten i byggeprosessen?
- Hvordan påvirkes byggets tilpasningsdyktighet?
 - Generalitet, fleksibilitet, elastisitet.

Miljø og SHA

- Hvordan påvirkes miljøet?
 - Mengden avfall?
- Hvordan påvirkes SHA (Sikkerhet, Helse, Arbeidsmiljø)?
 - Forskjell i SHA- verdier?

Utvikling i markedet:

- Tror du bruken av veggelementer er i ferd med å øke eller avta?
- Vet du om andre prosjekter hvor det benyttes veggelementer?
- Vet du om prosjekter hvor veggelementer ble vurdert, men ikke benyttet?
- I hvilke prosjekter ser dere som byggherre det hensiktsmessig å benytte veggelementer?

B.3 Intervjuguide: Entreprenør

B.3.1 Intervjuguide: Prosjekt/anleggsleder

Intervjuer:	Vegar Bergum
Intervjuobjekt:	Prosjekt-/Anleggsleder
Sted:	XX
Tidspunkt:	XX.XX.2014. Klokken: XX.XX
Intervjuetype:	Semistrukturert intervju

Dette intervjuet gjennomføres i forbindelse med en masteroppgave ved NTNU, institutt for bygg, anlegg og transport. Resultatene fra intervjuet vil benyttes i denne oppgaven. Formålet med oppgaven er å kartlegge hvordan bruk av prefabrikkert bindingsverk (veggelementer) påvirker byggeprosessen.

DEL 1 – GENERELT

Informasjon om intervjuobjektet:

- Rolle i prosjektet
- Utdanning
- Arbeidserfaring
- Erfaring med bruk av veggelementer fra tidligere prosjekt

Informasjon om prosjektet:

- Type prosjekt (bolig/næring, offentlig/privat, etc)
- Entrepriseform
- Lengde (forventet ferdigstillelse)
- Kostnadsrammer

Bruk av veggelementer på prosjektet:

- Leverandør
- Omfang
 - Innervegger/yttervegger?
 - Hvor stor andel av veggene?
- Stauts montasje
- Type elementer
 - Åpne/lukkede
 - Grad av prefabrikkering
 - Størrelse
- Innfestningsdetaljer
- Når ble det bestemt at det skulle benyttes veggelementer på dette prosjektet, og hvem var det som tok denne avgjørelsen?
- Hva var de viktigste argumenter for å bruke veggelementer på dette prosjektet?

DEL 2 – ERFARINGER

Erfaringer fra prosjektet:

- Hva var de største fordelene ved å bruke veggelementer?
- Hva var de største utfordringene ved bruk av veggelementer?
 - Noen spesielle problemer som oppstod?
- Ble det gjort spesielle tiltak for å sikre at leveranser kom til riktig tid?
 - Planlagte tiltak om leveransen var forsinket?

Generelle erfaringer:

- Har du erfart andre fordeler eller ulemper i tidligere prosjekt?
- Hva tror du begrenser ytterligere bruk av veggelementer?

Påvirkning av ulike parametere:

Hvordan påvirker bruk av veggelementer følgende parametere:

Tid og kostnad:

- Hvordan påvirkes byggetiden?
- Hvordan påvirkes de totale kostnadene?

Kvalitet

- Påvirkes antall feil i byggefasen?
- Hvordan påvirkes den endelige kvaliteten?

Miljø og SHA

- Hvordan påvirkes miljøet?
 - Mengden avfall?
- Hvordan påvirkes SHA (Sikkerhet, Helse, Arbeidsmiljø)?
 - Forskjell i SHA- verdier?

Annet

- Fleksibilitet: Blir mulighetene for endringer påvirket?
- Transport

Utvikling i markedet:

- Tror du bruken av veggelementer er i ferd med å øke eller avta?
- Vet du om andre prosjekter hvor det benyttes veggelementer?
- Vet du om prosjekter hvor veggelementer ble vurdert, men ikke benyttet?
- Har din bedrift en systematisk eller tilfeldig tilnærming til bruk av veggelementer

B.3.2 Intervjuguide: Formann/bas

Intervjuer:	Vegar Bergum
Intervjuobjekt:	Formann/Bas
Sted:	XX
Tidspunkt:	XX.XX.2014. Klokken: XX.XX
Intervjotype:	Semistrukturert intervju

Dette intervjuet gjennomføres i forbindelse med en masteroppgave ved NTNU, institutt for bygg, anlegg og transport. Resultatene fra intervjuet vil benyttes i denne oppgaven. Formålet med oppgaven er å kartlegge hvordan bruk av prefabrikkert bindingsverk (veggelementer) påvirker byggeprosessen.

Informasjon om intervjuobjektet:

- Stiling
- Erfaring med bruk av veggelementer fra tidligere prosjekt
- Hvor lenge har du arbeidet på prosjektet?
- Hvor mye har du deltatt i montasje av veggelementene?

Bruk av veggelementer på prosjektet:

- Hva mener du var de største fordelene ved å bruke veggelementer i dette prosjektet?
- Hva mener du var de største utfordringene ved å bruke veggelementer i dette prosjektet?
 - Noen spesielle problemer som oppstod?
- Hvordan mener du selve montasjen av elementene gikk?
- Har du opplevd andre fordeler/utfordringer i tidligere prosjekt?

Påvirkning av ulike parameter

Hvordan påvirker bruk av veggelementer følgende parametere:

Tid

- Hvordan påvirkes byggetiden?

Kvalitet

- Påvirkes antall feil i byggefasen?
- Hvordan påvirkes den endelige kvaliteten?

Miljø og SHA

- Hvordan påvirkes miljøet?
 - Mengden avfall?
- Hvordan påvirkes SHA (Sikkerhet, Helse og Arbeidsmiljø)?

B.4 Intervjuguide: Leverandør av veggelementer

Intervjuer:	Vegar Bergum
Intervjuobjekt:	XX
Sted:	XX
Tidspunkt:	XX.XX.2014. Klokken: XX.XX
Intervjuetype:	Semistrukturert intervju

Dette intervjuet gjennomføres i forbindelse med en masteroppgave ved NTNU, institutt for bygg, anlegg og transport. Resultatene fra intervjuet vil benyttes i denne oppgaven. Formålet med oppgaven er å kartlegge hvordan bruk av prefabrikkert bindingsverk (veggelementer) påvirker byggeprosessen.

Informasjon om intervjuobjektet

- Utdanning
- Arbeidserfaring

Generelt om fabrikken

- Hvor mye produseres?
- Hvor mange prosjekter leveres det til?
- Hvilke typer prosjekter er mest vanlig å levere til?
 - Bolig/næring, offentlig/privat, entrepriseform
 - Geografisk plassering
 - Andre typiske kjennetegn?
- Hvilke type veggelementer er mest vanlige?
 - Innervegger/yttervegger
 - Åpne/lukkede?
 - Størrelse?

Synspunkter på bruk av veggelementer

- Hva mener du er de største fordelene med å benytte veggelementer?
- Hva mener du er de største utfordringene med å benytte veggelementer?
- Hva føler du er de største begrensningene for ytterligere bruk av veggelementer?

Marked

- Hvilke inntrykk føler du entreprenører har av veggelementer?
 - Når ønsker de å benytte veggelementer?
 - Hva er de viktigste argumentene som benyttes?
- Er det generelt en økning eller en reduksjon i etterspørselen av veggelementer?
- Hvordan er utviklingen i fabrikken sin omsetning?
- Hvordan er konkurransen blant leverandører av veggelementer?

Tid og kostnad

- Hvor lang leveringstid er det normalt på veggelementer?
- Hvordan håndteres hastebestillinger og feil leveranser?
- Hvor mye tid går det på å produsere elementene?
 - arbeidstimer/m²?

Kvalitet, miljø og SHA

- Kan du si noe om antall byggefeil på fabrikk?
- Finnes det tallfestede SHA-verdier for fabrikk?
 - Når var siste skade med fravær?
- Hvordan tror du bruk veggelementer på virker miljøet?
 - Avfallsmengde på fabrikk vs. byggeplass?
 - Resirkuleringsgrad på fabrikk?
 - Transport

B.5 Intervjuguide: Transportansvarlig

Intervjuer:	Vegar Bergum
Intervjuobjekt:	XX
Intervjuform:	Telefonintervju
Tidspunkt:	XX.XX.2014. Klokken: XX:XX
Intervjuetype:	Semistrukturert intervju

Dette intervjuet gjennomføres i forbindelse med en masteroppgave ved NTNU, institutt for bygg, anlegg og transport. Resultatene fra intervjuet vil benyttes i denne oppgaven. Formålet med oppgaven er å kartlegge hvordan bruk av prefabrikkert bindingsverk (veggelementer) påvirker byggeprosessen. Med dette intervjuet forsøkes det å kartlegge hvilke problemer som kan oppstå ved transport av veggelementer fra fabrikk til byggeplass.

Informasjon om intervjuobjektet:

- Arbeidserfaring
- Erfaring med transport av veggelementer

Informasjon om selskapet:

- Hvem frakter [selskapets navn] veggelementer for?
- Hvor lenge har [selskapets navn] fraktet veggelementer?
- Hvordan er kontraktsforholdet mellom de to partene?
 - Oppgjørsform?
 - Insentiv-ordninger?

Ansvarsfordeling:

- Har [selskapets navn] egne personer for transport av bygningselementer?
 - Hvilken effekt gir dette eventuelt?
- Hvem gjennomfører av- og pålessing av elementer på fabrikk og byggeplass?
- Hvem har ansvaret om det skjer skader på elementene under av- og pålessing?
- Hvem har ansvaret dersom det skjer skader på elementene under transport?

Planlegging av transport:

- Er det tydelige føringer på når og hvor elementene skal hentes og leveres?
 - Hvor lenge i forveien avtales dette?
 - Hvor ofte forekommer det endringer i planene?

Forbedringspotensialer:

- I hvilken fase er det størst sannsynlighet for at det oppstår skader på elementene?
- Er det noen typer elementer som for oftere skade enn andre?
- Hva gjøres for å gjøre transporten så sikker og effektiv som mulig?
- Hva er det som er de største utfordringene i forbindelse med transport?
- Hender det at det ikke er nok biler tilgjengelig for å gjennomføre transporten?
- Finnes det potensielle tiltak som kan gjøre transporten enklere, bedre, sikrere eller mer effektiv?

C. SPØRREUNDERSØKELSE

Her presenteres svarene fra spørreundersøkelsen som ble gjennomført i forbindelse med oppgaven.

1. Hvilket borettslag er du bosatt i?

		Response Total	Response Total
Hommelvik Sjøside		8	62%
Gystadmyra borettslag		5	38%
Annet, vennligst spesifiser		0	0%

2. Viste du før denne undersøkelsen at boligen var bygget med veggelementer?

		Response Total	Response Percent
Ja		7	54%
Nei		6	46%

3. Hvor lenge har du bodd i din nåværende bolig?

		Response Total	Response Percent
0-0,5 år		0	0%
0,5-1 år		3	23%
1-2 år		7	54%
Mer enn 2 år		3	23%

4. Ble det opplyst i salgsfasen at boligen var bygget med veggelementer?

		Response Total	Response Percent
Ja		5	38%
Nei		8	62%

5. Hvordan påvirket det din interesse for boligen at den var bygget med veggelementer?

		Response Total	Response Percent
Positivt påvirket		0	0%
Negativt påvirket		0	0%
Upåvirket		5	100%

6. Hvordan ville det påvirket din interesse for boligen om du viste at den var bygget med veggelementer?

		Response Total	Response Percent
Positivt påvirket		0	0%
Negativt påvirket		0	0%
Upåvirket		8	100%

Bilag C: Spørreundersøkelse

7. Hvor fornøyd er du med varmeisoleringen i din bolig?

		Response Total	Response Percent
Svært misfornøyd		0	0%
Misfornøyd		0	0%
Delvis fornøyd		2	15%
Fornøyd		6	46%
Svært Fornøyd		5	38%

8. Hvor fornøyd er du med lydisoleringen i din bolig?

		Response Total	Response Percent
Svært misfornøyd		1	8%
Misfornøyd		1	8%
Delvis fornøyd		2	15%
Fornøyd		5	38%
Svært Fornøyd		4	31%

9. Opplever du uønskett trekk i din bolig?

		Response Total	Response Percent
Ja, i stor grad		0	0%
Ja, i liten grad		4	31%
Nei		9	69%

10. Tror bruk av veggelementer påvirker kvaliteten på boligen?

		Response Total	Response Percent
Ja, positiv påvirkning		2	15%
Ja, negativ påvirkning		2	15%
Nei, ingen påvirkning		9	69%

11. Har du hatt positive eller negative opplevelser som kan være relatert til at boligen er bygget med veggelementer?

		Response Total	Response Percent
Nei		9	69%
Ja, vennligst spesifiser		4	31%

D. TABELLER

I Tabell D.1 oppsummeres hvordan veggelementer påvirker faktorene kvalitet, tidsbruk, kostand, logistikk, fleksibilitet, SHA og miljø.

Tabell D.1: Veggelementers innvirkning på byggeprosjektet som helhet	
<u>Positiv innvirkning</u>	<u>Negativ innvirkning</u>
Kvalitet	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redusert fare for byggfukt ▪ Standardisering av arbeid gir lavere feilrate 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Skader og fukteksponeering under transport ▪ Skader og fukteksponeering under montasje
Tidsbruk	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kortere byggeprosjekt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Potensielt tidkrevende kompetteringsarbeider
Kostnad	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kortere prosjekt gir lavere riggekostnader ▪ Kortere prosjekt gir lavere kapitalkostnader ▪ Mindre arbeidstimer gir lavere lønnskostnader 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Endringer blir dyrere ▪ Økte transportkostnader
Logistikk	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Frigitt riggplass ▪ Mindre personell 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Økt kranbehov ▪ Økt krav til størrelse og kvalitet på internveier ▪ Behov for mellomlagring ▪ Store konsekvenser ved forsinkede leveranser
Fleksibilitet	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transport setter begrensninger på høyde ▪ Endringer blir dyre ▪ Vanskeligere å rette opp byggfeil ▪ Feil oppdages sent i prosessen
Miljø	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Enklere å gjennomføre resirkulering på fabrikk 	
SHA	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ryddig fabrikk ▪ Ryddig byggeplass ▪ Lite arbeid i høyden ▪ Færre arbeidstimer på byggeplass ▪ Mindre sannsynlighet for uhell ▪ Mindre belastning på arbeidere ▪ Maskiner overtar farlig arbeid 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Større konsekvens av uhell ▪ Vanskelig å avstive under montasje ▪ Økt arbeidspress ▪ Flere kraner gir økt risiko

Tabell D.2 oppsummerer hvordan veggelementer påvirker byggherre, arkitekt, entreprenør og bruker sine interesser i byggeprosjektet.

Tabell D.2: Veggelementers innvirkning på byggeprosjektets interesser		
	Potensielle fordeler	Potensielle ulemper
Byggherre	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redusert byggetid ▪ Ryddig byggeplass ▪ Redusert sannsynlighet for uhell ▪ Redusert belastning på arbeidere ▪ Redusert sannsynlighet for byggfukt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dyrere endringer ▪ Større konsekvens av uhell
Arkitekt		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vanskelig å unngå skjøter i fasaden ved bruk av bordkledning
Entreprenør	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redusert byggetid ▪ Frigitt riggplass ▪ Ryddig byggeplass ▪ Redusert sannsynlighet for uhell ▪ Redusert belastning på arbeidere ▪ Redusert sannsynlighet for byggfukt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Økt krav til nøyaktighet ▪ Store konsekvenser av feilleveranser ▪ Vanskelig å rette byggefeil ▪ Større konsekvens av uhell
Bruker	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduserte kostnader ▪ Redusert sannsynlighet for byggfukt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dyrere endringer