



Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering: Industriell Økonomi	Vårsemesteret, 2020 Åpen
Forfattere: Espen Bjørsvik & Kristian Hysten	
Veileder: Jan Frick	
Tittel på masteroppgaven: Modulbygg som Industriell Byggemetode - <i>Sammenligning og fremheving av forskjeller mellom plassbygde og modulære byggemetoder</i> Engelsk tittel: Modular Construction as an Industrial Building Method	
Studiepoeng: 30	
Emneord: Modulbygg Industrielle byggemetoder Parallellproduksjon Lean Prefabrikkering	Sidetall: 75 + vedlegg/annet Stavanger, 15/06/2020 dato/år

Forord

Denne oppgaven markerer avslutningen på forfatternes mastergrad i Industriell Økonomi ved Universitetet i Stavanger (UiS). Oppgaven ble skrevet for institutt for industriell økonomi, risikostyring og planlegging i løpet av vårsemesteret 2020.

Vi retter en stor takk til våre kontaktpersoner i Optibo og Malthus Uniteam, som har vært til stor hjelp med både innsikt i selskapenes prosjekter, men også god faglig veiledning underveis med arbeidet. Vår veileder, Jan Frick skal også ha en stor takk for hans kontinuerlige oppfølging og gode innspill på tvers av flere fagfelt. Vi er takknemlig for alle informantene som stilte opp til intervju, noe som fikk belyst problemstillingen fra flere sider.

Samarbeidsbedriftene, professor Frick og intervjuobjektene har gitt forfatterne uvurderlige bidrag, og gjorde oppgaveskrivingen både lærerik og spennende.

Vi ønsker også å takke venner, familie og kjærester som har vært forståelsesfull for travle dager med skriving, og medstudenter og forelesere på UiS for inspirasjon og gode faglige diskusjoner.

Stavanger, 15. juni 2020

Espen Bjørsvik

Kristian Hylén

Espen Bjørsvik

Kristian Hylén

Sammendrag

Denne masteroppgaven tar for seg forskjellene mellom byggeprosjekter som benytter seg av tradisjonelle plassbygde løsninger, kontra prosjekter som bruker prefabrikkerte moduler fra fabrikk. Oppgaven har tatt utgangspunkt i ønsket fra sentrale aktører som SINTEF og Bygg21 om å øke industrialiseringen i byggebransjen, hvor en større bruk av moduler kan vise seg å være en effektiv metode for å oppnå nettopp dette.

Formålet med arbeidet har vært å belyse og fremheve forskjellene mellom de to forskjellige metodene, og konsekvensene av å benytte seg av moduler i byggeprosjekter. Dette har blitt formulert som problemstillingen:

Sammenligne og fremheve forskjeller mellom modulbygg og plassbygde løsninger.

For å tilnærme seg problemstillingen har en omfattende litteraturstudie blitt gjennomført, hvilket har dannet det teoretiske grunnlaget for å diskutere funnene gjort i analysen. Til grunn for analysen ble flere intervjuer gjennomført, og gjennom denne prosessen fikk forskerne tilgang til omfattende dokumentasjon fra to forskjellige prosjekter. Casestudiet av et plassbygd prosjekt, og et prosjekt hvor moduler ble benyttet ga resultatene som ble brukt for å belyse de mest fremtredende forskjellene mellom metodene.

Hovedfunnet fra analysen er den sparte tiden ved bruk av moduler. Parallellproduksjonen hvor modulene blir produsert mens byggeplassen klargjøres førte til en teoretisk besparelse på 76 dager for det plassbygde prosjektet, hvis moduler hadde blitt benyttet. Standardisering, parallellproduksjon og lean-implementering var viktige elementer for å oppnå nevnte tidsbesparelse.

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	ii
Innholdsfortegnelse	iii
Figurtekstliste	v
Tabelltekstliste	vi
Bildetekstliste	vii
Definisjoner og forkortelser	viii
1. Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Formål og problemstilling	3
1.3 Oppgavens oppbygging	3
2. Teori	5
2.1 Industrialisering	5
2.1.1 Norske aktører	7
2.2 Utfordringer med modulbygg	10
2.2.1 Monotont uttrykk	10
2.2.2 Kulturforskjeller	11
2.2.3 Grensesnitt	11
2.2.4 Transport og logistikk	11
2.2.5 Tidlig låst design	13
2.3 Konkurransefortrinn	14
2.3.1 Lean	14
2.3.2 Tid	16
2.3.3 Miljø	17
2.3.4 Kostnadsbesparelser	17
2.4 Entreprisemodeller	19
2.4.1 Valg av modell	19
2.4.2 Fordelaktige modeller for bruk av moduler	20
2.4.3 Anbefalinger for industriell byggemetode	21
3. Metode	22
3.1 Valg av metode	22
3.2 Innsamling av data	23
3.2.1 Litteraturstudie	23
3.2.2 Intervjuer	24
3.2.3 Casestudie	25

4. Analyse	26
4.1 Modulproduksjon	26
4.2 Byggeprosessen	28
4.2.1 Hvordan lykkes med modulbygg.....	30
4.3 Markedsanalyse	32
4.4 Prosjektanalyse	33
4.5 Modulprosjekt: Bryne Kro & Hotell	34
4.5.1 Arbeidsprosess	34
4.5.2 Parallellproduksjon	36
4.5.3 Kort byggetid	38
4.5.4 Miljøbesparelser	38
4.5.5 Gjennomgang av fremdriftsplan	38
4.6 Plassbygd prosjekt: Møllen	42
4.6.1 Arbeidsprosess	42
4.6.2 Hva endres ved bruk av moduler?	44
4.6.3 Transport og logistikk	46
4.6.4 Alternativ fremdrift	50
5. Validering	53
5.1 Litteratur	53
5.2 Intervjuene	54
5.3 Casestudie	54
5.4 Pålitelighet	55
6. Konklusjon	56
6.1 Tilbakeblikk på problemstillingen	56
6.2 Veien videre	57
7. Referanseliste	58
Appendix	64
Intervjuer	64
1. Byggherre fra Optibo.....	64
2. Aktør i byggebransjen – Bygg21.....	65
3. Konsulent fra Trefokus.....	67
4. Entreprenør fra Malthus Uniteam.....	69
5. Arkitekt fra LINK Arkitektur	74

Figurtekstliste

Figur 1: Tenkt besparelse ved parallellproduksjon, som markert med grønt under «Industriell byggemetodikk» (Hairstans, 2015)	16
Figur 2: Venstre: Design av en containermodul - en volumetrisk enhet. Høyre: Sammensetning av moduler til et ferdigstilt bygg. Etter sammensetning blir avstivere montert for å forsterke konstruksjonen (Knaack et al., 2012)	30
Figur 3: Hvordan lykkes i en byggeprosess - Felles rammeverk for norske byggeprosesser (Tiltnes, 2015)	31
Figur 4: Mange like moduler = økt repetisjonsfaktor = økt effektivitet (Malthus, 2012)	35
Figur 5: En fordel med parallellproduksjon er at flere byggeprosesser kan starte samtidig. Hovedaktivitetene innvendig arbeid, utvendig arbeid og tekniske fag starter med korte mellomrom	37
Figur 6: Framdriftsplan for Møllen-prosjektet, hvor progressiv framdrift dominerer. En arbeidsoppgave begynner først når den foregående er utført	43
Figur 7: Original plantegning første etasje for plassbygd prosjekt. Muligheter for å benytte seg av to moduler alternativt til plassbygde løsninger	46
Figur 8: Original plantegning av andre etasje for plassbygd prosjekt. Muligheter for å benytte seg av to moduler alternativt til plassbygde løsninger.	47
Figur 9: Original plantegning av tredje etasje for plassbygd prosjekt. Muligheter for å benytte seg av to moduler alternativt til plassbygde løsninger.	47
Figur 10: Framdriftsplan for Møllen-prosjektet hvor “Forsvinner fullstendig” er markert i rødt, “Forsvinner delvis” i gult og “Må fortsatt gjennomføres” i grønt. Illustrerer endringene ved bruk av moduler framfor plassbygde løsninger	49
Figur 11: Framdriftsplan for Møllen-prosjektet ved bruk av moduler, hvor tidsbruken er redusert fra 153 til 77 dager.....	50

Tabelltekstliste

Tabell 1: Definisjoner og forkortelser	viii
Tabell 2: Bygg21s råd for å lykkes med industrialisering i byggeprosjekter (Frydelund et al., 2019).....	7
Tabell 3: Moduler for midlertidige bygg - Norske selskaper. 3 norske selskaper har sertifisering for midlertidige modulbygg (SINTEF Certification, 2020)	9
Tabell 4: Moduler for permanente bygg - Norske selskaper. 10 sertifiserte norske selskaper som tilbyr moduler (SINTEF Certification, 2020).....	9
Tabell 5: Krav for transport av moduler på norske veier (Forskrift om bruk av kjøretøy, 1990, §5-10 og §5-12)	12
Tabell 6: Inndeling av ulike aktiviteter ut ifra grad av industrialisering	40
Tabell 7: Framdrift Møllen: Endringer ved bruk av moduler. Samtlige oppgaver fra den originale fremdriftsplanen og hvordan de endres	44

Bildetekstliste

Bilde 1: Fabrikproduksjon gir muligheter for «bygg på samleband» (Kodumaja, 2016)	6
Bilde 2: Moduler lastes om bord på skip (Kodumaja, 2016)	12
Bilde 3: Moduler heises på plass ved hjelp av kran (Kodumaja, 2016)	28
Bilde 4: Flyttbare moduler i form av en anleggsrigg (Kodumaja, 2016)	29
Bilde 5: Ferdig innredet modul til Bryne Kro & Hotell (Malthus, 2012)	34
Bilde 6: Venstre: Hotellrom og gang monteres. Høyre: Andre etasje “stables” (Malthus, 2012).....	35

Definisjoner og forkortelser

Tabell 1: Definisjoner og forkortelser

BIM	Bygningsinformasjonsmodellering (Building Information Modeling)
Bygningsmodul	En bygningsmodul består av seks sider og er volumetrisk
Konstruksjonselement	Eksempelvis vegg, etasjeskiller, tak. Kan settes sammen til å bli en modul
MBI	Modular Building Institute
MIC	Modular Integrated Construction
Modulbygg	Et bygg sammensatt av moduler
PMC	Permanent Modular Construction
SHA	Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø
TEK17	Byggteknisk Forskrift: Tekniske krav til byggverk
WBS	Work Breakdown Structure

1. Innledning

Begge oppgavens forfattere har bakgrunn fra et byggingeniørstudium med fordypning i konstruksjonsteknikk. Videre fulgte en mastergrad innen industriell økonomi, og det ble derfor aktuelt å skrive en hovedoppgave som tok for seg et tema i krysningen av disse fagfeltene. Oppgaven har som hensikt å videre undersøke modulbygg som byggemetode i det norske markedet. Modulbygg har potensiale til å industrialisere byggebransjen, men metoden er lite utbredt.

1.1 Bakgrunn

Ifølge SINTEF, en norsk forskningsinstitusjon, beskrives metoden på følgende måte: “I modulbygg oppføres bygninger fra prefabrikkerte bygningsmoduler. Bygningsmodulene produseres i fabrikk under kontrollerte forhold eller fra allerede produserte konstruksjonselementer, for eksempel vegger, etasjeskillere og tak”. (Almås, Gåsbakk, Bøhlerengen & Klinski, 2014, s. 5). Modulbygg skiller seg fra den tradisjonelle plassbygde metoden hvor materiale blir fraktet til prosjektplassen og deretter montert sammen til ønsket struktur, som for eksempel leiligheter, eneboliger, kontorer eller blokker. I prosjekter som benytter seg av prefabrikkerte moduler blir bygninger reist opp ved montering av nevnte moduler, og ikke produsert på prosjektplassen. Men det må i de fleste tilfeller påregnes noe etterarbeid på bygget før det kan ferdigstilles (Almås et al., 2014).

Et av det mest fremtredende kjennetegnet ved modulbygg er den korte byggetiden. Ettersom modulene kun skal monteres på byggeplassen medfører dette mindre tid fra fundamentet er støpt til det ferdige bygget står klart. Parallellproduksjon er en driver i nevnte tilfelle, og konstruksjonen av bygget er ikke avhengig av om fundamentet er klart. Fordelene med modulbygg har vært identifisert over lengre tid, og allerede på 1960-tallet startet bruken av prefabrikkerte enheter i forskjellige bygningsprosjekter. Både permanente (leiligheter, eneboliger, næringsbygg) og midlertidige (brakkerigger) bygninger har vært og er bruksområder for modulbygg (Almås et al., 2014). I dag blir moduler produsert på fabrikk i Norge, men også i stor grad importert fra Sverige, Finland, Litauen, Latvia og Estland. Den solgte produksjon av prefabrikkerte bygninger i Norge var på tre milliarder kroner i 2018 (SSB, 2020).

En av de største fordelene ved å benytte seg av moduler er standardiseringen av produktene (modulene), samt den forutsigbare produksjonsmetoden. Ettersom modulene er produsert på fabrikk er det naturlig å anta at det vil føre med seg en del fordeler. Konstante og kontrollerte forhold på en fabrikk gir høyere kvalitet på produktet kontra plassbygd som er utsatt for vær og vind (Johnsson & Meiling, 2010). Ved å flytte produksjonen fra prosjektplassen til fabrikk kan også fokuset skiftes fra prosjekt til prosess. Bygg 21, som er et samarbeid mellom bygg- og eiendomsnæringen og statlige myndigheter for å bringe til livs potensiale for produktivitet i byggebransjen, identifiserte på oppdrag for Kommunal- og Moderniseringsdepartementet et potensiale for å kutte 20% av kostnadene i næringen innen utgangen av 2020. Industrialisering og standardisering er beskrevet som en stor del av nevnte potensiale (Eiken, 2014).

Bygg- og anleggsbransjen henger etter resten av Nærings-Norge hva gjelder industrialisering. Både SINTEF og Bygg21 konkluderer henholdsvis i «Industrialisering av byggeprosessene: Status og trender» (Moum, Høiland-Kaupang, Olsson & Bredeli, 2017) og «Industrialisering av byggeprosjekter» (Frydelund et al., 2019) at standardisering er et forbedringspotensiale for bransjen. Bransjens natur, bestående av unike prosjekter med skreddersøm har ført til at involverte aktører kontinuerlig har funnet nye løsninger i arbeidet sitt. Prosjektering og gjennomføring er avhengig av lokasjon (både hvor i landet det bygges og topografi på prosjektplassen), kundens behov og hvilke aktører som deltar i prosjekter. Slike faktorer har gjort det utfordrende å effektivisere byggeprosjekter, og Bygg21 nevner for mye skreddersøm, nye prosesser og ulik organisering fra prosjekt til prosjekt som omstendigheter som reduserer industrialisering (Frydelund et al., 2019).

Modulbygg kan ha potensiale for å øke industrialiseringen i norsk bygg- og anleggsbransje, men metoden har ikke et like godt rykte i alle miljøer. Byggevareindustriens Forening har tidligere advart mot den økende importen av moduler i tre, og at manglende kontroll av kvalitet er et problem (Aga, 2013). Nye Kirkenes sykehus stod klart i september 2017, men grunnet feil, mangler og utestående betalingskrav til entreprenør kan prosjektet ende opp med nærmere 170 millioner i ekstra kostnader. Tyske Cadolto har hatt utførende ansvar på prosjektet, og benyttet egenproduserte moduler i arbeidet. Feil i levering og manglende kvalitet er trukket fram som hovedpunkter for å forklare den økonomiske smellen (Trellevik, 2018).

1.2 Formål og problemstilling

Oppgaven og arbeidet med denne har som formål å kartlegge og fremheve forskjellene mellom modulbygg og tradisjonelle plassbygde løsninger. Målet med arbeidet er å videre undersøke bruken av moduler i Norge, hva som endres i byggeprosjekter ved bruk av moduler og konsekvensene av endring av byggemetode. Problemstillingen blir da som følger:

Sammenligne og fremheve forskjeller mellom modulbygg og plassbygde løsninger.

Til grunn for oppgaven ligger en gjennomgang og undersøkelse av litteratur om plassbygde løsninger, modulbruk og produksjon av disse. Kvalitative intervjuer ble gjennomført sammen med en casestudie av to forskjellige prosjekter. Casestudien og intervjuene danner grunnlaget for oppgavens analyse og konklusjon.

1.3 Oppgavens oppbygging

Kapittel 1: Innledning og problemstilling

Første kapittel tar for seg bakgrunnen og formålet med oppgaven, og har som hensikt å være en introduksjon til resten av arbeidet. Problemstilling og hva den innebærer er også presentert i dette kapittelet.

Kapittel 2: Teoretisk gjennomgang

I kapittel to blir det teoretiske grunnlaget for oppgaven presentert. Første del av kapittelet tar for seg industrialiseringen av byggebransjen i Norge, og hvilke aktører som benytter seg av moduler i sitt arbeid. Videre er både utfordringer og konkurransefortrinn ved bruk av moduler i byggeprosjekter beskrevet. Til sist i kapittelet er forskjellige entreprisemodeller for byggeprosjekter presentert, og hvilke modeller som er anbefalt for industrialiserte prosjekter fremhevet.

Kapittel 3: Metode

Kapittelet beskriver hvordan arbeidet ble utført for å kunne gjennomføre masteroppgaven. Hvordan data er samlet inn for litteraturstudie, casestudier og intervjuer er nærmere beskrevet i dette kapittelet.

Kapittel 4: Analyse

I dette kapitlet blir casestudiene fra de to forskjellige byggeprosjektene presentert. Prosjektene blir gjennomgått og beskrevet, og sentrale forskjeller og likheter blir trukket frem. Analysen ble gjennomført med utgangspunkt i informasjon tilegnet fra casestudien, litteratursøket og de gjennomførte intervjuene.

Kapittel 5: Validering

Femte kapittel tar for seg metodene benyttet i analysen, og om disse er egnet til sitt formål. Nøyaktigheten, presisjonen og usikkerheten til resultatene diskuteres for å sikre kvaliteten til oppgaven.

Kapittel 6: Konklusjon

Kapittel seks trekker frem de mest fremtredende resultatene fra analysen, og presenterer et tilbakeblikk på problemstillingen og diskuterer veien videre for bruken av moduler i Norge.

Kapittel 7: Referanser

Til sist i oppgaven blir referansene brukt i oppgavene listet opp i alfabetisk rekkefølge.

Appendix:

Appendixen består av intervjuene som ble gjennomført i arbeidet med denne oppgaven.

2. Teori

Kapittelet presenterer litteraturen som er benyttet i oppgaven. Det har som hensikt å danne et teoretisk grunnlag for forskjellene mellom plassbygde prosjekter, og prosjekter som benytter seg av moduler. Den innsamlede og anvendte litteraturen omfatter flere temaer som er aktuell for å belyse problemstillingen for dette arbeidet. Kapittelet beskriver først industrialisering og hvordan det er relevant for norsk byggebransje. Deretter blir norske aktører som benytter moduler i sitt arbeid oppsummert, før både utfordringer og konkurransefortrinnene til moduler blir nærmere undersøkt. Til sist i dette kapittelet kommer en gjennomgang av de forskjellige entreprisemodellene som er aktuelle for bruken av moduler.

2.1 Industrialisering

Industri er en betegnelse på en økonomisk virksomhet hvor produksjon foregår i stor skala og råvarer bli bearbeidet til ferdige produkter. Det kreves store investeringer for å lykkes med å standardisere prosesser for å kunne produsere varer mer effektivt enn ved tradisjonelt håndarbeid. Videre er det å industrialisere en betegnelse på å omlegge til fabrikkmessig drift, og industrialisering en betegnelse på å legge om til automatisert og maskinell drift (Berg, 2008). Sistnevnte er tilfelle for modulproduksjon i fabrikk som denne oppgaven tar for seg, hvor hensikten med industrialiseringen er å bedre arbeidsmiljøet og å effektivisere arbeidet.

Utgangspunktet for en økt industrialisering av byggebransjen ligger i å ta i bruk ny teknologi i samsvar med effektive prosesser og digitalisering. Ved å tenke industrielt gjennom hele verdikjeden kan entreprenører og utbyggere bruke kjente løsninger og prosesser for å øke produktiviteten gjennom alle fasene av et byggeprosjekt med moduler. Fra idé og prosjektering, til byggeprosessen og logistikk, og til slutt med hensyn på avhending og eventuell resirkulering (Frydelund et al., 2019).

Bygg21 har utarbeidet følgende definisjon av industrialisering i bygge- og eiendomsnæring:

“Industrialisering av byggeprosjekter er å planlegge og gjennomføre en prosess som i størst mulig grad gjentar bruk av standardiserte løsninger, industrielle metoder og digitale verktøy. Hensikten er å sikre høy produktivitet og kvalitet gjennom effektive innkjøp, rask produksjon og god dokumentasjon” (Frydelund et al., 2019).

Bygging med moduler kan i stor grad kategoriseres som en industriell byggemetode, da det tar for seg samlebåndsprinsipper på lik linje med bilindustrien, og produserer bygninger i større skala gjennom standardiserte byggemetoder (Solberg, 2016). Det er konsensus i byggebransjen om at industrialisering av byggeprosjekter vil føre til reduserte kostnader og feil, samt øke forutsigbar bruk av materialer, standardiserte løsninger og god kompetanse (Frydelund et al., 2019). Optimalt sett vil dette føre til et tettere samarbeid mellom mange ulike aktørene i bygge- og eiendomsbransjen ved hjelp av erfaringsoverføring og felles metoder som kan brukes av alle involverte. Bruken av industrialiserte løsninger, hvor byggherrene jobber med å utvikle nye metoder som bidrar til å senke produksjonskostnadene, er også med på å fremme innovasjon i bransjen (Nordli, 2019)



Bilde 1: Fabrikproduksjon gir muligheter for «bygg på samlebånd» (Kodumaja, 2016)

Ut ifra litteratur fra Bygg21 og SINTEF som tar for seg henholdsvis industrialisering av byggeprosjekter og industrialisering og systematisering av boligbyggproduksjon, kan det trekkes frem følgende hovedelementer ved industrialisert bygging (Frydelund et al., 2019):

Organisering → Flyt → Standardisering → Automatisering → Teknologibruk

For å oppnå industrialisering i byggenæringen, må bedrifter ta for seg planleggingsverktøy og prosesser som i hovedsak bruker standardiserte løsninger, digitale verktøy og industrielle metoder. Som et resultat av industrialisering kan man oppnå både høyere effektivitet og

produktiviteten. Men for å få til en økt grad av industrialisering trengs det bransjeendringer. Det vil si at aktører må være villige til å endre tidligere arbeidsmetoder som inneholder isolerte databaser og lukkede arbeidsprosesser, til fordel for store overordnede grep som for eksempel globale standarder. Bygg21 har pekt ut tre essensielle råd for å oppnå økt industrialisering, som vist i tabell 2 under.

Tabell 2: Bygg21s råd for å lykkes med industrialisering i byggeprosjekter (Frydelund et al., 2019)

Råd	Tiltak
1. Industrialiser byggeprosessen	<ul style="list-style-type: none"> - Tenk industrielt fra første start - Involver viktige aktører tidlig i prosessen - Bruk BIM i alle faser - Kartlegg hvilke felleskomponenter som trengs for en heldigital industriell byggeprosess
2. Digitaliser alle materialkjøp ved bruk eksisterende åpne, felles standardiserte løsninger	<ul style="list-style-type: none"> - Prosjektaktører må bruke åpne, etablerte standarder - Standard Norge må intensivere arbeidet med å utarbeide produktdatamaler
3. Kommunal- og moderniseringsdepartementet må intensivere og styrke arbeidet med nordisk harmonisering av byggeregler	<ul style="list-style-type: none"> - Prioritere et harmoniseringsarbeid mellom Norge og Sverige - Etablere aksepterte løsninger for universell utforming - Typegodkjenning for produkter, løsninger og konsepter - Utvikle automatisk regelsjekk av TEK

Tabellen over er ment som et utgangspunkt for hvordan bransjen kan lykkes med en økt industrialisering, hvor modulbygg er et aktuelt alternativ.

2.1.1 Norske aktører

Prefabrikkerte bygningsmoduler er en byggevarer som krever sertifisering for å kunne brukes i Norge og EØS forøvrig. Sertifiseringen utstedes av SINTEF Teknisk Godkjenning som vurderer om byggevarer er egnet for bruk i forhold til teknisk forskrift (TEK). Det er rettet mot det norske markedet, og gjelder både importerte og norskproduserte byggevarer. Europeisk teknisk bedømmelse (ETA) brukes som grunnlag for å CE-merke byggevarer, det vil si at

produktet kan selges og markedsføres lovlig i Norge. ETA brukes på produkter som ikke er dekket av en harmonisert produktstandard, som modulbygg. Prefabrikkerte bygningsmoduler som har sertifisering fra SINTEF Teknisk Godkjenning dokumenterer at produktet er i samsvar med krav i regelverket og norsk byggeskikk (SINTEF, u.å.).

Som en del av kartleggingen av det norske modulmarkedet følger to tabeller under som viser hvilke selskaper i Norge som har SINTEF Sertifisering for prefabrikkerte bygningsmoduler per 2020, og bedriftenes gjennomsnittlige driftsresultat for de siste 3 årene. Driftsresultatet kan være med på å forklare lønnsomheten til virksomhetene som driver med modulbygg i Norge (Visma, u.å.). Tallene er hentet fra proff.no, som er en oversiktsside som viser regnskapstall for bedrifter som leverer årsregnskap til Brønnøysundregistrene. Driftsresultatene viser en positiv trend for flertallet av selskapene, noe som kan indikere at den operative driften er lønnsom. SINTEF deler inn kategorien Bygningsmoduler i to underkategorier; moduler for midlertidige bygg og moduler for permanente bygg. Utenlandske leverandører med sertifiserte produkter for det norske markedet er franske ALGECO, svenske Temporent, OBOS og Älvsbyhus, estlandske Kodumaja, polske Unihouse og nederlandske Vastint Hospitality (SINTEF Certification, 2020).

Tabell 3: Moduler for midlertidige bygg - Norske selskaper. 3 norske selskaper har sertifisering for midlertidige modulbygg (SINTEF Certification, 2020)

Selskap	Tilbyr	Gjennomsnittlig driftsresultat (2016-2018) (proff.no)
CRAMO AS	Fabrikkframstilte bygningsmoduler til midlertidige bygninger	47 988 000
Expandia Moduler AS	Prefabrikkerte trehusmoduler	10 924 000
Malthus Uniteam AS	Moduler innen skoler, barnehager, boliger, kontor og helse	27 269 000

Tabell 4: Moduler for permanente bygg - Norske selskaper. 10 sertifiserte norske selskaper som tilbyr moduler (SINTEF Certification, 2020)

Selskap	Tilbyr	Gjennomsnittlig driftsresultat (2016-2018) (proff.no)
Direkte Handel AS	Monteringsferdige hus	-534 000
Djønne Modul AS	Djønne trehusmoduler	9 506 000
Hålogaland Element AS	Prefabrikkerte bygningsmoduler av tre	114 000
JST Bolig AS	Bygningsmoduler i tre	Ingen data
Konsmo Fabrikker AS	Prefabrikkerte trehusmoduler	9 987 000
Moelven Byggmodul AS	Seksjonshuselementer av tre	10 923 000
Nordic MBS	Bygningsmoduler primært beregnet til hotellbygg	Ingen data
Nordic Smart House AS	Smartboliger	330 000
Selbuhus Industrier AS	Husmoduler	-495 000
Skanska Husfabrikken AS	Seksjonshussystem	23 280 000

2.2 utfordringer med modulbygg

SINTEF har utredet en rapport som sammenligner modulbygg med plassbygde løsninger, og har gjennom intervjuer av flere aktører i en byggeprosess kommet frem til noen ulemper som påvirker modulbygg i negativ forstand. Intervjuobjektene bestod av byggherrer, arkitekter, utbyggere, total- og underentreprenører, driftspersonell, byggherreombud og beboere. Følgende generelle utfordringer kan trekkes ut som de mest kritiske (Almås et al., 2014):

- Modulstørrelsene gir begrensninger med tanke på romløsninger og planløsninger
- Prosjekteringen må låses i en tidlig fase, noe som fører til lite rom for endringer
- Bransjen må tilpasse seg nye løsninger
- Arealtap grunnet overgang mellom moduler og doble innvendige vegger
- Valutaeksponering i form av variable kurser for utenlandsk valuta
- Begrensninger/nedprioritering av estetisk uttrykk
- Uklarheter i forbindelse med grensesnitt, som i hovedsak kommer av dårlig kommunikasjon mellom de ulike aktørene

At det norske markedet henger etter sine naboland når det gjelder modulbygg er en klar pekepinn på at det er flere utfordringer med byggemetoden. I Sverige bygges nærmere 50% av småhus ved hjelp av modulære byggemetoder, mens det i Norge er mindre grad av industrialisert husbygging (Myhrvold, 2011). I det totale markedet for bruk av tre i bygg påstår Byggfakta at prefabrikasjongraden i Norge ligger på 20%, mens Sverige er oppe i 80% (Byggfakta, 2017).

2.2.1 Monotont uttrykk

En britisk undersøkelse som tok for seg skepsis til modulbygg fra 2002 konkluderte med at huskjøpere får et negativt inntrykk av modulbygg grunnet et monotont uttrykk, og det har et generelt dårlig rykte. Det blir sagt at et akseptert prefabrikkert hus er et som ikke ser ut som om det er prefabrikkert (Edge et al., 2002, s. 6.). Kundene hadde en generell negativ oppfatning av prefabrikkerte hus, da det manglet estetikken som setter et mer personlig preg på et tradisjonelt hus.

2.2.2 Kulturforskjeller

En utfordring i det norske markedet er at det er manglende kompetanse på området, og flere utbyggere må hente moduler fra utlandet. Det skjer i hovedsak fra Tyskland og Baltikum, da det er billigere enn norske løsninger. Dette medfører naturligvis ulemper med tanke på transport og logistikk, men kvaliteten forblir like god så lenge designet låses tidlig i prosessen og prosjekteringen foregår i BIM (Solberg, 2016).

2.2.3 Grensesnitt

Grensesnitt er kontaktflaten mellom delsystemer som kommuniserer med hverandre, og bør helst være standardisert (Store Norske Leksikon, 2019). For byggeprosjekter representerer grensesnittet en gråsoner hvor det er usikkert hvem som har ansvaret for en gitt del av prosjektet. For faserelaterte grensesnitt er det problemer mellom de ulike fasene i byggeprosessen, mens faglige grensesnitt viser til problemer i overlapping mellom de forskjellige prosjekteringsområdene. Problemer rundt grensesnitt oppstår ofte i forbindelse med nye aktører som kontraheres inn i prosjektet, hvor det foregående arbeidet ikke kommuniseres godt nok. Hovedansvaret for å holde kontroll på grensesnitt ligger hos prosjekteringsleder, og disse bør være nøye definert for å lykkes i modulprosjekter (Nordli, 2019). Følgene av problemer rundt grensesnitt er et oppsplittet ansvarsforhold mellom modulleverandøren og lokale entreprenører. Underentreprenører tilbakemelder i en SINTEF-rapport at grensesnitt ofte ikke er spesifisert grundig nok i kontrakten, og at det dermed kan oppstå ekstra føringer i ettertid (Almås et al., 2014).

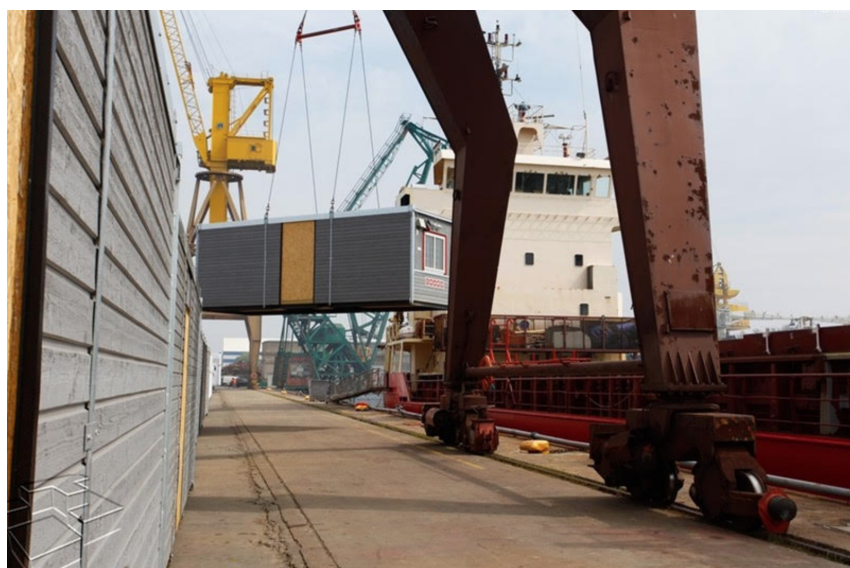
2.2.4 Transport og logistikk

I Norge er det restriksjoner på hvor store modulene kan være. Ved særskilte tilfeller (hvis modulene er større enn en gitt dimensjon) kreves det politieskorte og kolonnetransport om natten. Dette kan være problematisk i framtiden hvis modulbygg blir mer utbredt, og dermed antas det at vegvesenet ikke har kapasitet til å vurdere søknader omgående, samt at politiet også vil ha problemer med å følge opp samtlige henvendelser. I hovedsak foregår transporten i dag via skip fra Baltikum (Prognosesenteret, 2014), og/eller lastebiler på veiene. Som oftest står produsentene også for transporten fra fabrikk til prosjektplass. De forskjellige dimensjonene og tilhørende krav er listet opp i tabellen under.

Tabell 5: Krav for transport av moduler på norske veier (Forskrift om bruk av kjøretøy, 1990, §5-10 og §5-12)

Bredde i meter	Maks lengde i meter på 12,4 vei	Antall følgebil(er)	Krav om dispensasjon	Politieskorte
2,55 - 3	14,4	Ingen	Ingen	Nei
3 - 3,25	14,4	1	Ingen	Nei
3,25 - 3,5	14,4	1	Ja	Nei
3,5 - 4	14,4	2	Ja	Nei
4 - 4,2	14,4	2	Ja	Ja

Prosjekter som bruker moduler stiller strenge krav til logistikk i form av transport og oppbevaring på byggeplass. Leveringstidspunkt og bestillingstid kan være uforutsigbart i en bransje med mye tidspress, mener ekspert fra Veidekke V-teknikk (Revfem, 2018). På grunn av begrensninger av transport som følge av modulstørrelse, kreves nøye planlegging for store moduler som ofte transporteres på tvers av landegrenser med både skip og trailere.



Bilde 2: Moduler lastes om bord på skip (Kodumaja, 2016)

2.2.5 Tidlig låst design

Prosjekter med modulbygg stiller krav til at avgjørelser for design- og ingeniørarbeid låses tidlig i prosessen. Dette behovet gjør at arkitekter, ingeniører og entreprenører må gjøre seg kjent med detaljene rundt fabrikkarbeidet og oppsettet av bygget, fordi når produksjonen først er i gang er det små rom for endringer (Realprojectives, 2019). Samtidig som flere kilder nevner tidlig låst design som en ulempe med modulbygg, lister blant annet etat for utbygging i Bergen Kommune det som en fordel, fordi det reduserer risiko for feil (Berge, 2018).

2.3 Konkurransefortrinn

De største potensielle fordelene ved modulær konstruksjon ligger i muligheten for å bygge hurtig med høy kvalitet. Modular Building Institute, som er en internasjonal organisasjon bestående av produsenter, entreprenører og utbyggere i modulbransjen har kartlagt en oversikt over fordelene ved modulbygg som deles inn i tre hovedkategorier: Grønnere, raskere og smartere (MBI, 2014). I samsvar med undersøkelser utført av en forskergruppe om tilpasning av prefabrikkerte bygg, kan følgende fordeler trekkes frem som essensielle for modulbygg i det norske markedet (Tam, Tam, Zeng & Ng, 2007):

- Redusert konstruksjonstid som følge av parallellproduksjon. Konstruksjon av moduler kan foregå samtidig som fundament støpes og arbeid på byggeplassen pågår. Dette kan potensielt føre til 50% raskere fullføring.
- Prosjektkostnadene reduseres som følge av redusert konstruksjonstid, og på grunn av industrialiseringen av byggeprosessen.
- Fabrikkkontrollerte prosesser generer mindre avfall, skaper mindre forstyrrelser og legger til rette for mer presis konstruksjon året rundt.
- Usikkerhetsmomentet knyttet til værforhold forsvinner da opptil 90% av konstruksjonen ferdigstilles i fabrikk (MBI, 2014).
- Modulbygg konstrueres på lik linje med konvensjonelle bygg i Norge i henhold til TEK17. I teorien skal dermed ikke kvaliteten være noe dårligere.
- Økt trygghet for arbeidere som følge av innendørs montering under kontrollerte forhold.
- Ubegrensede design-muligheter med tanke på estetiske tilpasninger

2.3.1 Lean

Sentrale elementer for å forbedre produktiviteten i bygg- og anleggsbransjen er lean og standardisering. Lean er et bredt begrep som tar for seg flere aspekter ved veltrimmet produksjon, men en kortfattet definisjon vil være minimering av avfall og maksimering av flyt (Bucourt et al., 2011). Innenfor denne definisjonen har standardisering en sentral plass, fordi det kan etableres løsninger eller prosesser som gjentas i flere sammenhenger. Eksempler på det er prosjektering av like rom eller etasjer og utarbeiding av prosjekteringsprosesser som definerer standard bruk av teknisk verktøy. Som et resultat av standardisering vil man oppnå

fordeler som gjentakelseeffekt, økt kompetanse og masseproduksjon (Nakken, Lilleland-Olsen, Woldseth & Malm, 2015).

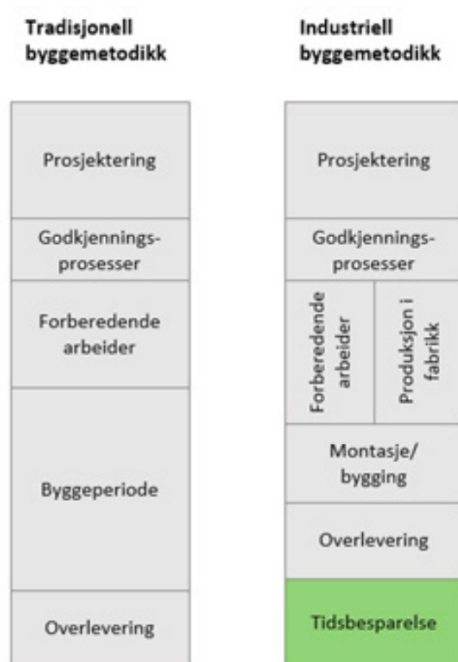
Det er flere åpenbare paralleller mellom lean og industriell byggeteknikk. Professor Jan Frick ved Universitetet i Stavanger har samlet 25 lean-prinsipper basert på et bredt utvalg litteratur på området (Frick, 25 principles of lean, 31. august 2018). Ut fra denne studien kan man trekke ut flere relevante punkter for hvordan lean påvirker modulære byggemetoder:

- Kunde: Økt kunde verdi i form av pris, leveranse og kvalitet
- Avfall: Redusering av avfall som følge av kontrollert fabrikkproduksjon
- Prosess: Bedre oversikt over prosessen grunnet samlet produksjon
- Flyt: Færre aktører og flere synkroniserte operasjoner
- Pull: Er spesielt aktuelt for mobile modulære enheter ved leieavtaler
- Tid: Flere trekker kortere byggetid frem som det viktigste aspektet ved modulbygg
- Kaizen: Japansk begrep som betyr kontinuerlig forbedring. Byggemetoden er relativt ny, og det er rom for forbedring i flere ulike deler av leveringskjeden

Byggebransjen har tradisjonelt hatt utfordringer med lav produktivitet, dårlig sikkerhet, arbeidsforhold og kvalitet (Nakken et al., 2015, s. 12). Dette utspringer blant annet fra problemer med samlet planlegging for alle involverte aktører. Et vellykket prosjekt krever kontroll på aktivitetene, kunnskap om varighet, ressursbruk og forutsetningene for gjennomføring (Mosland, 2016). De senere årene har næringen i større grad begynt å ta i bruk teknikker og prinsipper som kan relateres til lean, noe som i modulbransjen har gitt positive resultater som følge av strømlinjeformet gjennomføring på byggeplass. Det kommer som følge av god flyt i arbeidet som utføres på byggeplassen, og økt grad av detaljering (Nakken et al., 2015, s.12).

2.3.2 Tid

Tidsbesparelse er en faktor som trekkes frem av flere kilder som den største positive effekten ved modulbygg. I lean-sammenheng er tid kategorisert som *waste* (sløsing), og en reduksjon av tidsbruk vil naturligvis medføre andre goder i forbindelse med et byggeprosjekt, som raskere avkastning og mindre eksponeringstid på byggeplassen (Malthus, 2020). Årsaken til tidsbesparelsen ligger i muligheten for å ferdigstille komponenter på en ekstern fabrikk samtidig som området på byggeplassen kan klargjøres. Grunnet denne parallellproduksjon minsker behovet for antall operasjoner på byggeplassen, noe som fører til at bygget kan ferdigstilles på kortere tid (Nakken et al., s. 29). Den tenkte besparelsen kan illustreres i form av figur 1, hvor byggeperioden i tradisjonell byggemetodikk blir redusert til kun montasje/bygging ved bruk av moduler. Risiko som følge av prosjektering og andre prosesser som danner grunnlaget for bestilling av moduler kan ha stor innvirkning på den totale prosjektiden. En studie fra 2011 viste at 66% av aktørene som benyttet seg av industriell byggemetodikk erfarte reduksjon i konstruksjonstiden. 28% Erfarte ingen endring, mens 6% rapporterte om økt byggetid (Nakken et al., 2015, s. 29)



Figur 1: Tenkt besparelse ved parallellproduksjon, som markert med grønt under «Industriell byggemetodikk» (Hairstans, 2015)

2.3.3 Miljø

Bygg- og anleggsbransjen står ifølge Statistisk Sentralbyrå for 25% av alt avfall som genereres i Norge i løpet av et år (SSB, 2017). Dette tilsvarer 2,975 millioner tonn avfall, og har naturligvis stort potensiale for forbedring. Store deler av avfallet i bransjen genereres som følge av rivning, men på områder som nybygging og rehabilitering har modulære byggemetoder et stort potensial for å forbedre avfallsstatistikken. Ifølge tall fra en markedsrapport om fordeler ved industrielle byggemetoder utført for Modular Building Institute melder 88% av bedriftene som var med at de opplevde avfallsreduksjon ved bruk av modulære byggemetoder. 81% rapporterte forøvrig om redusert avfall ved bruk av prefabrikkerte elementer (MBI, 2020).

Som tidligere nevnt reduseres avfall som følge av modulproduksjon under kontrollerte forhold i fabrikk, noe som er i tråd med et av de viktigste lean-prinsippene, nemlig å unngå avfall fremfor å inspisere og reparere. Med modulbygg oppstår denne fordelingen som følge av at man inspisierer prosessen, ikke produktet, og dermed løser avfallsproblemet så tidlig som mulig. Redusert avfall på en byggeplass vil både skape en miljøgevinst som følge av at mindre søppel gir et lavere karbonavtrykk og fordi byggeplassen vil bli mer oversiktlig, noe som medfører økt effektivitet (Martinsen, 2017).

Byggematerialet som benyttes i modulbygg er for det meste tre, noe som er hensiktsmessig med tanke på å minske CO₂-utslipp. Hvis man tar høyde for at trematerialer som benyttes kommer fra godt forvaltet skog, har treprodukter svært liten innvirkning på miljøet. Tre er et av de mest miljøvennlige byggematerialene i Norge, og gir også godt innemiljø og forenkler både gjenvinning og gjenbruk (Trefokus, u.å.)

2.3.4 Kostnadsbesparelser

SINTEF skriver i sin rapport «Modulbygg – like godt som plassbygde løsninger?» (Almås et al., 2014) at de økonomiske forskjellene for modulprosjekter i forhold til konvensjonelle byggeprosjekter ikke er særlig utslagsgivende. Utbyggere, totalentreprenører og byggherrer rapporterer om økonomisk gunstighet ved bruk av moduler, og sluttsammen tilsier ofte en besparelse på 10-20% (Almås et al., 2014, s. 20).

Et grovt estimat gjort av intervjuobjekt og entreprenør fra Malthus Uniteam angående kvadratmeterpriser for modulbygg og konvensjonelle bygg var henholdsvis 24 000/kvm og 30-35 000/kvm. Disse anslagene vil naturligvis variere veldig fra prosjekt til prosjekt, men ettersom verdiene samsvarer i stor grad med hva SINTEF konkluderte med, viser det at modulbygg kan være kostnadsreducerende. Det poengteres også fra seniorrådgiveren i Malthus at den viktigste faktoren for å lykkes med økonomiske besparelser er god planlegging i den tidlige fasen av prosjektet.

Under optimale forhold, det vil si ved god prosjektering og utførelse, høy effektivitet og produktivitet som følge av kunnskapsoverføring og kommunikasjon, så har bruken av prefabrikkerte bygningsmoduler potensiale til å gi samfunnsøkonomiske besparelser i milliardklassen (Almås et al., 2014, s. 23)

2.4 Entreprisemodeller

Valget av entreprisemodell er viktig for å avklare hvem som skal ha ansvaret for usikkerheten i prosjektet, og hvem som skal sitte med styringsmulighetene. Dette valget bør baseres på hvilke av partene som er best egnet til å takle de eventuelle konsekvensene, og hvem som har størst kraft til å påvirke usikkerhetsbildet. Valg av entreprisemodell er viktig ved bruk av moduler for å håndtere konsekvensene av det tidlig låste designet, og håndteringene av grensesnitt beskrevet under *Utfordringer med modulbygg (jf. 2.2.3 og 2.2.5)*.

2.4.1 Valg av modell

Entreprenøren krever påslag hvis de skal ta på seg ansvaret, men da reduseres samtidig kostnadene byggherren har i administrasjonen. Størrelsen på påslaget avgjøres av evne entreprenøren har til å håndtere konsekvensen hvis arbeidet ikke lar seg gjøre eller kostnadene blir for store. Større konsekvenser tilsvarer en større risiko som det er naturlig at utøvende part får kompensert. Byggherre kan ta på seg ansvaret hvis selskapet har god og lang erfaring med prosjektledelse. Delt entreprise (hvor byggherre har ansvaret) blir beskrevet som en separasjonsbasert kontraktstrategi, ettersom byggherre selv inngår og styrer kontraktene med de forskjellige underleverandørene i prosjektet (Lædre, 2012). Byggherren vil da ha kontroll over prosjektet og kan lettere styre kostnadsutviklingen og implementere endringer, men må samtidig håndtere usikkerheten selv. I motsatt ende har vi integrasjonsbasert kontraktstrategi, totalentreprise, hvor byggherren betaler en part for å overta ansvaret for det utøvende arbeidet.

En god fremgangsmåte for å velge entreprisemodell er å vurdere erfaringen til de forskjellige partene. Byggherren kan som nevnt ta ansvaret for kontraktsinngåelsen (delt entreprise) hvis de har en stor prosjektportefølje med gode resultater. Videre må rammene til prosjekt vurderes. Tid, kostnad, kvalitet og omfang er alle faktorer som påvirker valget om entrepriseform. En delt entreprise kan være fordelaktig ved uforutsigbart prosjektomfang, ettersom byggherren da vil ha større mulighet til å gjennomføre endringer som dukker opp underveis i prosjektet. Det blir da naturlig å vurdere andre momenter som usikkerhet og grensesnitt i valget av kontraktstrategi (Lædre, 2012), og delt entreprise anbefales ikke ved bruk av moduler hvor omfanget må være nøye bestemt som beskrevet i delkapittelet *Tidlig låst design (jf. 2.2.5)*. Lædre anbefaler at byggherrer har en generell kontraktstrategi med standardiserte løsninger,

hvilket er i tråd med Bygg21 sin anbefaling om standardisering beskrevet i delkapittelet *Industrialisering (jf. 2.1)*, som deretter kan tilpasses det spesifikke prosjektet.

2.4.2 Fordelaktige modeller for bruk av moduler

Totalentreprisen kjennetegnes ved at byggherren inngår kontrakt med en totalentreprenør som igjen inngår kontrakter med de forskjellige underleverandørene og partene. Totalentreprenøren er da ansvarlig for grensesnitt, prosjektering og koordineringen av de forskjellige fagene som utfører arbeidet sitt på prosjektet (Nakken et al., 2015). Både kostnad, tid, kvalitet og SHA er under totalentreprenørens ansvar, men nevnte part har også mulighet til å benytte seg av kjente løsninger og partnere. Dette bidrar til en toveis erfaringsoverføring mellom prosjekterende part (fagrådgivere og arkitekt) og utførende part som totalentreprenøren drar nytte av til å produsere gode resultater i arbeidet sitt (Lædre, 2012). Erfaringsoverføringen har potensiale til å redusere kostnaden, som beskrevet under *Kostnadsbesparelser (jf. 2.3.4)*. Denne kontraktsformen er hensiktsmessig når byggherren ikke har et behov for å styre prosjekt eller har muligheten til å komme med endringer underveis. Funksjon og tekniske spesifikasjoner blir brukt fra byggherre sin side til å legge føringer på hvordan sluttproduktet ferdigstilles, men hvordan prosjektet gjennomføres er opp til totalentreprenør som får tildelt nødvendig spillerom ved bruk av denne kontraktstrategien (Nakken et al., 2015).

En mer utradisjonell utgave av totalentreprisen er samspillsentreprisen. Denne kontraktsformen skiller seg fra den tradisjonelle totalentreprisen ved at leverandørene/utførende part blir involvert tidligere i prosessen. En samspillsgruppe blir gjerne etablert med representanter fra byggherre sin side, samt representanter fra prosjekterende, sluttbruker og utførende part. Gruppen har som mål å finne fram til praktiske løsninger med stor gjennomføringsevne (Avdeling for offentlig anskaffelse, 2020). Det mest fremtredende kjennetegnet ved samspillsentreprisen er den tidlige involveringen fra leverandør sin side, en involvering hvis formål er å bygge tillit via en åpen dialog, i tråd med Bygg21 sitt råd “tidlig-tidlig-tidlig” fra rapporten “Industrialisering av byggeprosjekter” (Frydelund et al., 2019). Ved å etablere felles målsetting og økonomiske interesser kan gruppen sammen sikte seg inn på løsninger med høy gjennomføringsgrad som utnytter leverandøren sin kompetanse (Nakken et al., 2015). Byggherre sin oppgave er å styre og samkjøre gruppen slik at alle deltakerne unngår prosjekterte løsninger som ikke lar seg gjøre. Denne samkjøring krever

koordineringskompetanse fra byggherre sin side, samt ressurser fra administrasjonen til å følge opp utviklingen (Avdeling for offentlig anskaffelse, 2020).

2.4.3 Anbefalinger for industriell byggemetode

I «Markedsundersøkelse - Industriell byggemetodikk» av Nakken, O., Lilleland-Olsen, M., Woldseth, M. & Malm, E. blir totalentreprise og samspillsentreprise trukket frem som de kontraktstrategiene som er mest hensiktsmessig for å gi gode resultater i industrialiserte byggeprosesser. Et suksesskriterium er den tidlige involveringen til leverandøren for å sikre god oppdragsforståelse og klargjørelse av ansvaret for godkjenninger til det ferdigstilte produktet. Dette er særlig viktig ved benyttelse av volumetriske moduler i byggeprosjekter, ettersom funksjonskravene blir satt tidlig og har liten til ingen mulighet for endringer underveis. Det påpekes at samspillsentreprise vil være effektivt i industrialiserte byggeprosjekter, spesielt ved benyttelse av moduler fra utlandet. Samspillsentreprisen som belager seg på tidlig involvering og åpen dialog ettersom utenlandske produkter innehar den kvaliteten som er krevd for det norske klimaet (Nakken et al., 2015).

3. Metode

Valg av metode er viktig for å bestemme fremgangsmåten for innhenting av informasjon og data. Dette kapittelet gjennomgår valg av metode, samt begrunnelse av de forskjellige valgene som er gjort med tanke på gjennomføring av oppgaven. Forskjellige forskningsmetoder og valg av gjennomføring vil påvirke resultatene, og nevnte temaer vil bli videre belyst i dette kapittelet.

3.1 Valg av metode

I all hovedsak finnes det to forskjellige typer av metode; Kvalitativ og kvantitativ. Kvalitativ forskning undersøker menneskelige opplevelser og erfaringer, slik et individ selv opplever dem. Metoden krever innsamling og bearbeiding av data, et kriterium som også kjennetegner kvantitativ metode. Forskjellen mellom metodene er hva som blir innsamlet. Kvantitativ forskning benytter målbare enheter som blir satt i system av statistiske modeller. En kvalitativ fremgangsmåte bruker derimot observasjoner av atferd, eller meninger uttrykt skriftlig eller ved tale fra de undersøkte subjektene i forskningen. Begge metoder krever analyse og refleksjon for å kunne bidra som vitenskapelig kunnskap, ettersom at verken statistikk eller handlinger er selvforklarende (De nasjonale forskningsetiske komiteene, 2010).

Det ble valgt å bruke kvalitativ metode som grunnlag for forskningen i denne oppgaven. Valget landet på nevnte alternativ grunnet kravet om relevant informasjon om nåværende status i norsk byggebransje. Innblikk og aktørenes erfaringer var essensielt for å kunne bedømme fordeler og ulemper ved modulbygg, noe som ble oppnådd ved bruk av kvalitativ forskningsmetode (litteraturstudie og intervjuer). Analysen benytter seg av et kvantitativt moment, hvor fremdriften i de undersøkte prosjektene var kvantifiserte og presentert som målbare enheter. Det var derimot nødvendig å benytte seg av kunnskapen som ble tilegnet gjennom litteratur og intervjuer for å estimere tallverdiene. Estimatenes er basert på erfaring, og ikke statistiske modeller.

3.2 Innsamling av data

I innsamlingen av data for oppgaven er det benyttet tre forskjellige metoder: litteraturstudie, intervjuer og casestudie. Casestudiet er av to prosjekter gjennomført i Norge av norske aktører, hvor det ene har benyttet seg av plassbygde løsninger, mens det andre prosjektet ble gjennomført ved bruk av moduler.

3.2.1 Litteraturstudie

Det teoretiske grunnlaget for oppgaven ble dannet ved hjelp av en litteraturstudie. Eksisterende forskning på temaet ble gjennomgått, og forskningen som ble ansett som relevant ble benyttet i teoridelen. For å oppnå relevans mellom anvendt teori og norsk byggebransje har fokuset til forskerne vært å bruke artikler og dokumenter fra norske institusjoner, og så langt det lar seg gjøre benytte teori av nyere tid.

Google Scholar var den mest brukte søkemotoren som ble benyttet i innhenting av faglige artikler og rapporter. Via Universitet i Stavanger sitt internett fikk forskerne tilgang til oppgaver og bøker som ikke ville vært tilgjengelig utenom. Etersom Covid-19-tiltakene trådte i kraft fra og med torsdag 12. mars 2020 hadde oppgaveskriverne ikke lenger tilgang til alt av faglitteratur i like stor grad. Dette grunnet nedstenging av campus, og dermed ingen tilgang til fasilitetene på skolen. Mesteparten av litteraturstudiet var derimot gjennomført, og resterende arbeid med teoridelen av oppgaven ble påvirket i særdeles liten grad.

Norske artikler og rapporter var mest ettertraktet fra forskerne sin side, og institusjoner som SINTEF (og deres byggforskserie) og Bygg21 tilbydde omfattende innsyn i deres arbeid. SINTEF er ifølge deres egne nettsider et av Europas største uavhengige forskningsinstitusjoner, og er en kjent aktør fra forskernes side da SINTEF er blitt benyttet i deres arbeid på bachelor-nivå. "Bygg21 er et samarbeid mellom bygg- og eiendomsnæringen og statlige myndigheter" (Bygg21, 2020), og har sitt mandat fra Kommunal- og Moderniseringsdepartementet. Begge overnevnte aktører har vært sentral i innhentingene av informasjon til litteraturstudiet.

En del av faglitteraturen er hentet fra utlandet ettersom det har vært mangelfull eller ikke tilstedeværende forskning på enkelte felt som var av interesse for forskerne. Blant annet dokumenterte effekter og problemer knyttet opp mot modulproduksjon og benyttelse av

moduler eksisterer i liten grad i Norge. Det har da vært nødvendig å søke til utenlandske kilder for å få innsyn i nevnte problemstillinger. Google Scholar har også vært den mest brukte søkemotoren for artikler publisert på engelsk, hvor det mest benyttede søkeordet har vært “Modular Integrated Construction”.

3.2.2 Intervjuer

Intervjuer ble gjennomført for å oppnå en dypere og bedre forståelse om norsk byggenæring. Det ble valgt en kvalitativ tilnærming av nettopp denne grunn, ettersom forskernes kunnskap om modulbruk i norsk byggenæring naturlig nok er mindre enn allerede eksisterende aktører med lang erfaring. Et alternativ hva gjelder intervjuer er den kvantitative metoden hvor en survey-undersøkelse blir gjennomført. Her stiller forskerne et stort antall deltakere forhåndsbestemte spørsmål med forhåndsbestemte svaralternativer. Denne metoden er derimot et dårlig verktøy hvis forskernes innsikt er begrenset, og dermed lite egnet for å tilegne kunnskap om temaet (De nasjonale forskningsetiske komiteene, 2010).

Intervjuene ble utført på en semistrukturert måte. Valget av struktur bestemmer hvordan intervjuet blir gjennomført og hvilke begrensninger som blir lagt. Semistrukturen valgt av forskerne førte til at temaer og generelle spørsmål ble utarbeidet før intervjuene, men under intervjuene stod objektet fritt til å snakke for seg. Denne metoden egner seg godt for en eksplorerende tilnærming, hvor det er muligheter for nye temaer til å dukke opp underveis i intervjuet. Få begrensninger og stor fleksibilitet ble vurdert som fordelaktig for å tilegne seg mest mulig informasjon fra de forskjellige aktørene som ble intervjuet.

De fleste intervjuene ble gjennomført over Skype ettersom ansikt-til-ansikt metoden ble vanskelig å utføre med tanke på smittevern-reglene gitt av Folkehelseinstituttet. Forskjellig geografisk lokasjon mellom forskerne og intervjuobjekter var også en grunn til at intervjuene ble gjennomført over nett. Selv om ansikt-til-ansikt er den foretrukne samtaleformen ble det fortsatt oppnådd en naturlig flyt i samtalen over Skype. Ettersom intervjuene ble gjennomført med en semistruktur og eksplorerende tilnærming var det nødvendig med oppfølging av intervjuer. Nye temaer ble belyst under intervjuene, som deretter ble videre undersøkt av oppgavens forfattere. Mesteparten av oppfølgingsspørsmålene ble gjennomført gjennom e-post korrespondanse, og enkelte intervjuer ble også utelukkende gjennomført over e-post.

3.2.3 Casestudie

For å sammenligne tradisjonelle byggemetoder og modulbasert byggemetode ble to casestudier gjennomført. Casestudiene hadde som hensikt å knytte det teoretiske grunnlaget og kunnskapen opparbeidet fra intervjuene opp mot faktiske problemstillinger i norsk byggebransje.

Gjennom den eksplorative tilnærmingen til problemstillingen i oppgaven kom forfatterne i kontakt med en seniorrådgiver i et selskap ved navn Malthus Uniteam. Videre ble det gjennomført intervjuer av prosjektleder, tilsendning av interne dokumenter og forklarende videoer om modulbruk. Etter første møte ble den tilsendte informasjonen analysert og systematisert. Resterende korrespondanse, oppklaring og veiledning ble gjennomført over e-post. Hensikten med dette casestudiet var å oppnå størst mulig kompetanse om modulbruk i praktiske og faktiske prosjekter for å belyse fordelene og ulempene ved denne metoden.

Gjennom forfatterens kontakter i byggebransjen ble det gjennomført intervjuer av byggherre fra et selskap som utfører prosjekter med plassbygde løsninger i Bergen. Forfatterne ble så tilsendt fremdriftsplaner, prospekter, budsjett og andre dokumenter som beskrev prosjektet fra start til slutt. Videre samtaler og analyse av prosjektet ble gjennomført og presentert i analysen. Estimer er utarbeidet på bakgrunn av informasjon som kom fram i intervjuer, egne erfaringer fra byggeplass og veiledning fra prosjektledere og byggherrer. Prosjektene ble så sammenlignet, hvor forskjellen ved å benytte moduler i det plassbygde prosjektet var av størst interesse. Implementering av moduler i det tenkte nye prosjektet ble teoretisk gjennomført, basert på kunnskap opparbeidet fra det faktiske modulprosjektet.

4. Analyse

Analysekapittelet gir innblikk i hvordan modulproduksjon og videre byggeprosess foregår, og gjennomgår så hva som skal til for å lykkes med en valgt byggemetode. Dette, i tillegg til teorikapittelet og intervjuer danner grunnlaget for hoveddelene av analysen; casestudie av to prosjekter med ulike byggemetoder.

Hensikten med analysekapittelet er å belyse likhetene og forskjellene i et prosjekt bygget med moduler, og et prosjekt bygget på tradisjonelt vis. Resultatene vil danne grunnlaget for å vurdere metodene opp mot hverandre, og diskutere om modulbygg kan være en konkurransedyktig byggemetode.

4.1 Modulproduksjon

Prefabrikasjon i byggebransjen kan omhandle prefabrikkerte hullelementer, takstoler, vegger og rammesystemer, men i denne oppgaven er det volumetriske enheter som blir undersøkt. Det finnes restriksjoner på størrelsen til nevnte enheter ettersom modulene er avhengige av transport fra fabrikk til konstruksjonsplass. Det er hensiktsmessig å produsere størst mulig moduler slik at en utnytter transporten i høyest mulig grad, og de fleste moduler som blir levert til det norske markedet er 40-50 kvadratmeter. Moduler produseres både i Norge og utlandet. Det ble solgt prefabrikkerte bygninger av tre for 3 milliarder i Norge i 2018, en økning på en halv milliard fra 2016 (SSB, 2020). Det ble derimot importert prefabrikkerte bygninger for 9,5 milliarder i 2018, som viser at utenlandske aktører er de største leverandørene. Fra utlandet viser tall fra Prognosesenteret at Sverige står for 32% av importen i 2012, mens Estland (22%), Litauen (11%), Latvia (7%) og Finland (6%) er trukket fram som land som også eksporterer en betydelig mengde til Norge (Prognosesenteret, 2014).

Modulene produseres innendørs på en fabrikk hvor konstruksjonen av produktene er optimalisert. Materialer blir fraktet til produksjonslokalene hvor de blir sammensatt til moduler av forskjellig grad av komplett, alt ettersom hva kunden har bestilt. Et boligprosjekt av størrelse er komplekst og krever koordinering fra mange hold. Ved å produsere på fabrikk bryter man opp et større, komplekst problem til mindre, overkommelige utfordringer. Ved å konkretisere oppgavene kan de optimaliseres, slik at tid, kostnad og avfall minimeres mens

kvaliteten stiger. Samtidig er det enklere å overvåke mindre oppgaver, noe som fører til at en eventuell erfaringsoverføring får større betydning (Johnsson & Meiling, 2010). Problemer kan gjenkjennes enklere og dermed utbedres omgående grunnet den økte overvåkingen og de kontrollerte omgivelsene innendørs. utfordringer knyttet til vær og restriksjoner av areal på arbeidsplass fjernes eller minimeres ved innendørs produksjon (Knaack, Chung-Klatte & Hasselbach, 2012, s. 91).

Majoriteten av byggeprosjekter i Norge blir gjennomført som plassbygde prosjekter. Slike enestående prosjekter er kjennetegnet av høy variasjon fra prosjekt til prosjekt grunnet skreddersømmen og den arkitektoniske tilnærmingen som kreves av kunden og kommunen. Det er derimot mulig å oppnå samme kvalitet ved hjelp av moduler, så sant arkitekten er tidlig involvert i designfasen (Frydelund et al., 2019). Dette samsvarer med konseptet “tidlig-tidlig-tidlig” som Bygg21 presenterte i samme rapport. Ved å ta i bruk kjente løsninger og involvere partene tidlig i prosjektene kan byggebransjen oppleve en økt effektivisering, og samtidig opprettholde kvaliteten som behøves. Rådene er publisert i håp om å øke flyten i byggeprosjekter ved å benytte seg av kjente og standardiserte metoder. Detaljprosjektering må være nøyaktig og av kvalitet ettersom det er vanskeligere å gjennomføre endringer i prosjekter som benytter seg av moduler kontra plassbygde prosjekter. Ved å benytte seg av moduler kan produksjonen av enhetene som utgjør boliger og næringsbygg standardiseres og oppnå et større repetitivt fokus (Heizer & Render, 2014)

4.2 Byggeprosessen

Tradisjonell byggemetodikk, også kalt plassbygd metode innebærer at store deler av verdiskapningen foregår på en byggeplass hvor blant annet håndverkere og andre aktører gradvis fører opp bygget. Industrielle byggemetoder på den annen side, innebærer bruk av prefabrikkerte komponenter. Det finnes to hovedgreiner av industrielle byggemetoder, som er volumetriske moduler og prefabrikkerte elementer. Sistnevnte kalles ofte for “flatpakket”, da deler av bygget settes sammen av vegg-, tak-, og gulvelementer som er nettopp det, flatpakket. I dag er det flere byggeprosjekter som benytter seg av en kombinasjon mellom tradisjonelle og industrielle byggemetoder (Nakken et al., 2015, s. 10).

Modulære byggemetoder egner seg for både boligbygging i form av hus og leiligheter, og næringsbygg i form av sykehus, barnehager, kontorlokaler og lignende. I begge tilfeller består byggeteknikken av å stable eller sammenføye volumetriske enheter som til slutt utgjør en bygning hvor det kreves minimalt med etterarbeid. Modulen, som er den mest komplette form for prefabrikasjon, løftes på plass ved hjelp av kran, noe som påfører modulene store bøye- og skjærkrefter. Som et resultat av dette konstrueres de med forsterket gulv, tak og vegger for å oppnå robuste egenskaper (Knaack et al., 2012, s. 48).



Bilde 3: Moduler heises på plass ved hjelp av kran (Kodumaja, 2016)

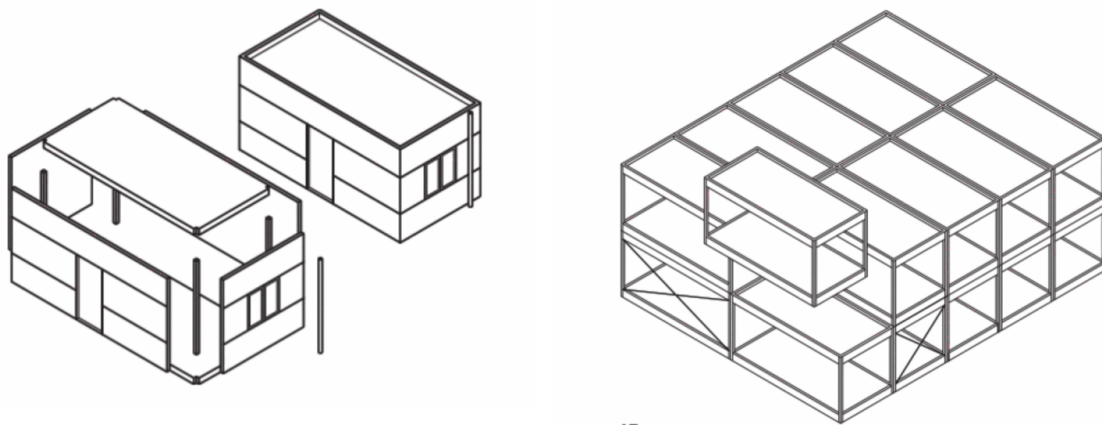
Bygging av modulære hus i industrialisert størrelse fikk et stort oppsving da USA startet med såkalte trailerparker rundt 1930. Dette er modulbygg i sin enkleste form, og fenomenet blomstret opp på grunn av et behov for billig boplass i stor skala. Det er likevel viktig å skille mellom husvogner og modulære bygg, i hovedsak grunnet forskjellige konstruksjonsmetoder. Husvogner blir prefabrikkert i fabrikk på et permanent chassis, og blir dernest transportert til lokasjon, noe som til en viss grad kan sammenlignes med en bobil - modulbygg på hjul (Knack et al., 2012, s. 49). Modulhus blir også prefabrikkert på fabrikk, men det stilles strengere krav til de tekniske løsningene, og de ferdige modulene monteres ofte permanent på et fundament. Siden introduksjonen av trailerparker har modulær husbygging utviklet seg til en byggemetode som på mange måter kan sammenlignes med konvensjonell husbygging da byggene ikke lar seg skille med det blotte øyet (Triad, 2018).

Videre finnes det to hovedkategorier av modulære bygninger; container og modulsystemer. Bygningssystemer med container er basert på ISO-standard som stadfester størrelse og form på lik linje med containere brukt i transport. Den største fordelen med containerbygg er det faktum at de er mobile enheter som kan flyttes, transporteres og gjenbrukes (Knaack et al., 2012, s. 64). Flexibiliteten gjør at modulene fungerer som byggeklosser hvor man enkelt kan ta bort eller legge til nye deler av et bygg (Malthus, 2018).



Bilde 4: Flyttbare moduler i form av en anleggsrigg (Kodumaja, 2016)

Modulære bygningssystemer baserer seg på samme prinsipper som containerbygg, men det stilles høyere krav til design og kvalitet. Denne byggemetoden retter seg mer mot sofistisert bruk over lengre perioder og det er større rom for individuell tilpassing av modulene. Etter ferdigstilling på fabrikk blir modulene fraktet til byggeplassen og koblet sammen til det som utgjør hoveddelen av et bygg. Videre blir de åpne leddene mellom modulene, fasaden og taket forseglet, mens noen eksterne deler som trapper eller heiser må monteres på stedet.



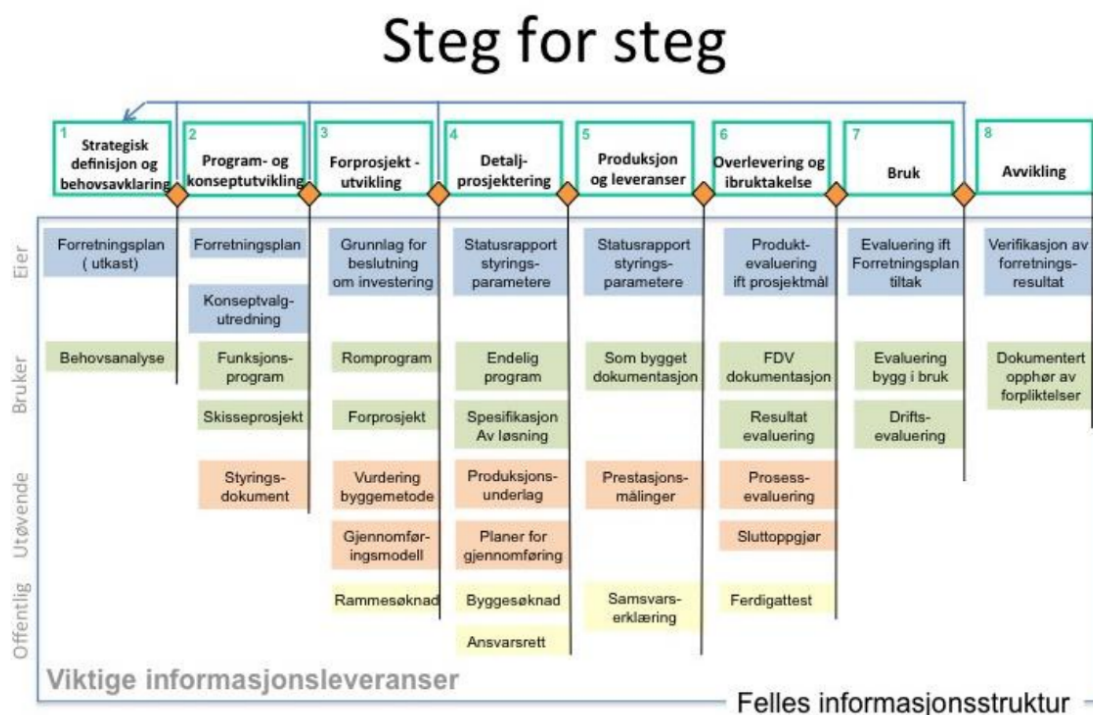
Figur 2: Venstre: Design av en containermodul - en volumetrisk enhet. Høyre: Sammensetning av moduler til et ferdigstilt bygg. Etter sammensetning blir avstivere montert for å forsterke konstruksjonen (Knaack et al., 2012)

Det finnes eksempler på suksessfulle prosjekter hvor modulbygg har vært involvert i både husbygging og næringsbygg. For å ta sykehus som et eksempel kan det vises til den kinesiske haste-byggingen av et sykehus for å behandle corona-pasienter i starten av 2020. Bygget ble erigert på bare 10 dager, og tok nytte av hastigheten og relativt enkle konstruksjonen prefabrikkerte byggemetoder gir (Hattrem, 2020). Det mislykkede sykehusbygget som nevnes i kapittel 1.2 viser på den annen side risikoen som følger med byggemetoden. I det tilfellet var det feil i levering og manglende kvalitet som førte til store ekstrakostnader.

4.2.1 Hvordan lykkes med modulbygg

Det finnes utallige måter å bygge et bygg på, og modulbygging sidestilles med andre byggemetoder på flere områder av byggeprosessen. For å kunne tilby et konkurransedyktig produkt er det likevel viktig å kunne tilfredsstille byggekrav gjennom alle stegene av en

byggeprosess. Bygg21 har utarbeidet en rapport kalt “Neste Steg”, som har til hensikt å øke effektivisering og forståelse av byggeprosessen, og viktige temaer som vektlegges for å lykkes er blant annet god informasjonsflyt mellom aktørene, økt produktivitet og verdiskapning og økt forståelse for helheten i et prosjekt (Tiltnes, 2015). Ut ifra figur 3 kan man lese at den tidlige fasen av prosessen er viktig for å få et vellykket resultat med modulbygg. I denne fasen tar byggherren valg om gjennomføringsstrategi, og for å lykkes med prefabrikkerte løsninger bør denne vurderingen gjøres så tidlig som mulig (Nordli, 2019).



Figur 3: Hvordan lykkes i en byggeprosess - Felles rammeverk for norske byggeprosesser (Tiltnes, 2015)

Selv om industrialiserte byggemetoder i stor grad følger oppsettet til “Neste Steg” med hensyn til eier, bruker, utøvende og offentlig, finnes det enkelte avvik som gjør at industrialiserte byggemetoder skiller seg ut i positiv forstand. Mest essensielt er nevnte mulighet for parallellproduksjon, som gjør at fase 3 til 5 i stor grad kan fremskyndes for entreprenøren. I gjennomføringsfasen kan det altså bygges fundamentet samtidig som modulene ferdigstilles på fabrikk.

4.3 Markedsanalyse

Bygge- og anleggsnæringen, som er en av de største industrisektorene i verden, forventes ifølge en rapport utført av britiske myndigheter å vokse med 4,3% årlig frem til 2025. Med denne veksten forventes bygge- og anleggsnæringen å nå 15 000 milliarder dollar innen 2025, noe som tilsvarer 13,5% av globalt bruttonasjonalprodukt (HM Government, 2013). Økningen forventes å ligge innen områder som egner seg godt for modulbygg, blant annet sykehus, skoler, kontorbygg, boliger og industri.

Norge forventer i likhet med Asia, USA og Europa for øvrig en økning i bruk av moduler og elementer i bygg- og anleggsbransjen. Som et resultat av at det stilles strengere krav til produktivitet kombinert med et økende behov for boligutvikling i store deler av verden, vokser modulære byggemetoder frem som en effektiv løsning. Det beste eksempelet på ekstremt hurtig bygging som følge av standardisering og systematisering ser man i kinesiske byggeprosjekter som konstrueres på få dager. Det norske markedet er i vekst, og det forventes at import av utenlandske moduler vil håndtere store deler av forventet vekst. Det indikeres likevel fra norske produsenter at de ønsker å bidra til å fortsette å styrke nasjonal produksjon (Nakken et al., 2015, s. 14-17)

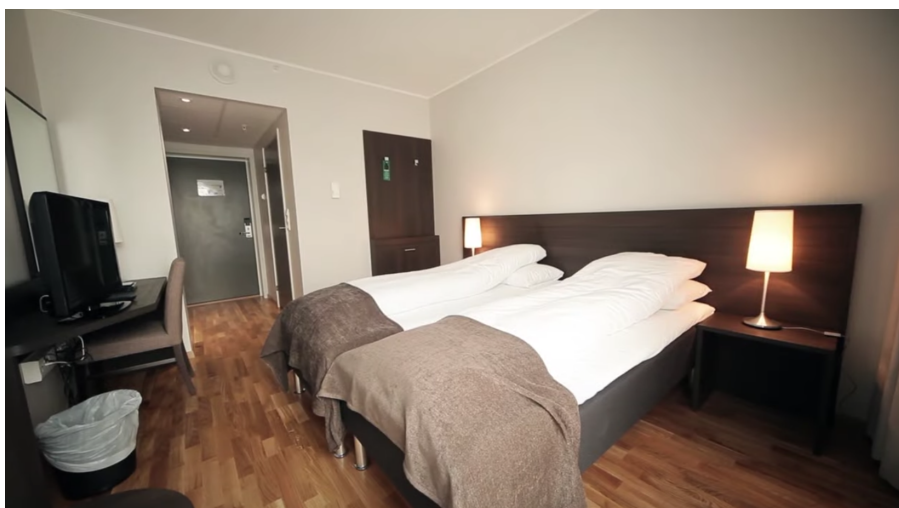
4.4 Prosjektanalyse

Som tidligere nevnt, er det flere byggeprinsipper som utføres likt for både modulbygg og konvensjonelle bygg. Begge tilfeller starter med at en entreprenør vinner en anbudskonkurranse og prosjekterer et bygg på bakgrunn av bæreprinsipper og utforming. Videre må gravere utarbeide grunnarbeid slik at fundament kan bygges, og ulike fagarbeidere klargjør sine ansvarsområder før byggeprosessen kan starte. Hovedforskjellen er videre hvordan bygget reises på byggeplassen.

For å kunne innsisere de viktigste forskjellene på modulbygg og konvensjonelle bygg med bakgrunn i lean-prinsipper, skal oppgaven undersøke et plassbygd prosjekt og et modulprosjekt. Som forklart i kapittel 2.3.1, handler lean i stor grad om å få til rask og effektiv levering til kunden, og tid er et element kategorisert som sløsing. Hensikten er å få innsikt i et plassbygd prosjekt for å analysere besparelser som kunne vært gjort ved bruk av moduler, og på den annen side undersøke et modulprosjekt for å få se om disse besparelsene lar seg gjennomføre. Modulprosjektet er levert av Malthus Uniteam, og vil gjennom analysen bli referert til som Bryne-prosjektet. Det plassbygde prosjektet er det Optibo som står bak, og vil heretter bli kalt Møllen-prosjektet. Prosjektene er naturlig nok av ulik størrelse og omfang, men vil gi en indikasjon på om modulbygg er konkurransedyktig på bakgrunn av gitte utvelgelseskriterier i et norsk marked. Analysen vil i hovedsak innsisere de to kritiske faktorene, tid og prosessforbedringer, på bakgrunn av teoretisk gjennomgang, intervjuer med bransjen og datagrunnlag fra aktørene, Malthus Uniteam og Optibo.

4.5 Modulprosjekt: Bryne Kro & Hotell

Modulprosjektet som skal undersøkes er blitt tildelt i samarbeid med Malthus Uniteam. Det tar for seg et tilbygg av Bryne Kro & Hotell som ble utført ved hjelp av 58 moduler fordelt over to etasjer. Byggingen foregikk i 2012, bestod av en boligmasse på 1220 kvadratmeter og utgjorde 47 nye hotellrom. Dette inkluderte to suiter og syv rom spesielt tilrettelagt for personer med nedsatt funksjonsevne. Hensikten med utbyggingen var å øke hotellets kapasitet fra 31 til 64 rom ved hjelp av et nytt påbygg på to etasjer (Sveen, 2012). Modulbygg ble valgt som byggemetode for å utnytte den korte byggetiden med tanke på minimale avbrudd i hoteldrift under konstruksjonen. Byggetiden var på 8 uker utenom grunnarbeid og fundamentering.



Bilde 5: Ferdig innredet modul til Bryne Kro & Hotell (Malthus, 2012)

4.5.1 Arbeidsprosess

På et industrielt plan egner hotellbygging seg godt for modulbygg, da man i stor grad kan oppnå gjentakelse i produksjonen. Som en følge av dette blir det høy repetisjonsfaktor og dermed også økt effektivitet, noe som gjorde prosjektet lønnsomt. Produksjonen av modulene til Bryne-prosjektet var det Estlandske Kodumaja som stod for. Modulenes størrelse var 20 kvadratmeter, og ble levert som ferdige hotellrom med dusj, vask, speil og fliser på veggene inkludert. Modulene ble transportert til Sandnes havn med båt, og videre til byggeplassen ved hjelp av seks trailere. Lasten var spesialtilpasset jærsker veier, med størrelser som akkurat unngikk kravet om politieskorte. Transport av moduler er i stor grad frakting av skall med luft, men grunnet modulenes store volum er det hensiktsmessig å unngå transport via tunneler. Hvis

hindringer med tanke på veitransport skulle oppstå, kan transport med helikopter være et alternativ hvis modulene er lette nok. Dette er derimot ikke videre undersøkt i oppgaven.

Figur 4 viser målene for første etasje av tilbygget. Ut fra tegningene kan man se at hver modul er 3,45m bred og 6,1m lang, noe som fint lar seg transportere på norske veier. Fra tabell 5 i kapittel 2.2.4 som tar for seg transportbegrensninger kan man se at med en bredde under 3,5m trengs det én følgebil, men ikke politieskorte. Lengden av to moduler er innenfor begrensningene på 14,4m som gjør at hver trailer kunne transportere to moduler.



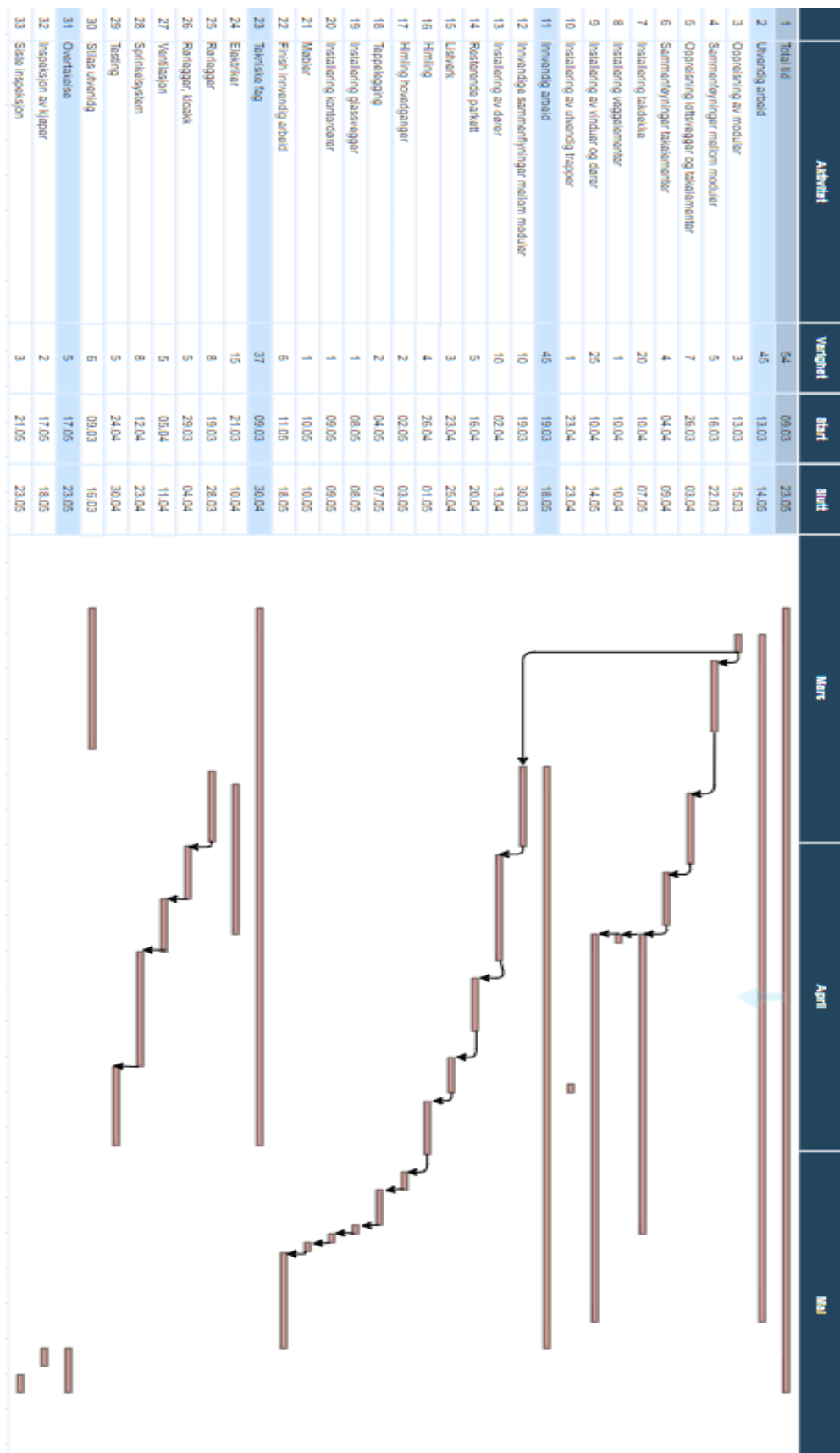
Bilde 6: Venstre: Hotellrom og gang monteres. Høyre: Andre etasje “stables” (Malthus, 2012)



Figur 4: Mange like moduler = økt repetisjonsfaktor = økt effektivitet (Malthus, 2012)

4.5.2 Parallellproduksjon

En faktor som skiller seg ut i stor grad ved modulprosjektet på Bryne er den overlappende fremdriftsplanen. Fremdriftsplanen er representert ved et Gantt-diagram som viser prosjektets struktur i form av Work Breakdown Structure (WBS). Det er et nyttig planleggingsverktøy som gir innsikt i hvilke aktiviteter som må fullføres for å videre fullføre prosjektet. Ved konvensjonell bygging, som i Møllen-prosjektet, ser man at de ulike byggetrinnene over tid er avhengig av hverandre. Det vil si at for å starte på en byggeaktivitet et gitt sted i byggeprosessen, er man avhengig av at foregående aktiviteter er ferdigstilt. Dette er en progressiv byggemetode, hvor bygget gradvis tar form ved hjelp av trinnvis bygging. På den annen side, er modulbygget på Bryne et prosjekt hvor flere byggetrinn kan starte samtidig, noe som ofte vil resultere i raskere byggetid. Figur 5 illustrerer hvordan hovedaktivitetene i prosjektet overlapper hverandre. Kort tid etter at utvendig arbeid er startet kan de neste hovedaktivitetene, innvendig arbeid og tekniske fag, igangsette sine første holdepunkter. Dette er henholdsvis innvendig sammenføring av moduler og rørleggerarbeid. Parallellproduksjon som ikke fremkommer av fremdriftsplanen, er arbeidet som foregår på fabrikk samtidig som byggeplassen klargjøres. Dette vil redegjøres for ytterligere under kapittel 4.5.5.



Figur 5: En fordel med parallellproduksjon er at flere byggeprosesser kan starte samtidig. Hovedaktivitetene innvendig arbeid, utvendig arbeid og tekniske fag starter med korte mellomrom

4.5.3 Kort byggetid

Grunnarbeidet for prosjektet startet i midten av november 2011, så det blir feil å si at byggetiden bare var på 8 uker. Å oppgi byggetid eksklusive grunnarbeid og fundamenter skaper til dels et feilaktig glansbilde av byggeprosjekter som består av prefabrikkerte elementer. Prosjektet må ses i lys av alle aktivitetene som gjennomføres på byggeplassen, som i dette tilfelle var fra grunnarbeid startet i midten av november 2011 til bygget ble overlevert i slutten av mai 2012. Dette gir en total byggetid på rundt 7 måneder, noe som kan anses som hurtig bygging. Estimer fra entreprenørene anslår at prosjektet ville tatt opp alt fra 8 til 12 måneder ved bruk av konvensjonelle byggemetoder. Med en optimistisk tilnærming vil det si at entreprenørene oppnådde tidsbesparelser på 41% ved bruk av moduler i dette prosjektet.

4.5.4 Miljøbesparelser

Modulene som ble brukt i dette prosjektet er laget av tre, som har gode miljøegenskaper. Videre kan man se på energibruk i byggefasen. Tradisjonelt sett kreves det store mengder energi for å holde et bygg varmt og tørt slik at man kan jobbe i det. Denne prosessen kan nærmest utelukkes ettersom det settes opp et ferdig bygg på byggeplassen. Dette reduserer videre støy og forstyrrelser for naboene, og man slipper også i stor grad avfallshåndtering på byggeplassen. I dette tilfellet ble det spart flere containerlass med avfall. Alle disse faktorene var med på å øke sikkerhet og helse for arbeiderne, fordi man kan utelukke risikomomenter som bygging i ufint vær med tidvis mørke, i tillegg til at det kreves mindre arbeid i stillas.

4.5.5 Gjennomgang av fremdriftsplan

For å identifisere hvilke konkurransefortrinn Bryne-prosjektet har oppnådd som en følge av å bygge med moduler, kan en gjennomgang av prosjektets aktiviteter i fremdriftsplanen skape et bilde av hvor besparelsene er mest fremtredende. Aktivitetene er sortert ut ifra hvilke som kan gjennomføres parallelt, en hvor det er komplementerende etterarbeid på byggeplassen og til slutt vil det være en kolonne som viser arbeidsoppgaver som ville vært lik uansett byggemetode.

I tabell 6 viser kolonnen med parallellproduksjon til hvilke byggeaktiviteter som i størst grad fører til lean-fordeler i byggeprosessen. Parallellproduksjon gjør at flere prosesser kan starte samtidig, noe som har positive ringvirkninger for kommende aktiviteter. Kolonnen med grensesnitt tar for seg hvilke aktiviteter som må supplementeres på en byggeplass. Mye av det tekniske forarbeidet utført i produksjonen av modulene må komplementeres på byggeplassen for å sammenkoble for eksempel rør og elektronikk. Kolonnen som viser til aktiviteter som ville vært like for et eventuelt plassbygd prosjekt er for det meste innvendig ferdigstilling. I teorien kan moduler leveres med noe av dette inkludert, men det usikkert om dette vil lønne seg.

Tabell 6: Inndeling av ulike aktiviteter ut ifra grad av industrialisering

Parallellproduksjon/ modulfordeler	Grensesnitt	Likt som konvensjonelle bygg
<p>Innvendig arbeid i form av sammenføring mellom moduler kan starte så snart som utvendig sammenføring mellom moduler er ferdig (5 dager inn i prosjektet)</p> <p>Tekniske fag i form av rørleggerarbeid starter også samtidig som innvendig arbeid</p> <ul style="list-style-type: none"> - Installering av taktekke - Installering av veggelementer - Installering av vinduer og dører <p>(Klargjøring av byggeplass mens modulene produseres)</p>	<p>Tekniske fag:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elektriker - Rørlegger - Rørlegger, kloakk - Ventilasjon - Sprinkelsystem <p>- Utvendig sammenføring</p>	<p>Mesteparten av innvendig arbeid</p> <ul style="list-style-type: none"> - Installering av dører - Resterende parkett - Listverk - Himling - Himling hovedganger - Teppelegging - Installering glassvegger - Installering kontordører - Møbler - Finnish innvendig arbeid <p>Utvendig arbeid:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Oppreising loftsvegger og takelementer - Sammenføring takelementer <p>Tekniske fag:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stillas utvendig

Punktet som i størst grad fører til prosessforbedring i Bryne-prosjektet er det som foregår i forkant av det fremdriftsplanen viser, nemlig parallellproduksjon av moduler og klargjøring av byggeplass. Som tidligere nevnt er det her den største tidsbesparelsen som følge av modulbygg skjer, og det gir mulighet for å utføre to store deler av prosjektet samtidig. I dette tilfellet har tømrere i Estland snekret sammen moduler inne på en fabrikk samtidig som grunnarbeid og

fundament støpes på Bryne. Parallelliteten fortsetter også delvis inn i etterarbeidet på byggeplassen. Innvendig og utvendig arbeid kan starte med fem dagers mellomrom fordi det er snakk om volumetriske enheter. På et plassbygd prosjekt vil det være hensiktsmessig å lukke bygget før man begynner på innvendig arbeid for å slippe problemer med blant annet fukt.

Utvendig sammenføring av moduler er et byggetrinn som krever høy nøyaktighet og må utføres på byggeplassen for å sørge for tette og presise overganger mellom de stablede modulene. Av de tekniske fagene hvor det må utføres kompletterende arbeid etter moduloppsett, er det elektronikk som tar mest tid, med 15 dager. Dette kommer av at svakstrøm-delen ofte er lite forberedt i modulene. Ferdigstillingsgraden av moduler varierer fra prosjekt til prosjekt, men det jobbes mot å utvikle moduler med større grad av ferdighetsgrad for tekniske fag. For svakstrøm er en mulighet trådløse anlegg, som gjelder både IKT og alarmanlegg. Ventilasjon er også et punkt som har forbedringspotensiale, da i form av desentralisert ventilasjon som gjør at man unngår å etablere teknisk rom, sjakter og lange kanalføringer.

Kolonnen som viser til byggetrinn som er like som ved konvensjonell bygging er for det meste innvendige detaljer. Det er sannsynligvis flere elementer som kunne blitt levert integrert i modulene som dører listverk og møbler, men det vil være mer hensiktsmessig å montere etter at modulene er sammenkoblet. Av utvendig arbeid ser man at oppreising av loftsvegger og takelementer samt sammenføring av takelementer må utføres på tradisjonelt vis. Dette er trolig av estetiske årsaker. I tillegg trengs det fortsatt stillas, selv om mengden utvendig arbeid er begrenset som følge av modulbygg.

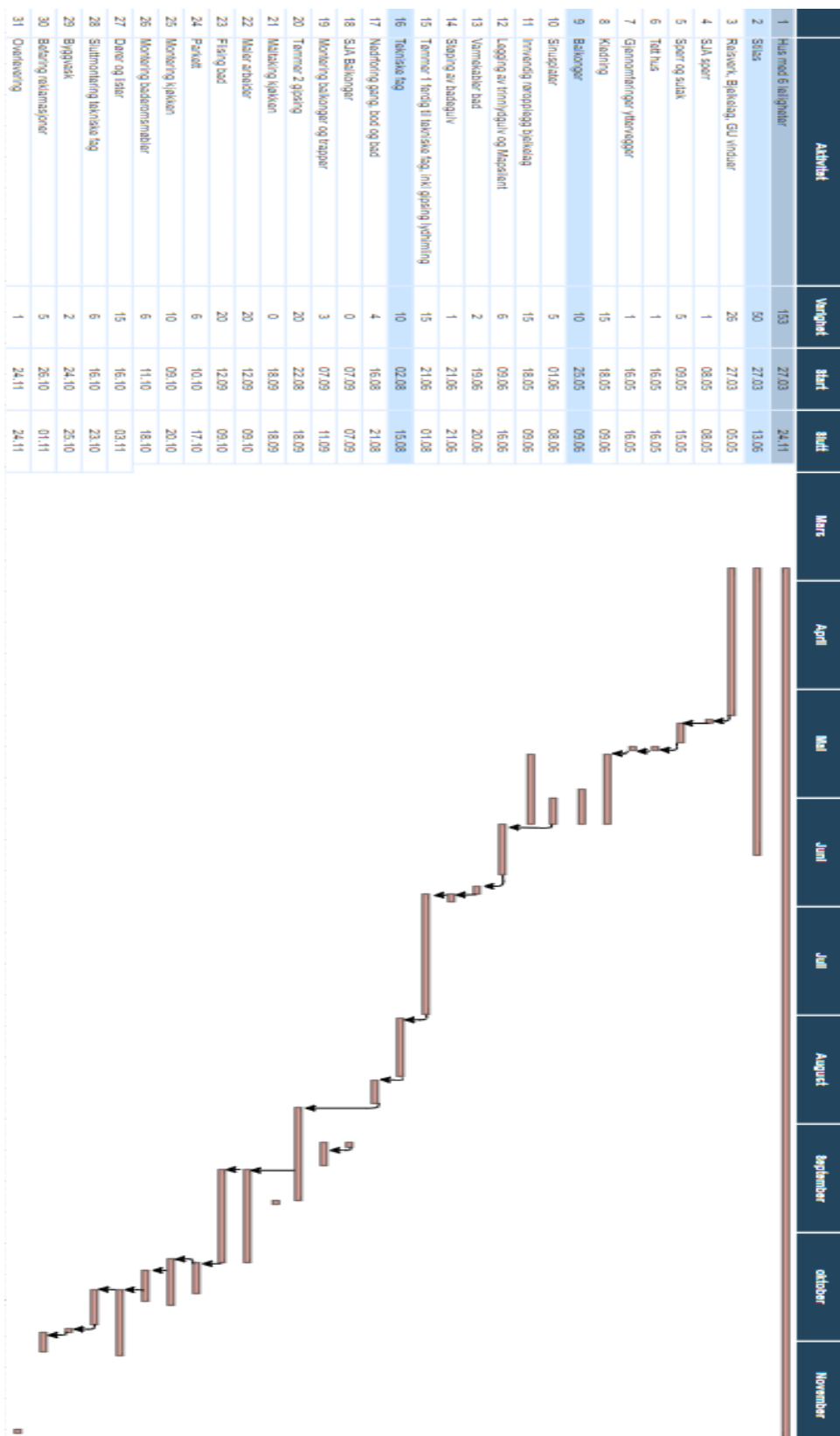
4.6 Plassbygd prosjekt: Møllen

Det undersøkte plassbygde prosjektet tok sted i Bergen i 2017-2019, og ble utført av en lokal byggherre. Prosjektet gikk over to byggetrinn hvor det totalt ble bygd 13 hus som til sammen inneholdt 49 leiligheter. Totalt ble det bygget 2858 kvadratmeter bolig. Analysen tar for seg det første huset som ble bygd i prosjektet, og som inneholdt til sammen seks leiligheter over tre etasjer. Hele prosjektet ble gjennomført på 448 dager, mens huset som ble videre undersøkt i denne oppgaven tok 153 dager fra arbeidet startet til overlevering, ikke inkludert grunnarbeid og fundamentering. Byggherre vurderte tradisjonell plassbygging som det beste alternativet for dette prosjektet grunnet dets plassering i terrenget, samt byggherrens egne erfaring med plassbygde løsninger.

4.6.1 Arbeidsprosess

Leiligheter og boliger egner seg godt for den plassbygde framgangsmåten ettersom det gir rom for skreddersøm hos kundene. Ved å bygge på anleggsplassen gir det arkitekten større spillerom, grunnet at utførende part og byggherre har mulighet til å gjennomføre prosjekter med større særpreg. Det stilles ikke krav til repetitiv bruk av løsninger for de forskjellige enhetene i boligprosjekter, noe som tillater boligkjøperne å påvirke designet til den ferdige boenheten i større grad.

I fremdriftsplanen under dette avsnittet er samtlige gjøremål for oppreisningen og klargjøring til overlevering for et hus (seks leiligheter) presentert. Det som kjennetegner plassbygde bygninger er den progressive fremgangen. Det er for eksempel ikke mulig å isolere ett bygg før det er tett og fuktigheten har senket seg, eller å sette inn vinduer før reisverket er satt opp. En del aktiviteter som for eksempel sinusplater (taket) og kledning kan gjennomføres parallelt, men i all hovedsak er fremdriften preget av at en oppgave må være komplett før neste kan begynne. Det som ikke framkommer fra fremdriftsplanen presentert under er den parallelle produksjonen av de forskjellige husene i prosjektet. Totalt ble 13 forskjellige hus reist opp under prosjektet, og hvis produksjon blir analysert i sin helhet ser man en del parallellproduksjon. Etter at posten "Sperr og sutak" ble gjennomført startet arbeidet med reisverk og bjelkelag på neste hus i prosjektet. For denne analysen er det derimot mest aktuelt å undersøke hvilke arbeid som faller bort/blir endret når moduler blir benyttet istedenfor plassbygde løsninger.



Figur 6: Framdriftsplan for Møllen-prosjektet, hvor progressiv framdrift dominerer. En arbeidsoppgave begynner først når den foregående er utført

4.6.2 Hva endres ved bruk av moduler?

Med utgangspunkt i fremdriftsplanen for prosjektet og innspill fra byggherrer og modulprodusenter er det mulig å bestemme hvilke gjøremål som vil falle bort ved bruk av moduler istedenfor utelukkende plassbygde løsninger. Ved å sammenligne modulprosjektet på Bryne med det plassbygde prosjektet er det mulig å identifisere enkelte poster som vil falle bort i fremdriftsplanen. Dette er oppsummert i tabellen under:

Tabell 7: Framdrift Møllen: Endringer ved bruk av moduler. Samtlige oppgaver fra den originale fremdriftsplanen og hvordan de endres

Forsvinner fullstendig	Forsvinner delvis	Må fortsatt gjennomføres
Reisverk, Bjelkelag, GU vinduer SJA Sperr Sperr og Sutak Kledning Innvendig røropplegg bjelkelag Legging av trinnlydsgulv og Mapesilent Varmekabler bad Støping av badegulv Tømrerarbeid ferdig til tekniske fag Flising bad	Stillas Gjennomføring yttervegger Tømmer 2 gipsing Malerarbeid Parkett	Tett hus Balkonger SJA balkonger Sinusplater Tekniske fag Nedføring gang, bod og bad Montering balkonger og trapper Måltaking kjøkken Montering kjøkken Montering baderomsmøbler Dører og lister Sluttmontering tekniske fag Byggvask Befaring reklamasjoner Overlevering

Under kategorien “Forsvinner fullstendig” finnes postene som vil gå bort ved levering av moduler istedenfor å gjennomføre dem på anleggsplassen. “Forsvinner delvis” representerer gjøremål som må bli gjort på plass for å ferdigstille leilighetene, men som ikke vil være like omfattende ved benyttelse av moduler. “Må fortsatt gjennomføres” henviser til oppgaver som

må gjennomføres på byggeplassen uansett valg av byggemetode. Det er mulig å flytte flere av postene under “Forsvinner delvis” og “Må fortsatt gjennomføres” til “Forsvinner fullstendig” ved å øke graden av ferdigstilling på modulene. Derimot er antagelsene om de forskjellige postene baserte på modulene benyttet i Bryne-prosjektet, og hvordan fremdriftsplanen for det prosjektet er utformet.

“Forsvinner fullstendig” beskriver i all hovedsak poster som inkluderer oppreisningen av bygget. Dette inkluderer alt som omhandler bæreevne, konstruksjon og utforming. Ved å sammenligne modulprosjektet på Bryne og det aktuelle prosjektet ser en og at poster som kledning, gulv og bad vil forsvinne fullstendig. Nevnte poster blir gjennomført på fabrikk, og det blir dermed ikke nødvendig å utføre noe omfattende arbeid på byggeplass. Derimot er det viktig å påpeke at det kreves noe sluttarbeid på arbeidsoppgavene, ettersom det må være plass for de tekniske fagene til å utføre deres arbeid. Prefabrikkerte bad er ifølge aktører i bransjen (fra intervjuer) benyttet i utbredt grad, og fra fremdriftsplanen til Bryne-prosjektet ser en og at det ikke kreves noe ferdigstilling på byggeplass, foruten rørleggerarbeid.

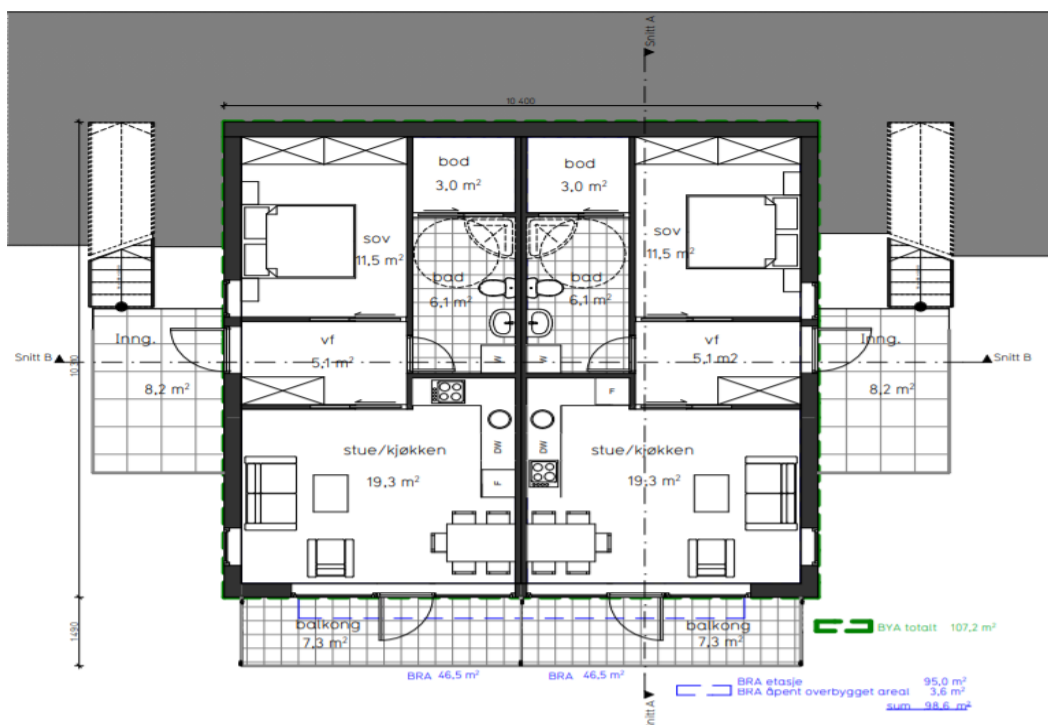
“Forsvinner delvis” beskriver oppgaver som minsker i omfang eller som går under andre poster hva gjelder modulbygg. Stillaset vil fortsatt være nødvendig for å fullføre sammenføyningen og monteringen av modulene. Posten “Gjennomføring av yttervegger” vil for eksempel gå under posten “Sammenføyning av moduler” (i fremdriftsplanen under “oppreisning av moduler”), så det viser hvordan enkelte poster blir omgjort til andre arbeidsoppgaver. Videre blir det tydelig at innvendig gipsing blir minket i omfang, men er fortsatt tilstede. Grunnen til dette er at slutføring kan ikke påbegynne før de tekniske fagene (elektriker, ventilasjon, rørlegger) er ferdige med sitt arbeid. Dette omfatter i tillegg himling, nedføring og legging av resterende parkett. Etter at slutføringen av gipsing, himling og nedføring er komplett blir det mulig for malerne å starte sitt arbeid.

Til sist er oppgaver som må fortsatt gjennomføres. Herunder finner vi poster som “Tett hus” (trykktesting), balkonger, tak og trapper. Fellesnevneren for arbeidsoppgavene som kommer under denne kategorien er at de ikke lar seg prefabrikkere. Det er mulig å konstruere balkonger og trapper i fabrikk, men i denne oppgaven er ikke slike løsninger videre undersøkt. Installering av dører og vinduer, samt listing er gjøremål som blir gjennomført på byggeplass. Hovedgrunnen til at dører og vinduer ikke blir installert på fabrikk er for å beskytte disse produktene under transporten til byggeplass. Listing og installering av kjøkken og

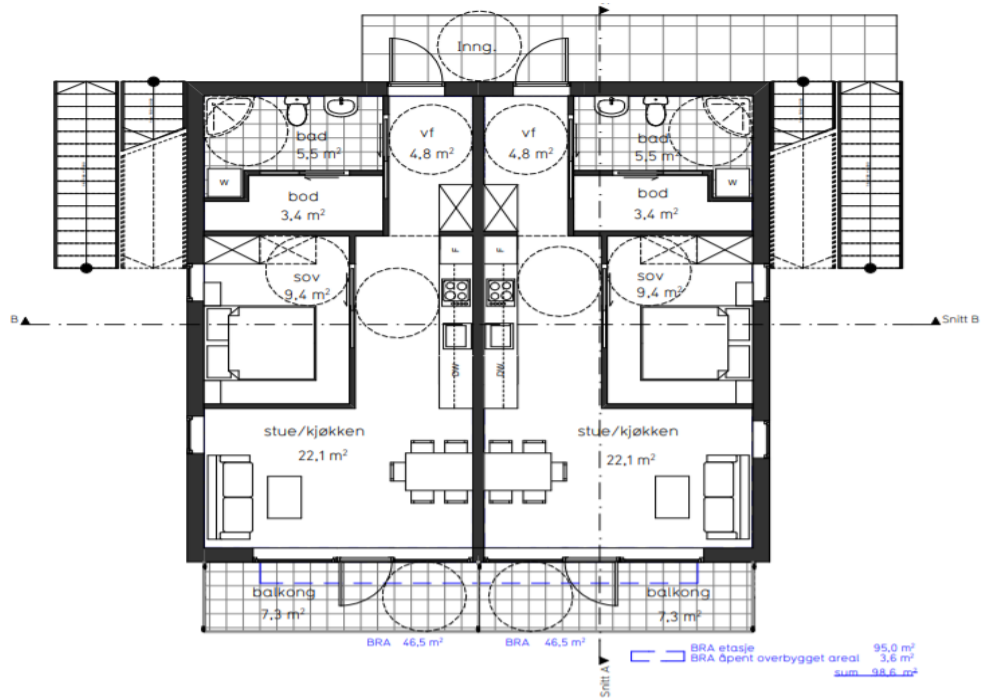
baderomsmøbler har sin naturlige plassering i fremdriften etter at de andre oppgavene er gjennomført. Byggvask, befaring angående reklamasjoner og overlevering blir gjennomført uansett om man velger modul eller plassbygde løsninger for prosjektet.

4.6.3 Transport og logistikk

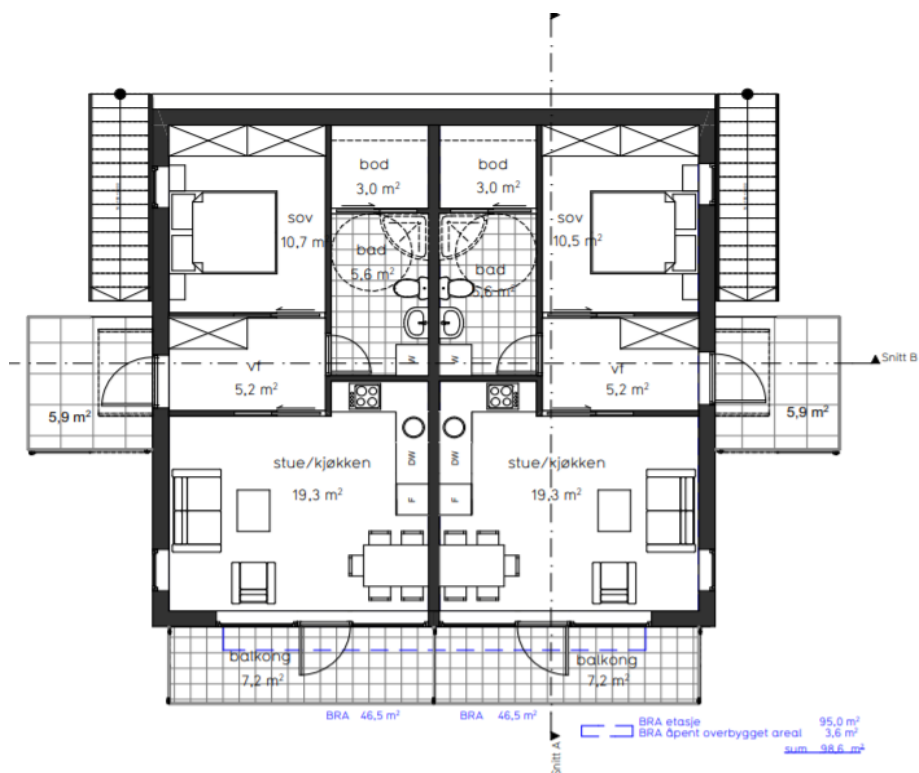
Plantegningene illustrerer hvordan arkitekten har utformet leilighetene. Alle seks enheter har et salgbart areal på 46,5 kvadratmeter, hvor ytterveggene er henholdsvis 10,3 meter lang og 5,2 meter bred.



Figur 7: Original plantegning første etasje for plassbyggt prosjekt. Muligheter for å benytte seg av to moduler alternativt til plassbygde løsninger



Figur 8: Original plantegning av andre etasje for plassbygd prosjekt. Muligheter for å benytte seg av to moduler alternativt til plassbygde løsninger.

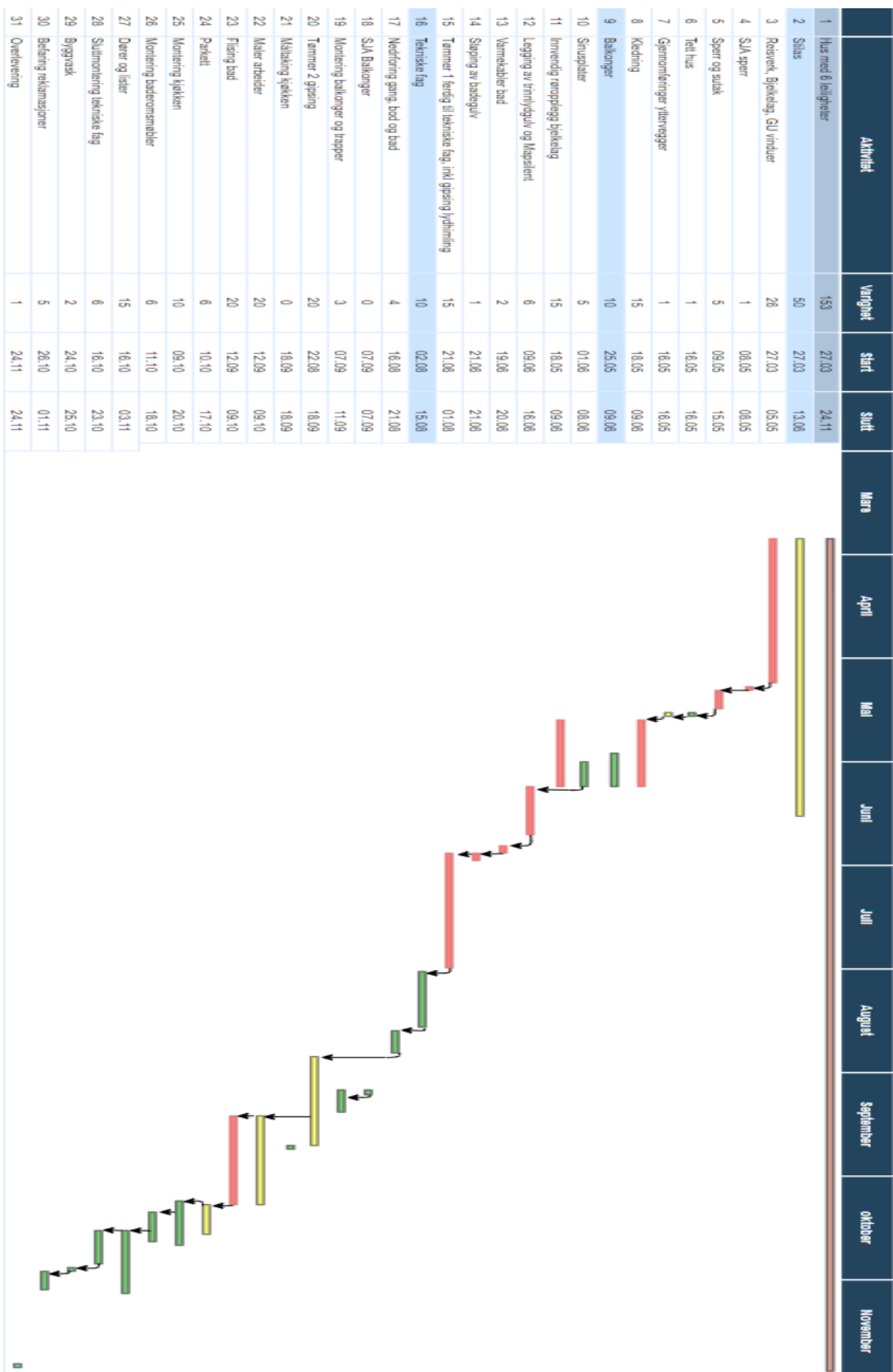


Figur 9: Original plantegning av tredje etasje for plassbygd prosjekt. Muligheter for å benytte seg av to moduler alternativt til plassbygde løsninger.

I avsnitt 2.2.4: *Transport og logistikk* er det presentert en tabell som viser maks-dimensjoner for transport av moduler på norske veier, og med tilhørende tiltak (følgebiler og politieskorte). Prosjektet ble bygd med plassbygde løsninger, men ved å se på hvordan moduler kunne endret prosjektet blir forskjeller mellom metodene belyst. Hvis moduler skulle ha blitt benyttet ville utforming på leiligheten blitt annerledes grunnet restriksjoner på størrelse og transport. Enten måtte byggherre ha valgt maks 4,2 meter i bredde (utvendige mål), og søkt om både dispensasjon fra vegvesenet, politieskorte og sørget for at to følgebiler var tilstede under transport. Et annet alternativ er å senke bredden ytterligere til maks 4 meter, noe som ville fjernet behovet for politieskorte. Grunnet leilighetenes lengde på 10,3 meter ville det kun vært mulig å transportere en modul per lastebil for å ikke overskride maks tillatt lengde på 14,4 meter.

Det blir tydelig at en del problemstillinger oppstår når en vurderer å benytte seg av moduler istedenfor plassbygde løsninger. Fra intervjuer av byggherre i aktuelle prosjekt og aktører i bransjen framkommer viktigheten av god prosjektering for å kunne benytte seg av moduler. God prosjektering er en suksessfaktor også for plassbygde løsninger, men blir særlig viktig når moduler er brukt. Modulene gir mindre fleksibilitet og muligheter for endringer underveis i byggeprosessen ettersom de leveres med stor ferdigstillingsgrad på anleggsplass. Et kriterium for suksess i modulprosjekter er den tidlige kontraheringen av arkitekt. Rett etter det er avklart at moduler er ønskelig burde arkitekten kontraheres slik at utformingen av leilighetene/kontorene/hotellrommene blir optimal med tanke på at moduler skal benyttes i prosjektet.

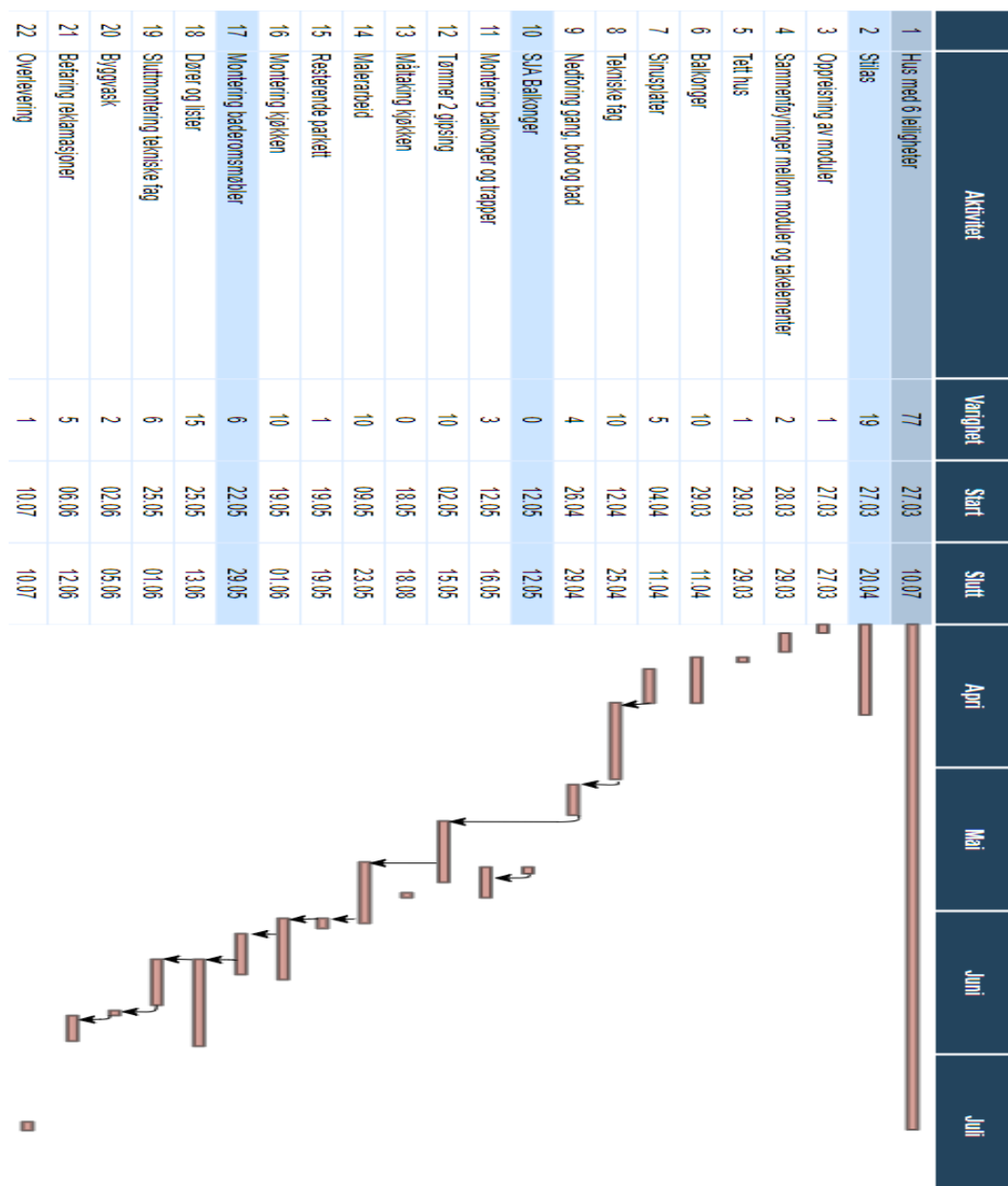
I fremdriftsplanen presentert under dette avsnittet er antagelsene og avgjørelsene beskrevet i avsnittene over synliggjort. Poster som forsvinner fullstendig er markert i rødt, de som forsvinner delvis har fått gul farge og gjøremål som fortsatt må gjennomføres uavhengig av valg av framgangsmåte er markert i grønt. Denne fremdriftsplanen er laget for å illustrere hvilke operasjoner som blir endret hvis Møllen-prosjektet skulle benyttet seg av moduler fremfor utelukkende plassbygde løsninger, og fungerer som en oppsummering av analysen så langt.



Figur 10: Framdriftsplan for Møllen-prosjektet hvor “Forsvinner fullstendig” er markert i rødt, “Forsvinner delvis” i gult og “Må fortsatt gjennomføres” i grønt. Illustrerer endringene ved bruk av moduler framfor plassbygde løsninger

4.6.4 Alternativ fremdrift

Ved å ta utgangspunkt i fremdriftsplanen ovenfor er det mulig å presentere et alternativ til hvordan framdriften ville sett ut ved å bruke moduler. Samtlige poster markert i rødt er fjernet, og arbeidsoppgaver som forsvinner delvis (markert i gult) er justert i tidsbruk eller de faller inn under andre poster. Under dette avsnittet er en fullstendig framdriftsplan presentert for Møllen-prosjektet, men med moduler som metode.



Figur 11: Framdriftsplan for Møllen-prosjektet ved bruk av moduler, hvor tidsbruken er redusert fra 153 til 77 dager

Fra fremdriftsplanen ovenfor blir det tydelig hvordan de forskjellige postene endres i omfang og tidsbruk. Det er gjort antakelser basert på intervjuer av aktører i både Møllen- og Bryne-prosjektet, samt aktører i bransjen generelt. Fra planene presentert tidligere i delkapittelet som er basert på faktiske estimater fra byggherrene blir det mulig å estimere hvordan moduler vil påvirke tidsbruken. I Bryne-prosjektet ble 58 moduler oppreist på tre dager, og det tok fem dager å sammenføre enhetene, samt fire dager å sammenføre takelementene. Det er da rimelig å anta at seks moduler kan bli oppreist i løpet av én dag, og at sammenføyningene mellom takelementer og modulene i seg selv kan bli gjennomført på to dager. Videre er stillasbruken satt opp til å dekke installasjon av tak og balkonger, samt et noen dager ekstra som slingringsmonn. En ser og at tak og balkonger blir produsert samtidig, en parallellproduksjon som var tilstede i den originale fremdriftsplanen.

Tidsbruken satt av for tekniske fag er uendret i den nye planen. I Bryne-prosjektet ble alt av arbeid fra elektriker, rørlegger og ventilasjon gjennomført etter at modulene var oppreist og sammenføyd. Det var særdeles det elektriskfaglige arbeidet som var satt av mest tid til. Ferdigstillingsgraden kunne ha vært høyere, og dermed inkludert en del av det tekniske arbeidet i produksjonen på fabrikk. Denne metoden ble derimot ikke benyttet i Bryne-prosjektet, og det ble dermed besluttet å følge de faktiske planene som mal for analysen av modulbruk i Møllen-prosjektet. Grunnet det tekniske arbeidet på byggeplass vil også arbeidsposter som nedføring, himling og slutføring av gipsing være tilstede. Gipsing er blitt redusert i den nye planen, ettersom en del av dette arbeidet vil bli gjennomført på fabrikk før modulene blir levert. Det er derimot behov for å avslutte dette arbeidet på byggeplass etter at de tekniske fagene har gjennomført sine oppgaver.

Tidsbruken satt av til malerne er halvert i estimatet, men her er det noe usikkerhet. En del av arbeidet blir gjennomført på fabrikk etter at gipsing er utført, men hvor mye som gjenstår burde bli undersøkt nærmere. Det er satt av 10 dager i den nye fremdriftsplanen til malerarbeid, noe som burde være tilstrekkelig. Arbeidet med å legge parkett er endret fra seks dager til én dag, ettersom dette arbeidet i stor grad vil bli gjennomført på fabrikk. Det blir tydelig ved å se nærmere på fremdriftsplanen for Bryne-prosjektet, hvor arbeidet med parkett er loggført som "Resterende parkett".

Sluttarbeidet for å ferdigstille leilighetene er uendret ved bruk av moduler. Det vil fortsatt være nødvendig å gjennomføre byggvask, befaring for reklamasjoner og arbeidet med overlevering av leilighetene. Ved å summere den totale tiden det vil ta å gjennomføre arbeidet ser man at tidsbruken er redusert fra 153 til 77 dager når moduler blir benyttet istedenfor utelukkende plassbygde løsninger. Det er lagt inn det samme slingringsmonnet i antall dager fra “Befaring reklamasjoner” til “Overlevering”. Slike slingringsmonn er ofte basert på en prosentvis tilnærming, hvilke ville ha ført til en enda kortere total byggetid ettersom den estimerte byggetiden ved moduler er mindre enn ved plassbygd. Derimot er det valgt å beholde slingringsmonnet slik det er for å kunne presentere et konservativt estimat hvor det er rom for uforutsette hendinger.

5. Validering

Valideringskapittelet har som hensikt å verifisere at oppgavens analysemetode er egnet til sitt formål. Det er et ledd i å kvalitetssikre analyseresultatene for å kunne si noe om nøyaktighet, presisjon og usikkerhet i forbindelse med resultatene som trekkes frem (Frøslie, 2017).

Utgangspunktet for valideringen er oppgavens problemstilling: Å sammenligne og fremheve forskjeller mellom modulbygg og plassbygde løsninger. På bakgrunn av teoretisk gjennomgang, intervjuer med bransjen og en casestudie, supplementært med egne tolkninger og refleksjoner samt et skråblikk på eget arbeid, vil det fremkomme om resultatene fra den gjennomførte forskningen er pålitelig.

5.1 Litteratur

Til grunn for analysen ligger flere ulike arbeidsformer, hvor det teoretiske fundamentet ble dannet av en litteraturstudie. Gjennom dette studiet ble flere forskjellige kilder gjennomgått og vurdert, og en del av kildene ble klassifisert som relevante og pålitelige. Særlig trekkes SINTEF og Bygg21 frem som pålitelig og relevante kilder grunnet deres posisjon som uavhengige og offentlige institusjoner. Det er derimot viktig å fortsatt ha et kritisk syn på det som blir lest, ettersom forfatterne av bøker, artikler og rapporter gjennomgått i litteraturstudiet for denne oppgaven har erfaringer og meninger som vil påvirke arbeidet deres.

En masteroppgave og dens litteraturstudie har ofte en eksplorerende tilnærming grunnet forfatternes begrensede forkunnskaper om det aktuelle temaet, hvilket fører med seg enkelte problemstillinger. Gode, pålitelige kilder fører gjerne til flere kilder når de først blir oppdaget. Dette kan føre til et enveisspor hvor forfatterne får mesteparten av informasjonen sin fra lignende kilder og foretrukne aktører, og kan skape et ubalansert bilde av virkeligheten. Derimot er kildene brukt i litteraturstudiet vurdert som informasjon med rot i virkeligheten, ettersom de er utviklet av institusjoner som jobber tett opp mot byggebransjen. Rapporter, bøker og artikler som er blitt benyttet i denne masteroppgaven har blitt revidert før publisering, og validiteten for disse kildene regnes da som god.

5.2 Intervjuene

Flere forskjellige aktører ble intervjuet for å øke reliabiliteten. Det er viktig å høre stemmene fra begge sider av en sak for å danne en reflektert oppfatning, ettersom påliteligheten til informasjonen mottatt av intervjuobjektene er usikker. Flere intervjuobjekter med forskjellige bakgrunner fra forskjellige aktører vil belyse problemstillinger fra flere synsvinkler. I gjennomføringen av intervjuene bidro den uformelle strukturen til at ledende spørsmål ble unngått i størst mulig grad. Dermed fikk intervjuobjektene mulighet til å fremme sine meninger uten føringer fra forskernes side. Et problem med denne tilnærmingen er mangelen på kritiske spørsmål fra intervjuernes side, samt grad av etterprøvbarehet. Spørsmål og svar fra intervjuene ble transkribert og vedlagt i appendix for denne oppgaven, men få spørsmål ble utarbeidet før intervjuene tok sted. Objektene ble oppmuntret til å snakke fritt for å kunne bidra med mest mulig informasjon til forfatterne. Etterprøvbarehet er da vanskeligere for nevnte intervjuer, og flere kritiske spørsmål kunne ha økt reliabiliteten med å utfordre synspunktene til intervjuobjektene.

5.3 Casestudie

Som et resultat av den eksplorerende tilnærmingen til forskningen, ble Malthus Uniteam og Optibo samarbeidspartnere i forbindelse med casestudien. Malthus er en ledende leverandør av modulbygg i Norge, og er et over 40 år gammelt selskap med mye erfaring i norsk byggebransje. Grunnlaget for samarbeidet var å få innblikk i et prosjekt hvor moduler var blitt benyttet, og bedriften valgte selv å tildele hotellprosjektet på Bryne. Dette var et meget vellykket prosjekt både med tanke på lønnsomhet og tidsbruk, noe oppgavens teorikapittel kan vise til at ikke alltid er tilfelle. Eksempelet som nevnes i teorien er et sykehusbygg med feil, mangler og utestående betalinger, og endte opp med 170 millioner i ekstra kostnader. Hotellet på Bryne er naturligvis av et annet omfang, men det viser at undersøkelser av flere enn ett prosjekt kunne gitt en mer representativ fremstilling av hvordan modulprosjekter utarter seg. Plassbygde prosjekter vil naturligvis også variere i lønnsomhet og tidsbruk, men siden modulprosjekter ikke er like utbredt, trengs det mer forskning og erfaring for å kunne underbygge om det konkurransedyktig i industriell skala.

Bryne-Prosjektet har blitt evaluert for å kunne trekke frem essensen av fordelene modulbygg gir. Selv om dette prosjektet til dels maler et glansbilde av modulbygg, ser man hvilke fordeler det kan gi ved korrekt gjennomførelse. For å evaluere prosjektet har forskerne fått innsyn i fremdriftsplaner og presentasjoner i tillegg til intervju og oppfølging fra kontaktperson innad i selskapet. Til tross for lite praktisk innsikt i arbeidet som ble utført i 2012, har en teoretisk gjennomgang av prosjektet gitt grunnlag for å vurdere fordeler og ulemper med modulbygg, og se dette i lys av et teoretisk grunnlag.

Møllen-prosjektet ble gjennomført av en lokal byggherre i Bergen med 10 års erfaring som selvstendig selskap. Til sammen har de tre øverste lederne i selskapet fra tidligere arbeidsforhold nærmere 100 års erfaring fra byggebransjen, så det er rimelig å anta at prosjektet ble gjennomført til den standarden som forventes i dagens norske byggebransjen. Fremdriftsplanen og øvrige dokumenter som ble tilsendt forfatterne ble brukt i den faktiske utviklingen og gjennomføringen av nevnte boligprosjektet, noe som gir pålitelighet til analysen.

5.4 Pålitelighet

Kombinasjonen av litteraturstudie, intervjuer og casestudier av faktiske prosjekter gir analysen en viss tyngde og rot i virkelige problemstillinger. Validiteten til oppgaven kunne ha blitt enda høyere ved sammenligning av flere prosjekter enn hva som er gjennomført. Samtidig ville det vært veldig tidkrevende og kunne ha gått på bekostning av grundigheten til analysen av prosjektene. Grundig gjennomgang av få prosjekter ble vurdert som mer hensiktsmessig for å besvare problemstillingen i denne oppgaven, til tross for at analysen av et så snevert utvalg vil føre til noe usikkerhet rundt resultatene.

6. Konklusjon

Målet med denne oppgaven var å undersøke bruken av moduler i Norge, hva som endres i byggeprosjekter ved bruk av moduler samt konsekvensene av endringene, hvilket er formulert i problemstillingen: *Sammenligne og fremheve forskjeller mellom modulbygg og plassbygde løsninger*. Dette kapittelet tar for seg de mest fremtredende funnene fra analysen, og prøver å besvare problemstillingen med utgangspunkt i gjennomgått teori, intervjuer og casestudie. Til sist i kapittelet blir veien videre for bruken av moduler i den norske byggebransjen drøftet.

6.1 Tilbakeblikk på problemstillingen

Ut fra bearbeiding av innhentet informasjon fra intervjuer, casestudier og undersøkt litteratur har det fremkommet interessante resultater fra å sammenlikne moduler og plassbygde løsninger. Det mest fremtredende og tydelige resultatet er den minskede tidsbruken i oppreisningen av bygg. Ved å undersøke Møllen-prosjektet og implementere modulløsningene fra Bryne-prosjektet ble tidsbruken redusert med 76 dager for oppreisningen av et hus. Dette er selvfølgelig et teoretisk estimat, men basert på intervjuer og aktuell litteratur er dette antatt som et rimelig estimat. Ved å benytte moduler flyttes en del arbeid fra byggeplass til fabrikk, og dermed utnyttes fordelene ved parallellproduksjon, hvilket viste seg å redusere tid brukt på byggeplass. Dette førte til mindre forstyrrelser for driften av hotellet i Bryne-prosjektet, samt mindre forstyrrelser for naboer og nærmiljøet i nærheten av byggeplassen.

Bruk av moduler i det norske byggemarkedet har stort potensiale, og som det kommer frem av analysen kan korrekt utførelse gi fordelaktige tidsbesparelser. Ved å implementere lean-elementer i byggeprosessen gjennom standardisering ser man en stor gevinst med hensyn til volumproduksjon og tidsbruk. Denne fordelene egnet seg godt i Bryne-prosjektet, da flere av hotellrommene var like, og produksjonen på fabrikk ble produsert som "bygg på samlebånd". Oppgaven har ikke funnet empiri for å konkludere med kostnadsbesparelser som følge av modulbygg, men entreprenørene bak Bryne-prosjektet peker på kostnadene ved tid som en viktig faktor for å velge modulbygg. Basert på denne oppgavens funn, gjennom inspiserings av to prosjekter, er det nettopp tidsbruk som kan trekkes frem som den mest essensielle fordelene ved bruk av moduler i byggeprosjekter.

6.2 Veien videre

Modulbygg er en stor underkategori av industrielle byggemetoder, og gjennom denne oppgaven har forfatterne forsøkt å trekke frem de viktigste forskjellene i forhold til plassbygde løsninger. Faglig sett er modulære byggemetoder et stort felt, og mer utbredt bruk samt erfaringsoverføring vil trolig føre til mer presis bruk og flere vellykkede prosjekter. Det er flere punkter denne oppgaven gjerne skulle dekket, men som kan stå som egne mastergradsavhandlinger. Det kunne blant annet vært interessant for videre forskning å undersøke hvilken bygningstype som er best egnet for modulbygg, da analysen tok for seg et hotellprosjekt og et leilighetsprosjekt av ulik størrelse og omfang. Oppgavens teori kan blant annet vise til en generell skepsis til leiligheter av moduler grunnet monotont uttrykk, mens hotellprosjektet på Bryne med moduler var suksessfullt på flere plan. Det anbefales også videre forskning rundt livsløpsanalyse og avfallsregnskap for et modulprosjekt for å få mer innsikt i økonomiske og miljømessige problemstillinger knyttet til byggemetoden.

Begrensninger rundt transport og lokasjon kompliserer leveringskjeden for modulprosjekter. Dette er noe som stiller strenge krav til kompetanse for de involverte aktørene, og er med på å fremme innovasjon rundt industrialiserte løsninger. Norske entreprenører importerer ofte moduler med båt fra utlandet, men har også nasjonale leverandører som kan være med å fremme utvikling av modulproduksjon i Norge.

7. Referanseliste

Aga, F. (2013, 27. november). DiBK: Ikke grunnlag for å si at kvaliteten er lavere på modulbygg. *Byggeindustrien*. Hentet fra:

<http://www.bygg.no/article/112429>

Almås, A., Gåsbakk, J., Bøhlerengen, T., Klinski, M. (2014). Modulbygg – like godt som plassbygde løsninger?. *SINTEF Byggforsk*. Hentet fra:

<http://biblioteket.husbanken.no/arkiv/dok/Komp/Modulbygg%20like%20godt%20som%20plassbygde%20losninger.pdf>

Avdeling for offentlige anskaffelser. (2020, 31. januar). Byggeprosessen steg for steg. Hentet fra <https://www.anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/byggeprosessen-steg-steg/konseptutvikling-og-bearbeiding/valg-av-gjennomforingsmodell/samspillsentreprise>

Berg, T. (2008). Industrialisering og systematisering av boligbyggproduksjon. *SINTEF Byggforsk*. Hentet fra:

https://www.sintef.no/globalassets/upload/byggforsk/publikasjoner/sb_prosjektrapport_20.pdf

Berge, M. (2018, september). Utredning modul- og elementbygg. *Bergen Kommune*. Hentet fra: https://www.bergen.kommune.no/bk/multimedia/archive/00336/Modul-_og_elementby_336676a.pdf

Bucourt, M., Busse, R., Güttler, F., Wintzer, C., Colletini, F., Kloeters, C., Hamm, B. & Teichgräber, U. (2011, april). Lean manufacturing and Toyota Production System terminology applied to the procurement of vascular stents in interventional radiology. *US National Library of Medicine*. Hentet fra:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3259414/>

Byggfakta. (2017, juni). Industrielt trebyggeri vinner fram. *Byggfakta*. Hentet fra:

<https://www.byggfakta.no/industrielt-trebyggeri-vinner-fram-112520/nyhet.html>

De nasjonale forskningsetiske komiteene. (2010, januar). Kvalitative og kvantitative forskningsmetoder – likheter og forskjeller. *De nasjonale forskningsetiske komiteene*.

Hentet fra:

<https://www.etikkom.no/forskningsetiske-retningslinjer/Medisin-og-helse/Kvalitativ-forskning/1-Kvalitative-og-kvantitative-forskningsmetoder--likheter-og-forskjeller/>

Edge, M., Craig, A., Laing, R., Abbott, L., Hargreaves A., Scott, J., Scott, S. (2002, september). Overcoming Client and Market Resistance to Prefabrication and Standardisation in Housing. *The Robert Gordon University*.

Eiken, P., Hovland, I., Kvifte, G., Langseth, H., Lie, M., Norman, E., ... Aas-Jakobsen, J. (2014). Sammen bygger vi framtiden. *Bygg21*

Forskrift om bruk av kjøretøy. (1990). Hentet fra

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1990-01-25-92>

Frydelund, T., Kirkevold, S., Skarholt, Ø., Lunøe, J., Ylvisåker, Ø., Moum, A., ... Haugen, A. (2019). Industrialisering av byggeprosjekter. *Bygg21*. Hentet fra:

<https://www.bygg21.no/rapporter-og-veiledere/industrialisering-av-byggeprosjekter/>

Frøslie, K. (2017, oktober). Validering. *Store Norske Leksikon*. Hentet fra:

<https://snl.no/validering>

Hairstans, R. (2015). Building offsite - an introduction. Construction Scotland

Hattrem, H. (2019, februar). Bygget corona-sykehus på ti dager. *VG*. Hentet fra:

<https://www.vg.no/nyheter/utenriks/i/RRB7JJ/bygget-corona-sykehus-paa-ti-dager>

Heizer, J. & Render, B. (2014). *Operations Management. Sustainability and Supply Chain Management (11th edition)*. England: Pearson Education Limited

HM Government. (2013, juli). Construction 2025 - Industrial strategy: government and industry partnership. *HM Government*. Hentet fra:

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/210099/bis-13-955-construction-2025-industrial-strategy.pdf

Johnsson, H., Meiling, J. (2010). Defects in offsite construction: timber module prefabrication. *Taylor & Francis Online*

Knaack, U., Chung-Klatte, S., & Hasselbach, R. (2012). *Prefabricated systems: Principles of construction*. Hentet fra:

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/uisbib/reader.action?docID=1020517>

Kodumaja. (2016). Bilder distribuert i markedsføring.

Lædre, Ola. (2012). Gjøre det selv eller betale andre for jobben - Byggherrens valg av kontraktstrategi i bygg- og anleggsbransjen. *Concept*.

Malthus. (2012, juni). Malthus bygger Bryne Kro og Hotell. [videoklipp]. Hentet fra: https://www.youtube.com/watch?time_continue=65&v=2tT4-2J4v64&feature=emb_logo

Malthus. (2018). Modulbaserte bygg. Malthus Uniteam. Hentet fra:

https://malthusuniteam.com/product_cat/modulbygg/modulbaserte-bygg/

Malthus. (2020, mars). 5 fordeler med modulbygg. Malthus Uniteam. Hentet fra:

<https://malthusuniteam.com/blog/2020/03/19/5-fordeler-med-modulbygg/>

Martinsen, T. (2017, September). Verdt å vite om modulbygging og prefabrikkering.

CHECKD. Hentet fra: <https://www.checkd.it/blogg/verdt-a-vite-om-modulbygging-og-prefabrikkering>

MBI. (2014). What is modular construction?. *Modular Building Institute*. Hentet fra:

http://www.modular.org/htmlPage.aspx?name=why_modular

MBI. (2020). Prefabrication and Modular Construction 2020. *Modular Building Institute*.

Hentet fra:

<https://www.modular.org/documents/public/PrefabModularSmartMarketReport2020.pdf>

Mosland, T. (2016, oktober). LEAN for byggebransjen. *Tekna*. Hentet fra:

<https://bygg.tekna.no/lean-for-byggebransjen/>

Moum, A., Høiland-Kaupang, H., Olsson, N., Bredeli, M. (2017). Industrialisering av byggeprosessene: Status og trender. *SINTEF*

Myhrvold, B. (2011, november). Fremtidens hus blir bygget på fabrikk. *Aftenposten*. Hentet fra:

<https://web.archive.org/web/20111119014244/http://www.aftenposten.no/bolig/Fremtidens-hus-blir-bygget-p-fabrikk-6699101.html>

Nakken, O., Lilleland-Olsen, M., Woldseth, M. & Malm, E. (2015, juni).

Markedsundersøkelse - industriell byggemetodikk. *BA2015*. Hentet fra:

<http://tonsbergprosjektet.no/wp-content/uploads/2017/02/Markedsunders%C3%B8kelse-SIV.pdf>

Nordli, J. (2019, juni). *Bruk av moduler i boligprosjekter*. (Mastergradsavhandling, NTNU).

Hentet fra: [https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-](https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2632955/Masteroppgave%20J%c3%b8rgen%20Nordli.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[xmlui/bitstream/handle/11250/2632955/Masteroppgave%20J%c3%b8rgen%20Nordli.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2632955/Masteroppgave%20J%c3%b8rgen%20Nordli.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Prognosesenteret. (2014). Markedsanalyse og kartlegging av modul- og elementimport til det norske markedet. Rapport. Prognosesenteret.

Proff.no. (2018). The business finder. Hentet fra: <https://www.proff.no/>

Realprojectives. (2019, mai). The advantages and challenges of modular construction.

Realprojectives. Hentet fra: <https://www.realprojectives.com/the-advantages-and-challenges-of-modular-construction/>

Revfem, J. (2018, juli). Plasstøpt eller prefabrikkert betong. *Teknisk Ukeblad*. Hentet fra:

<https://www.tu.no/artikler/vaer%E2%80%90tro%E2%80%90mot%E2%80%90ideen%E2%80%90og%E2%80%90strategien%E2%80%90du%E2%80%90har/442113>

SINTEF. (u.å.). SINTEF Teknisk Godkjenning (TG). *SINTEF Certification*. Hentet fra: https://www.sintefcertification.no/portalpage/index/56/sintef_teknisk_godkjenning

SINTEF Certification. (2020). Godkjente og sertifiserte produkter. SINTEF Certification. Hentet fra: <https://www.sintefcertification.no/Contents/Index/150>

Solberg, M. (2016, 25. februar). Skal bygge 3000 hus i året nesten uten bygningsarbeidere. *Teknisk Ukeblad*. Hentet fra: <https://www.tu.no/artikler/skal-bygge-3000-hus-i-aret-nesten-uten-bygningsarbeidere/277400>

Solberg, M. (2016, april). Rapport viser store gevinster ved bruk av prefabrikkerte moduler. *Teknisk ukeblad*. Hentet fra: <https://www.tu.no/artikler/rapport-viser-store-gevinster-ved-bruk-av-prefabrikkerte-moduler/346423>

SSB. (2017). Avfallsregnskapet. Statistisk Sentralbyrå. Hentet fra: <https://www.ssb.no/avfregno>

SSB, 2020. Prefabrikkerte bygninger av tre. Statistisk Sentralbyrå. Hentet fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/10455/tableViewLayout1/>

Store Norske Leksikon. (2019, september). Grensesnitt. SNL. Hentet fra: <https://snl.no/grensesnitt>

Sveen, G. (2012, 15. mars). Se, her kommer et ferdig hotell. *Stavanger Aftenblad*. Hentet fra: <https://www.aftenbladet.no/lokalt/i/XB0dB/se-her-kommer-et-ferdig-hotell>

Tiltnes, S. (2015, november). Veileder for fasenormen "Neste Steg". *Bygg21*. Hentet fra: <https://www.bygg21.no/contentassets/ac0c77e4ec904c7a955525528b474b6c/veileder-for-fasenormen-neste-steg.pdf>

Tam, V., Tam, C., Zeng, S., Ng, W. (2007, Oktober). Towards adoption of prefabrication in construction. *ScienceDirect*. Hentet fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132306002873>

Trefokus. (u.å). Hvorfor er tre et miljøvennlig byggemateriale? *Trefokus*. Hentet fra: <http://www.trefokus.no/treveilederen/temaer/miljo-og-berekraft/hvorfor-er-tre-et-miljovennlig-byggemateriale->

Trellevik, A., Bye, K. (2018, 4. april). Risikerer smell på 170 millioner ved nye Kirkenes sykehus. *NRK*. Hentet fra: <https://www.nrk.no/tromsogfinnmark/risikerer-smell-pa-170-millioner-ved-nye-kirkenes-sykehus-1.13992222>

Triad Financial Services. (2018, Juli). How manufactured homes differ from mobile and modular homes. Triad Financial Services. Hentet fra: <https://www.triadfs.com/news/how-manufactured-homes-differ-from-mobile-and-modular-homes>

Visma. (u.å). Driftsresultat - Hva er et driftsresultat? Hentet fra: <https://www.visma.no/eaccounting/regnskapsordbok/d/driftsresultat/>

Appendix

Intervjuer

Under følger kvalitative intervjuer med en byggherre, en aktør i bransjen, en konsulent, en entreprenør og en arkitekt. Intervjuene er gjennomført for å få dybdekunnskap om hendelser, meninger, vurderinger, tiltak og utviklingsmuligheter i forbindelse med modulbygg i Norge. Informasjonen fra intervjuene er brukt som supplement i analysen av oppgaven. Anonymitet har vært ønskelig fra intervjuobjektene sin side, og de er dermed titulert med beskjeftigelse og tilhørende selskap.

1. Byggherre fra Optibo

Hva tenker du kan være det største problemet som må løses for at man kan kunne spare penger med å benytte seg av modulbygg?

Modulbygg er utfordrende. Om en skal bruke moduler i et prosjekt må det avklares nesten først av alt. Det vil si før en starter kontrahering av arkitekt. Dette er selvfølgelig min mening, og det er sikkert noen som er uenig med meg her. Men skulle en ha en tomt som har utnyttelse for moduler, en infrastruktur, et marked som etterspør den type bolig, ja da er det muligheter.

Hva som er nøkkelen til å kutte kostnader? Da tenker jeg først på byggherre har en part å forholde seg til. Ikke slik som mye er i dag med at en kjøper moduler en plass og får noen andre til å montere og slutføre arbeidet. En part er nøkkelen tror jeg. Videre så får en kun en part å forholde seg til ved reklamasjoner, og eventuelle endringer. En annen sak jeg ville gjort var at arkitekt måtte levere tegninger til modulleverandør for godkjenning. Da får en et prosjekt som er optimalisert for moduler.

Er det noe helt konkret som kan undersøkes/utredes slik at troen på modulbygg blir styrket blant byggherrer?

Angående konkret sak som kan utredes så tenker jeg på:

- Grensesnitt mellom fullføringsgrad på fabrikk og hva som skal gjøres på plassen.
- Konstruksjonstetthet, Transport/ sikring av moduler underveis og sammenføyninger.

2. Aktør i byggebransjen – Bygg21

Fra deres nettside kan vi lese at dere har som mål å redusere kostnadene i bygg- og eiendomsnæringen med 20% fra 2013 til utgangen av 2020. Tenker dere at benyttelsen av prefabrikkerte elementer kan bidra til å nå et slikt mål?

Industrialisering i form av effektiv organisering, flyt, standardisering, automatisering og bruk av teknologi/IKT er en stor del av det potensialet vi har regnet til 20%. Et potensial som også betinger god samhandling og rett kompetanse på rett plass.

Vi er opptatt av at investorene stiller krav til industriell gjennomføring - uavhengig av om innsatsområdene over gjøres på byggeplass eller i fabrikk. Du finner mer i våre veiledere på www.bygg21.no.

Kostnadsreduksjoner gjennom fabrikkproduserte elementer er jo steds- og situasjonsavhengig. Regner med at du trekker inn kostnader og LCA-belastninger knyttet til materialflyt og transport i deres analyser. Fra egen entreprenørpraksis (Block Watne) jobbet vi dypt og grundig med hvor skjæringspunktet gikk. På den tiden eide vi Støren treindustrier, uten at vi av den grunn brukte elementer eller takstoler i egen husproduksjon. Grunnen var at det ikke lønte seg. Dette som et eksempel. Derimot sparer du gjerne tid ved å bruke fasadeelementer, prefab-bad og lignende.

Fra forskjellige artikler fra SINTEF og TU kommer det fram at å bygge med moduler har stort potensiale, likevel virker det som at det er veldig få prosjekter som benytter seg av metoden. Har dere noe informasjon eller erfaring om hvorfor denne påstått effektive metoden ikke blir benyttet i større grad?

I Bygg21-arbeidet har vi sett få eksempler på at det har vært kostnadsreducerende å importere store volum-elementer. Selvaag har noen gode erfaringer fra boligproduksjon i Oslo-regionen. Selv tyske volum-elementer ble dyrt og dårlig i Kirkenes-sykehuset. Hvorvidt det norske markedet vil akseptere kinesisk lavpris på volumelementer gjenstår å se.

Prefabrikkerte moduler vil i teorien ha en høyere grad av effektiv organisering, standardisering og kvalitet grunnet at arbeidet blir gjort i kontrollerte omgivelser innendørs. Kan det da tenkes at kostnader knyttet til transport eller logistikk fører til at metoden med husmoduler ikke lønner seg?

Import av trebaserte moduler og elementer er økende. Utbredelsen av prefab-bad var stor på 80-tallet, på samme måten som det igjen har blitt utbredt i nyere tid. Det ser vi jo. Allikevel har vi ikke funnet grunn til å anbefale fabrikkproduksjon fremfor industriell plassbygging. Ei heller motsatt.

Jeg antar at dere har en hypotese om at fabrikkproduserte moduler er kostnadsreducerende. Vi har altså ikke funnet empiri for dette. De forsøkene som NCC og OBOS gjorde, hver for seg, for noen år tilbake lyktes jo ikke. Sekisui House, som flere av oss har besøkt i Tokyo, har jo på sin side lykkes med fabrikkproduserte moduler verden rundt. Kina har vært på flere salgsmøter uten å lykkes til nå. De kinesiske entreprenørene som har etablert seg i Norge har hatt sine utfordringer. Dere kommer til å komme fort tilbake til hvilken standard det norske markedet og norske myndigheter aksepterer.

Kan det også tenkes at manglende erfaring med metoden gjør at kostnader ikke blir kuttet i så stor grad som man kunne forvente?

Dere har helt rett i at vi mangler gode erfaringer i Norge og Norden. Noe av årsaken er at vi har hatt flate effektive strukturer for plassbygging (mye likt USA) med kompetente håndverkere. Vi har ikke hatt totalansvarlige gjennomførere/entreprenører som baserer seg «utelukkende» på montasje.

Det er spennende om dere klarer å bekrefte en hypotese om at modulbygging er mer kostnadseffektiv enn industriell plassbygging i Norge. Det er jo veldig mange variable i forhold til kvalitet og produksjonsopplegg i en slik hypotese.

3. Konsulent fra Trefokus

Hva jobber Trefokus med?

Selskapet eies av Norges Skogeierforbund og Treindustrien. Trefokus jobber med markedsutvikling hvor det blir tatt i bruk bærekraftig byggeri. Vi jobber mot kommunene og de store byene for å fasilitere prosesser hvor tre velges.

Hvilke aktører finner vi i Norge innenfor modulbygg?

Tre store modulprodusenter i Norge. Husfabrikken Skanska, Moelven og Konsmo.

Hva med utenlandske aktører?

Kodumaja ser på Norge på sitt hjemmemarked, og vi finner også flere andre selskap fra de Baltiske land og Sverige. Det er et uoversiktlig marked grunnet forskjellig bruk av koder på import av modulprodukter fra utlandet, noe som gjør det vanskelig å vite nøyaktig hva som blir importert fra de forskjellige landene.

Hva bør utredes om i det norske markedet for modulbygg?

Dere ser på muligheten for modulbygg i Norge, så å fastslå om det er mer kostnadseffektivt. Byggemarkedet er preget av høye kostnader, og vi Trefokus jobber med tekniske løsninger og boformløsninger for å få ned kostnadene. Den største fordelen ved bruk av modulbygg kan være tidsbruken. Modul kan bruke mindre tid. Hvis det bygges på et jorde er det ingen problem om prosjektet tar lengre tid, men det vil være et fortrinn å bruke mindre tid i urbane områder. Utbyggere kan da markedsføre at de vil forstyrre minst mulig.

Hvilke utfordringer ser du?

For lite fleksibilitet med tanke på utforming, men dette er kanskje en myte som kan være verdt å undersøke nærmere. Mye standardløsninger og låst på hvordan utforming blir kjennetegnet enkelte leverandører. Noen produsenter har større skreddersøm slik at modulene kan tilpasses. Sverige får det bedre til. Tradisjoner i Norge er et hinder for modulbygg.

Hva er grunnen til at det er mer modulbruk i Sverige?

Tradisjon. Har ingen andre gode forklaringer, selv om de kan finnes. Mange sier at den svenske arkitekturen er dårligere enn den norske. Arkitektur står høyere i kurs i Norge, og at

det er mer krav om spesialdesignede bygg.

Har oppfatningen av modul fra aktører i bransjen noe å si?

Ja, oppfatning i bransjen, særlig blant arkitekter kan være forklarende på hvorfor modulbruken er såpass lav. Skal ikke ta stilling til om det er myte eller ikke.

Hva er ditt generelle inntrykk av modulbygg?

Ikke bare fryd og gammen, og avhengig av leverandør. Utbyggere har i noen prosjekter brukt rimelige leverandører, men kvaliteten har vært dårlig i enkelte tilfeller. Men røvere er tilstede i alle markeder. Fleksibilitet er et problem hvis leverandørene ikke er villig til å være fleksibel.

Flere artikler argumenterer for at tidlig involvering av arkitekt av essensielt. Kjenner du til arkitektmiljøet og hvordan de ser på samarbeid med modulprodusenter?

Vært noen prosjekter på det mellom partene. Møtes i tidligfase for å se på muligheter og utfordringer, uten å låse. Tidligfase er viktig, men det ligger noen industrielle begrensninger når det jobbes med moduler.

Hvor er potensiale til moduler?

Boliger er potensiale, andre er hoteller. Alle steder hvor det er små celler, ettersom det er ytre begrensninger på modulene. Store åpne rom blir da vanskelig. Bolig er et stort segment, hoteller kan være stort, sammen med omsorgsboliger, sykehus osv. Alle bygg hvor det er repetisjoner vil være et stort marked. Et marked vi jobber mye med er påbygg. Bruke eksisterende byggmasse for å bygge etasjer. Da er det muligheter for å bygge på to etasjer og oppgradere hele fasaden og legge til heis. Kan undersøke dette potensiale, ettersom de er 14 millioner kvadratmeter flate tak i Oslo. Bruke eksisterende muligheter. Kan gå veldig fort ved å bruke moduler til påbygg på flate tak.

4. Entreprenør fra Malthus Uniteam

Hva er ditt inntrykk av det norske modulmarkedet?

Norge er et foregangsland når det gjelder treteknikk. Det gjelder også moduler, og kan ses av to bygg som er bygget i høyden; Mjøstårnet og et studentbygg i Bergen. Begge vellykkede prosjekter

Bryne-prosjektet; Hva var de største suksessfaktorene?

Den største suksessfaktoren var tid. Det er det ingen tvil om. På grunn av at avbruddstid for hotellet var ekstremt viktig. Dette prosjektet var også særs vellykket på det økonomiske. Da kommer man tilbake til spørsmålet; når får man et vellykket modulbygg? Det er som oftest kostnad en tenker på. Da er det med repetisjonsfaktoren ekstremt viktig. At man i industrien får til en god prosess som gjør at det produseres like enheter. Om de ikke er 100% like, så i hvert fall i en slik grad at man får mye gjentakelse i enhetene. Hotellrom sier seg selv at kan man bygge ett hotellrom som modul, så har man gjentakelse.

I Bryne-prosjektet bygget dere 47 moduler til hotellet. Hvordan gikk det?

Ja, og der er de fleste modulene helt dønn like. Da får man effekt i produksjonen - linjeproduksjon. Hvis man ikke har linjeproduksjon/effektiv produksjon, så er det det samme som innesnekring. At man bygger bygget inne, og så frakter det ut - da får man ikke den samme effekten. Kan du industrialisere og utnytte den prosessen, så får man effekt ut av det.

Har du noe data som kan vise til tidsbruk eller kostnadsbesparelser som vi kan bruke for å underbygge disse argumentene?

Nei, men det finnes mange gode rapporter fra Modular Building Institute, amerikansk litteratur. Men det å spørre seg: Hvordan sparer man med modul? Hvor mye tid sparer man på modul? Spesielt hvis man ser på kroner - hva er det man skal spare? En ting er selve entreprisekostnaden. Men så er det og kostnaden ved tid - besparelsen på tid. Da er det byggekostnaden, byggeoppfølging, byggerigg og flere ting som man og vil spare på. Og så har man det som blir og mer vesentlig, nemlig miljøregnskapet. Hvis man sparer miljøbelastning og miljø-kroner, så er det en viktig faktor.

Når du sier at det er mindre belastende på miljøet - hvilke faktorer er det som er fremtredende der? Hva er det som gjør at modulbygg er mer miljøbesparende?

Det er to store grunner. Først, energibruk. Når man skal bygge på tradisjonell måte bruker man gjerne halvannen til to års energiforbruk bare i byggingen på å tørke ut og holde bygget varmt slik at man kan jobbe i det. Den prosessen er så og si borte fordi man får et "ferdig bygg" på byggeplassen. Så har man en ting som ofte er et miljøproblem; støy og støvdager på en byggeplass. Det slipper man. Man har transportkostnadene. Det er en mye mer effektiv transport ved at man transporterer ting inn i fabrikk, og så er det et ferdig produkt derfra. Man har avfallshåndtering som ikke er på byggeplassen. Vanligvis er det enorme containere med avfall på en byggeplass. Man må gjøre et avfallsregnskap på en byggeplass, og med moduler blir det nesten ikke avfall. Gjenbruk av tre er også vesentlig ved at man gjenbraker kappet. Tre som byggemateriale er det mest miljøgunstige.

Videre har man sikkerhet og helse for arbeiderne. Det å bygge et bygg i alt slags vær og tidvis mørke med klatring i stillas, slipper man. Så har man dette med materialeffektivitet - utnytte materialene. Det har man en helt annen mulighet til i modulprosess.

Og så en annen kuriositet. Begrensninger ved moduler, er at det ofte er for stort. Det går på både bredde, lengde og høyde. Jernbanebruer er en begrensning. Malthus mener at man bør holde seg under en brutto høyde på 3,40m på en modul. I dag gjelder både forskriftsmessige begrensninger og fysiske begrensninger. Hva gjelder fysiske begrensninger går det mest på jernbaneunderganger.

Tilbake til kostnader - hva mener du om livsløpskostnader rundt modulbygg?

Det er viktig å ta med flere elementer på kostnadssiden. For bygg som skal flyttes, så er livsløpskostnader en viktig bit av kostnadselementet. Å kunne dokumentere forskjellen på å bygge med moduler og ikke, den er vanskelig. Hvis du hadde spurt studentsamskipnaden i Stavanger så hadde de sagt det er ikke noe besparelser, for de har prøvd. Jeg regnet på prosjektet og ikke funnet noe besparelse. Det går rett og slett på planleggingsfasen. De har prøvd å få til bygg som ikke er planlagt med hensyn på modulbygg. Man må tenke modul fra første strek - da kan man få ut en effekt, og videre få ut kroner av prosjektet. Skal man få til et godt regnskap eller en kostnadsanalyse som viser en effekt, så må man ta utgangspunkt i et bygg som egner seg for modul og som er planlagt med modul. Da kan man lett få 20-25% besparelse. Da kan man virkelig få ut effekt på det.

En kritisk faktor er altså å tenke modulbygg fra første strek. Er det en forskjell på permanente og flyttbare bygg?

Det er vesentlig å skille de to. Andre forskrifter gjelder for midlertidige bygg, og de har mindre energieffektivitet. Når det gjelder permanente bygg så gjelder naturligvis samme forskrifter som for vanlige bygg. Malthus bygger mye skoler, og da er det snakk om omtrent 24 000 kroner per kvadratmeter. Dette vil variere veldig fra prosjekt til prosjekt, men med forbehold om greie grunnforhold, flatt terreng og normal fundamentering på bæredyktig grunn gjelder dette anslaget for kvadratmeterpris for skoler bygget med modul. En arkitekt vil trolig si at et skolebygg koster mellom 30 og 35 000 kroner per kvadratmeter ved bruk av konvensjonelle byggemetoder.

Hva er de viktigste faktorene for å kunne oppnå kostnadsbesparelse ved bruk av modulbygg?

Det er ikke gitt at det er kostnadsbesparelse ved å bygge modulbygg. Man må ha forutsetninger for å få til den kostnadsbesparelsen. Viktige faktorer er størrelse og repetisjonsfaktor. Størrelsen må være tilpasset produksjonen og ikke minst transport. Og at man har en gjentakelse i produksjonen. Disse to faktorene må være med.

Hva tenker du om suksessfaktorer når det kommer til valg av entreprisform?

Den mest fordelaktige måten å bygge på er uten tvil med en totalentreprise. Da kommer Malthus som entreprenør inn i den direkte første dialogen, og så tar vi med oss arkitekt. Enkle bygg tegner vi opp selv, men med mer komplekse bygg tar vi med oss en arkitekt. Men da har vi dialog med arkitekten og legger føringene og kan korrigere. Den prosessen vi hadde med totalentreprenør med samspill med arkitekt er ekstremt viktig. Noen arkitekter kan modul, men det å slå opp på gule sider og tro at man finner en arkitekt som kan modul, det går ikke.

Du snakker om at det er viktig å korrigere arkitekten. Hva er det som oftest må korrigeres?

De to viktigste er som nevnt størrelse og repetisjon. Transport er en utfordring. Modul handler mye om logistikk. I Norge er det ett lokomotiv innen produksjon, og det er Moelven. Vi samarbeider tett med Moelven, og jeg har daglig kommunikasjon med dem. Her i distriktet (Rogaland) bruker vi mye Konsmo, som ligger i nordøst for Lyngdal. Disse to produsentene er etablert der det er skog for å utnytte trærne. Sånn sett er det fornuftig å etablere seg i nærheten

av skog. Men i logistikksammenheng, å ha den største produsenten liggende i Moelven, ved Brumunddal, langt i fra logistikksentrene. Det være seg veier og båttransport, så er det håpløst. De ligger feil til. Det er skogbruket som har etablert disse produsentene. Sånn at konkurrentene til de norske, det er mye produksjon fra Estland. På store volum, så er det billigere transport fra Estland enn hva det er fra Moelven. De har ikke de samme restriksjonene på transport. Hvis de ligger inne i landet, så er det mye billigere å transportere ut til kaien, laste på båt og til slutt rett til byggeplass.

Vi har undersøkt fabrikkene i Estland, og de fleste ligger jo i nærheten av Tallin, som forenkler transport.

Det stemmer, og den beste produsenten i Estland, den heter Kodumaja, som ligger i Tartu, langt inne i landet. Men jeg har vært der et par ganger, og det er veldig gode transportmuligheter, og det er ikke de store kostnadene på de bilene.

Så det er ikke så store restriksjoner på bredde og lengde i Estland, men disse modulene må jo tilpasses restriksjonene i Norge?

Ja, men da kommer de nærmere destinasjonen. Og man kan transportere bredere og lengre, men det er dyrere. Hvis man går over tre meter bredde, så må man ha følgebil. Da må man regne brutto, og for eksempel en lekt som skal holde på plass plasten, må regnes med. Over 3,5 meter må man ha følgebil foran og bak, og som oftest politieskorte. Dermed baller kostnadene på seg. Veiene må også velges med omhu, og man må gjerne kjøre mye lengre. Transport koster mye.

Rogaland, et område der man er effektiv med treproduksjon gjør det til et vanskelig område å konkurrere i. Rogaland er effektiv med bygging, noe som har med kultur og tradisjoner å gjøre. Hvis man heller ser på Nord-Norge, så er det en ressursknapphet. Det er lite ressurser. Der kan man operere mer konkurransedyktig. Hvis man da kan ta en båt opp, betinget at det er store volum, helst mer enn 50 moduler, så er det kostnadsbesparende.

Vi har nettopp fullført et stort sosialsenter i Hadsel kommune ved Lofoten. Vi holder i disse dager på å prosjektere en skole i Lofoten. Det er eksempler på at i nord er det svært gunstig.

Du nevner en del skoler. Er det det dere bygger mest? Eller er det leilighetsbygg, sykehus eller andre bygg?

Det største produktet i Norge for moduler, det er anleggsrigger. Utvilsomt. Det er en midlertidighet, altså flyttbare moduler. Da er det utleie. Det er absolutt det største produktet. Deretter er det nok skoler. Vi har for eksempel en rammeavtale med Oslo Kommune, og de siste par årene har vi bygget over 300 moduler bare for Oslo Kommune. Behovene grunner i to ting. Det er midlertidighet, altså hvis de skal renovere en skole, så trengs det en midlertidig skole i mellomtiden. Men så er det en ting som man må ta til betraktning, at alderen i boligområder varierer veldig. Ved bygging av et nytt boligfelt, kan det bli tilflytning av mange unge, som får barn samtidig. Da kan midlertidig skole være gunstig.

Det største produktet for moduler i Norge er anlegg, men i Sverige er det derimot skoler. Det går på å bygge midlertidige skoler for å få dekket et behov i en periode. Det gjelder også barnehager.

Hvor er det potensiale for modulbygg i det norske markedet?

Et område det er mye potensiale, men som Malthus ikke har jobbet særlig med, er leilighetsbygg i moduler. Der er nevnte Kodumaja muligens den største leilighetsbyggeren i Norge. Moelven har og tatt fatt på det, og har fått en god økning på den siden. Malthus har ikke gått inn i det markedet. Det krever en annen kundeføring og en annen organisering, å bygge leiligheter. Da må man ha et forhold til hver enkelt kunde, og bygge opp en organisasjon rundt det. Det har ikke vi gjort.

Ut ifra den litteraturen vi har lest merker vi en generell kundeskepsis til leilighets- og husmoduler. Hva er ditt inntrykk rundt det?

I hovedsak mangelfull markedsføring. Jeg var ofte ute og holdt foredrag om moduler, og et spørsmål som gikk igjen ofte var: Hvor lenge varer en modul? Folk ser for seg et felleferdig bygg. Det man da må svare er: Hvor lenge varer huset ditt? Det er den samme materialbruken, og den samme konstruksjonsteknikken. Det er bare bygget inne istedenfor ute. Kvaliteten på et modulbygg den skal være minst like god som på et tradisjonelt bygg. Det er høyere nøyaktighetsgrad i bygging fordi man ikke har fuktbelastninger, som man har i et vanlig bygg. Det er en miljøpåvirkning med å bygge ute. Grunnlaget for å få bedre kvalitet er absolutt tilstede. Eksempel: Det er ingen som bygger bil på parkeringsplassen.

Den største investeringen både privatpersoner og kommuner gjør, er bygg. Og det bygges ute i all slags vær der alt av verktøy, materialer og prosesser må tiltransporteres. Dette illustrerer fordelene med en industrialisert prosess kontra en tradisjonell prosess.

Hva er det som gjør at modulbygg selger?

Det man selger mye på er tidsfaktoren. Dette går på parallelliteten i prosessen, at man bygger inne på fabrikk samtidig som grunnarbeid og fundament støpes ute. Da sparer man en prosessdel i tid.

5. Arkitekt fra LINK Arkitektur

Hva er en arkitekts inntrykk av modulbygg?

Det kommer veldig an på hvordan prosjektet er. Det kan være bra og det kan være tragisk. I forbindelse med Bryne Kro & Hotell fungerte det veldig bra, og det var mange forutsetninger som gjorde at modulbygg passet bra. Det var viktig for hotellet at det ikke var stengt for lenge under byggeprosessen. Det fungerte veldig bra, og vi fikk det uttrykket vi ville ha i fasaden, leveransen av modulene gikk fint og hotellet hadde stengt én uke.

Flere aktører nevner at en viktig faktor for å lykkes i modulprosjekter er å involvere arkitekten tidlig. Har dere tanker om hvordan man lykkes med modulbygg i Norge?

Det gjelder i alle prosjekter. Det må skikkelig planlegging for å lykkes både med modul og prefab. Det stilles større krav til prosjektering og planlegging når det gjelder prefabrikkering.

Med tanke på prefabrikkering, prosjekterer dere for både moduler og elementer?

Det varierer fra prosjekt til prosjekt. I forbindelse med et skoleprosjekt vi hadde med masse prefabrikkerte yttervegger og tak, brukte vi enda mer tid på prosjektering i forkant for å forsikre at alt stemmer og at deler passer inn.

Hva er problemer dere møter på ved tegning av modulbygg?

Når man skal bestille alt i forkant er man avhengig av en god dialog med de forskjellige konsulentene. Også her gjelder det at den tverrfaglige prosjekteringen er godt planlagt i forkant. Når modulene står på byggeplassen er det for sent å gjøre endringer, men det er utrolig hvor mye man kan få til med god prosjektering i forkant.

Er det noen andre suksessfaktorer du vil trekke frem i forbindelse med Bryne-prosjektet?

I og med at det ble bygget på Vestlandet med mye vær, så er det om å gjøre å få tett bygg så fort som mulig.

Med tanke på begrensninger, så er lengde, bredde og høyde noe vi må ta hensyn til med tanke på transport. Dette må spesialtilpasses hvert prosjekt med tanke på veier, båt og transport. Der ligger det en del utfordringer. Disse begrensningene er det viktig å vite om før man begynner å prosjektere. Jeg foretrekker at før man begynner totalprosjekteringen, så må leverandør være på plass, og man bør få en liste med alle begrensningene helst før detaljprosjekteringen og.

Bryne-prosjektet hentet sine moduler fra Estland. Hvordan gikk den prosessen?

Det var begrensninger på hvor store hotellrommene kunne være, men når det gjelder hotellrom så ønskes det gjerne små rom for å få flest mulig. Derfor er det veldig effektivt med moduler når det skal bygges hotellrom. Spesielt på en utvidelse av allerede eksisterende hotell, hvor det er om å gjøre å holde driften i gang samtidig som man utvider og rehabiliterer. Dette gjelder både prefab og moduler.

Har du merket en konjunktur i det norske modulmarkedet siden dere leverte prosjektet på Bryne i 2012?

Ikke så mye moduler, men i stor grad prefab. I forhold til byggebransjen her vil jeg si at prefab er mye mer aktuelt. Det brukes mer og mer prefabrikkerte vegger i massivtre. Vi har levert flere lokale prosjekter med prefabrikkerte tak og vegg, men det er utfordringer med det og. Alt skal pakkes og være tett før det leveres, så alle detaljer blir veldig annerledes enn om en bygger på plassen. Man må prosjektere på en annen måte.

Vil du si at Norge henger etter når det kommer til modulbygg?

Det vet jeg ikke. Det er mer og mer på gang. Men erfaringene varierer veldig. Og det er viktig å være åpen for å tenke nytt, ikke bare gjøre ting slik man alltid har gjort det.