

# Plasstøpt vs. prefabrikkert betong

Valg av løsning

**Guro Varvin Hjelseng**

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2014

Hovedveileder: Amund Bruland, BAT

Medveileder: Jan Even Andersen, AF Bygg Østfold

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





NORGES TEKNISK-  
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET  
INSTITUTT FOR BYGG, ANLEGG OG TRANSPORT

Oppgavens tittel:  Plasstopt vs. prefabrikkert betong – Valg av losning	Dato: 10.06.2014
	Antall sider (inkl. bilag): 98
	Masteroppgave
Navn: Guro Varvin Hjelseng	
Faglærer/veileder: Amund Bruland	
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Jan Even Andresen	

**Ekstrakt:**

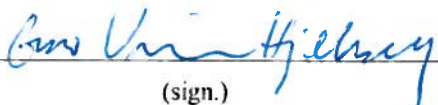
Betong er verdens mest brukte bygningsmateriale. Det er meget allsidig og brukes i alle typer bygninger fra små eneboliger til høye skyskrapere. Det finnes mange forskjellige typer betong, men i hovedsak to forskjellige måter å utføre betongkonstruksjoner på, plasstopte betongkonstruksjoner og konstruksjoner med prefabrikerte betongelementer.

De to nevnte alternativene har både fordeler og ulemper, og det er mange aspekter som spiller inn på når man skal velge utførelsesmetode. Påvirkningsfaktorer som økonomi, tid, kvalitet og HMS er viktig å vurdere når man skal gjøre et valg. Økonomiske påvirkningsfaktorer kan være alt fra rene materialkostnader til tilgjengelighet av materiale og arbeidskraft, logistikk og tidsbruk

Aspektene kan påvirke valget mellom de to bæresystemene i større eller mindre grad, men hovedpoenget er at det er viktig å se på helheten og gjøre en nøy prosjektspesifikk vurdering for man tar det endelige valget.

**Stikkord:**

1. Masteroppgave
2. Betong
3. Prefabrikkert
4. Plasstopt

  
(sign.)



## Forord

Denne masteroppgaven skrives ved institutt for bygg, anlegg og transport ved fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi ved NTNU våren 2014. Samarbeidspartner for oppgaven er entreprenøren AF Bygg Østfold, som er en del av AF Gruppen ASA.

Masteroppgaven utgjør de siste 30 studiepoengene ved sivilingeniørstudiet bygg- og miljøteknikk. Arbeidet er utført fra januar 2014 til mai 2014.

Institutt for bygg, anlegg og transport var initiativtaker til oppgaven og fremstilte den opprinnelige formulering *Plasstopt vs. Betongelementer – økonomisk og produksjonsteknisk evaluering*. Arbeidet med problemstillingen startet i et fordypningsprosjekt høsten 2013 og videreføres nå i en masteroppgave med tittelen *Plasstopt vs. prefabrikkert betong – Valg av løsning*.

Faglig veileder ved institutt for bygg, anlegg og transport har vært Amund Bruland. Jeg ønsker å takke for veiledning underveis i arbeidet.

Jeg ønsker også å rette en takk til alle i AF Bygg Østfold og Kynningsrud Prefab AS som har gitt av sin tid og bidratt til at jeg har kunnet komme i mål med oppgaven.



Sign.



## Sammendrag

Når en betongkonstruksjon skal bygges finnes det flere forskjellige utførelsesmetoder. Denne oppgaven tar for seg plasstøpt og prefabrikkert betong og belyser hvordan man på best mulig måte velger riktig alternativ.

Betong er verdens mest brukte bygningsmateriale og har åpnet en verden av muligheter når det kommer til konstruksjoner. Betongoppskrifter kan tilpasses til de fleste forhold og det er et materiale som gjør det mulige å bygge bestandige konstruksjoner under vann, høyhus, tunneler og mye mer. Det kan tilsettes stoffer som gjøre betongen mer frostbestandig, stoffer som gir en annen farge eller stoffers om endrer bearbeidbarheten til betongen.

Plasstøpt betong er den tradisjonelle måten og bygge på, der man lager forskalingsformer, binder armering i formene og fyller med ferdig betong. Et annet alternativ er å bygge med betongelementer. Da prefabrikeres elementer på fabrikk og transporteres til byggeplass, før de monteres.

En plasstøpt konstruksjon har de fordelene at den er stabil og tilpasningsdyktig. Underveis i byggeprosessen har man mulighet til å rette opp i feil og skjevheter og det er også mulighet for å endre konstruksjonen i ettertid uten at den tar skade av det. For eksempel ved å ta hull i vegger og dekke hvis det dukker opp nye behov for rørføringer og lignende. Ulempen til plasstøpt betong er at det krever mye tid, stor lagringsplass til både armering og forskalingssystemer og det krever mye bemanning av både fagarbeidere og funksjonærer.

En prefabrikkert konstruksjon sin største fordel er at den kan oppføres innenfor en kortere tidsramme enn en plasstøpt konstruksjon. Fordi elementene produseres på fabrikk i forkant blir tiden på byggeplass mye kortere og det kan spare byggherren for store kostnader. Elementprosjekter er i liten grad avhengig av lagringsplass på tomten, da målet er å levere elementer direkte til montering. En ulempe ved betongelementer er deres begrensning ved tilpasninger underveis og i ettertid. Det er begrenset hvor mye man kan endre konstruksjonen uten at det fører med seg enorme kostnader underveis i byggeprosessen, da alle elementer er sendt i produksjon før monteringen starter. Det er også færre muligheter til å ta hull i spennarmert elementer. Kuttet det for mange spennetau i forbindelse med hulltaking kan man

risikere at elementet ikke tar den kraften det var ment til å ta. Til gjengjeld kan man bygge med større spenn med prefabrikkerte elementer, og mulighetene til endring av romfordeling og bruksområder er i høyeste grad til stede.

Før valget mellom hvilken type bærekonstruksjon som ønskes skal tas er det viktig å vite hvilke forutsetninger som er tilstede for det spesifikke prosjektet. Som nevnt tidligere er plass til lagring av materialer på tomt avgjørende for om det er mulig å bygge med plasstøpt betong, det samme er tilgjengelig tid. I tillegg må det tas hensyn til hva slags type bygg som skal bygges, og om konstruktive utfordringer lar seg løse med begge alternativer. Det meste lar seg riktignok løse med både plasstøpt betong og prefabrikkert betong, men kostnaden kan variere stort.

Kostnadene knyttet til de to alternative måtene å bygge på er selvfølgelig avgjørende for hvilket valg man tar. Tabell 1 viser omtrentlige kvadratmeterpriser hentet fra kalkulator i AF Bygg Østfold og selger hos Kynningsrud Prefab AS.

**Tabell 1 Prissammenligning, Plasstøpt vs. prefab**

	Plasstøpt betong	Prefabrikkert betong
Dekke	1250 kr/m <sup>2</sup>	600 kr/m <sup>2</sup>
Vegg	1550 kr/m <sup>2</sup>	1500 kr/m <sup>2</sup>
Søyler	1500 kr/m	3000 kr/m

Tabellen viser at dekke er omtrent dobbelt så dyrt plasstøpt som prefabrikkert, motsatt når det gjelder søyler og omtrent likt når det gjelder vegger. Prisene er kun for betong, etterarbeid kommer som en ekstra kostnad. Selve materialkostnad er sjelden avgjørende. Det er i større grad kostnaden av tiden man må vurdere. For å ta et reelt valg må alle kostnader være avdekket og i tillegg må det estimeres en kostnad på tiden, og eventuelt overskridelse av tidsrammen satt av byggherre. Finnes muligheten til å utvide tidsrammen for å kunne bygge en billigere bygg, eller påløper store dagsbøter hvis tidsfristen ikke overholdes? Dette er spørsmål man må på stille seg. Tid er altså den mest avgjørende forutsetningen. Tidsrammen kan være fastsatt av byggherren tidlig i forprosjektet slik at man allerede da kan se at en prefabrikkert løsning er det eneste reelle alternativet.

Hvert valg må baseres på prosjektspesifikke forutsetninger, men mange erfaringer er mulig å videreføre fra et prosjekt til det neste.



## Summary

When a concrete structure is built there are several ways to do it. This master thesis presents concrete as a building material, with special focus on cast-in-place concrete and precast concrete, and how to choose the right solution.

Concrete is the most used building material in the world and since they first started using it a world of opportunities has opened itself to the construction business. Concrete can be adapted to withstand most conditions by modifying the concrete recipe. It is possible to build concrete constructions under water, use concrete for high rise buildings and tunnels amongst other things. Concrete properties can be changed with different admixtures. Some admixtures make the mix more frost resistant, some improves the workability and some admixtures add color.

Cast-in-place concrete is the traditional way of building. You make formwork with reinforcement before you fill the form with ready-mixed concrete. Use of precast concrete is the most common alternative way to build concrete buildings. Then concrete elements are being cast in a factory before they are transported to the site, where they are being mounted.

Adaptability and stability is amongst the advantages of a cast-in-place structure. During the casting, you are able to adjust the concrete work and correct errors. Some disadvantages with this type of concrete work are the time spent finishing the building, along with its need for storage space for formwork and reinforcement. It also requires a big workforce.

The biggest advantage of a precast structure is the time used at site to erect the building. The client saves a lot of expenses by using more time to produce the concrete elements in a factory and less time mounting it on site. It is almost no need for storage space on site, and the workforce required is mostly much less. A disadvantage with precast concrete is the lack of opportunity to alter along the way. It is more challenging to penetrate some concrete elements later on because of tensioned reinforcement wires. All the planning must be done in time of production start. Alterations later on are expensive. Even though some changes are difficult to execute on concrete elements, precast concrete is a flexible way to build, amongst other things they enable buildings with long spans.

Before you choose the solution best suited for your project you need to know which conditions applicable for the exact project. Today it is possible to build most buildings both with precast concrete and cast-in-place concrete. Time and space are therefore the two conditions that make the biggest impact on the choice of solution, not building type. Expenses are another factor you need to pay some respect to. Below Table 1 shows approximate square meter prices collected from an accountant at AF Bygg Østfold and a salesman at Kynningsrud Prefab AS.

**Table 1 Expenses, cast-in-place vs. precast concrete**

	Cast-in-place concrete	Pre-cast concrete
Concrete cover	1250 NOK/m <sup>2</sup>	600 NOK/m <sup>2</sup>
Wall	1550 NOK/m <sup>2</sup>	1500 NOK/m <sup>2</sup>
Column	1500 NOK/m	3000 NOK/m

Table 1 show that a concrete cover is almost twice the price if it is casted on-site. A wall costs approximately the same, while a pre-cast column is twice as expensive as a cast-in-place column. The prices entails only the concrete work, finishing work is extras. It is rarely the material cost that determine the solution, it is more often the expense imposed by time. To make a thoughtful decision all cost must be revealed, and the construction time has to be long enough if cast-in-place concrete even is to be considered. Every project is specific and the choice of solution has to be made thereafter.

## Innhold

Forord .....	IV
Sammendrag .....	II
Summary .....	IV
Innhold .....	VI
1. Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
1.2 Mål .....	2
1.3 Disposisjon .....	2
1.4 Avgrensning .....	2
2. Metode.....	5
2.1 Anvendt metode .....	6
3. Samarbeidsbedrift.....	9
3.1 Nytt Østfoldsykehus .....	9
3.2 Sandesundveien barneskole.....	10
3.3 Omsorgsboliger, Råde .....	11
3.4 Kontorbygg med parkeringskjeller, Moss .....	12
4. Betong som materiale.....	15
4.1 Plasstøpt betong.....	20
4.1.1 Forskaling .....	21
4.1.2 Utstøping .....	23
4.1.3 Overflatebearbeiding .....	24
4.2 Prefabrikkert betong .....	24
4.2.1 Produksjon.....	26
4.2.2 Transport og montering .....	28
4.2.3 Elementer .....	30

4.3 Toleranser.....	31
4.4 Helse, miljø og sikkerhet i forbindelse med betongarbeider.....	33
4.5 Eksisterende kunnskap .....	37
5. Grunnlagsdata.....	39
6. Valget mellom prefabrikkert og plasstøpt betong .....	43
6.1 Forutsetninger for en reel valgmulighet .....	43
6.1.1 Byggherrens innvirkning .....	43
6.1.2 Tid .....	44
6.1.3 Plass.....	45
6.1.4 Tilpasningsdyktighet og fleksibilitet .....	47
6.1.5 Diverse aspekter av mindre avgjørende grad .....	48
6.2 Ressursbruk .....	49
6.2.1 Tid som ressurs.....	51
6.2.2 Kostnader .....	53
7. Eksempel: Nytt Østfoldsykehus .....	57
8. Oppsummering .....	67
8.1 Tid er penger .....	67
8.2 Kvalitet .....	68
8.3 Helse- miljø og sikkerhet .....	69
8.4 Resultat.....	69
8.5 Videre arbeid .....	70
Referanseliste .....	71
Vedlegg .....	73

## 1. Innledning

Betong er et svært hyppig brukt materiale i dagens byggenæring. Byggebransjen, i likhet med de fleste andre bransjer ønsker hele tiden å forbedre produktiviteten sin. Det er mange måter en kan bidra til denne forbedringsprosessen på. En måte er å optimalisere materialbruken. Denne oppgaven tar for seg hvilke forskjellige fordeler og ulemper som følger med prefabrikkerte betongelementer og plasstøpt betong. Oppgavene vil se på hovedaspektene som påvirker valget mellom de to nevnte mulighetene å bygge på, som tittelen *Plasstøpt vs. prefabrikkert betong – Valg av løsning.*, sier. Vinklingen er i hovedsak fra en entreprenørs ståsted, men med noe input fra prefableverandører, og oppgaven vil fremstå som et omfattende erfaringskriv.

### 1.1 Bakgrunn

Bakgrunnen for oppgaven er en kombinasjon av interessen for faget, den hyppige bruken av betong og etterspørsel fra bransjen. Betong er et spennende og allsidig materiale med en lang historie. Det er det mest brukte byggematerialet i verden (2). Materialet brukes i alt fra små eneboligprosjekter til store komplekse bygninger som skyskrapere. Betong brukes i tillegg mye i anleggsbransjen, blant annet i tunneler og bruer.

I dag er det stort fokus på effektivitet og produktivitet. Hvordan får vi mest mulig utbytte av pengene vi investerer? Byggebransjen kan tjene både tid og penger ved å ta riktige materialvalg i hver enkel situasjon.

Høsten 2013 jobbet jeg med et fordypningsprosjekt innenfor samme tema. Denne oppgaven tok for seg noen av aspektene som påvirker valget mellom prefabrikkert og plasstøpt betong, på et overfladisk nivå. Temaet ble ikke bearbeidet ferdig i fordypningsprosjektet og det går derfor mer i dybden på noen færre påvirkningsfaktorer i denne masteroppgaven. Fordypningsprosjektet vil gjennom hele oppgaven ligge til grunn for hva som skrives, og vil kun refereres til ved data hentet direkte fra oppgaven.

## 1.2 Mål

Målet med masteroppgaven er finne ut hvilken bygningsmetode som er den beste med gitte forutsetninger. Det er ikke meningen å komme fram til et fasitsvar som sier at plasstøpte konstruksjoner er bedre enn prefabrikkerte konstruksjoner, eller motsatt. Det er heller en målsetning å utarbeide et erfaringskriv. Dette kan bidra til å se sammenhengen mellom flere byggeprosjekter, og gjøre veien til et valg enklere og kortere, og dermed kostnadsbesparende.

## 1.3 Disposisjon

Masteroppgaven presenterer problemstillingen og samarbeidsorganisasjon med referanseprosjekter i innledningen. I metodedelen tar den for seg generelle forskningsmetoder som er aktuelle i forbindelse med et slikt arbeid, før de gjeldende metodene presenteres. Metodene har bidratt med informasjonsinnhenting og planlegging av arbeidet. I den påfølgende teoridelen introduseres grunnleggende teori om bygningsmaterialet betong, med hovedfokus på forskjellen mellom plasstøpt og prefabrikkert betong. Utførelsesmetode og bruksområdet er noe av det som dekkes.

Hoveddelen starter med å se på forutsetninger som eliminerer en av valgmulighetene. Videre tar den for seg problemstillingen med hovedfokus på tid og kostnad. Referanseprosjektene brukes som datagrunnlag, samtidig som de er med på å belyse de gitte forutsetninger som må være tilstede før et valg kan tas. Et av referanseprosjektene brukes i tillegg som et litt mer omfattende eksempel, da prosjektet innebærer både et plasstøpt bygg og et prefabrikkert bygg. Til slutt konkluderes det med funnene som er gjort.

## 1.4 Avgrensning

Valget mellom plasstøpt og prefabrikkert betong har svært mange påvirkningsfaktorer. Hver eneste faktor er så omfattende hvis man ønsker å gå i dybden, at den kan legge grunnlag for hver sin masteroppgave. I denne oppgaven er det derfor gjort en del avgrensninger. Problemstillingen sees kun i sammenheng med oppføring av nye bygninger. Byggfornyelsesprosjekter og anleggsprosjekter vil ikke dekkes av denne oppgaven, men man kan kanskje dra nytte av funnene som gjøres og overføre erfaringene som erverves til andre typer prosjekter i senere tid.

Som tidligere nevnt er tid og kostnad fokusområder. Miljøaspektet og energibruk er ikke tatt med. Det er heller ikke lagt vekt på drift og bruk av bygninger etter ferdigstillelse, men alt

dette bør hensyntas når valget mellom byggemetodene skal tas i virkeligheten. Denne oppgaven vil ikke være en beregningsoppgave og det vil i liten grad bli utført bygningstekniske undersøkelser. Kvantitativ informasjon vil være basert på ressursbruk.

Det er mange måter å plasstøpe bygninger på. Spesielle utførelser som glidestøp er det ikke fokusert på i denne oppgaven. Hybridløsningen plattendekker, en mellomting mellom plasstøpt betong og et prefabrikkert betongelement, er også utelatt fra sammenligningen.





## 2. Metode

Ved bevisst å ta i bruk enkelte metoder til arbeidet med en masteroppgave har man et godt planleggingsverktøy. Forskningsmetodene brukes til informasjonsinnhenting. Det er et verktøy som bidrar til å bestemme hva som skal hentes inn av data, når det må være på plass og hvordan det skal bearbeides.

Det finnes flere metoder som kan være nyttige å ta i bruk i forbindelse med dette masterarbeidet.

Eksempler på kvantitative analysemetoder aktuelle for denne oppgaven er:

- Kostnadsestimater
- Beregninger (3)

Eksempler på kvalitative analysemetoder aktuelle for denne oppgaven er:

- Datainnsamling/litteraturstudium
- Intervju
- Spørreundersøkelser
- Observasjonsstudier (4)

Alle metodene er ikke tatt i bruk. De anvendte metodene beskrives i kapittel 2.1. Metoder som ikke er tatt i bruk er blant annet beregninger. Her kunne det vært gjort bygningsfysiske beregninger eller lastberegninger for å sammenligne kvaliteten på et prefabrikkert betongelement og en plasstøpt vegg eller et dekke. En annen metode som er utelatt er spørreundersøkelse. Det er valgt å bruke et samtaleintervju med færre personer enn å sende ut en spørreundersøkelse til en større mengde personer. En spørreundersøkelse ville hatt flere konkrete spørsmål om temaet en det et samtaleintervju har, man kan da gå glipp av aspekter som kommer fram når samtalen går friere og ikke er så styrt som en spørreundersøkelse. Observasjonsstudier kan utføres på flere måter, i dette arbeidet er det valgt å se på case, samtidig som å gjøre feltobservasjoner. Det er ikke utfør målinger i stor grad i forbindelse med observasjonsstudiene.

## 2.1 Anvendt metode

Arbeidet med denne oppgaven bygger på arbeidet som ble lagt ned i et fordypningsprosjekt som ble utført høsten 2013 om samme tema. Litteratursøket som ble gjort til fordypningsprosjektet er brukt videre i denne masteroppgaven. Et litteratursøk er en systematisk gjennomgang av litteraturen rundt et spesielt tema. Den eksisterende teorien om emnet kartlegges, før man kritisk evaluerer kildene. Det er en kvalitativ analyse som beskriver litteraturen. Ved bruk av inklusjons- og eksklusjonskriterier avgrenser man utvalget av relevante kilder (5).

Til denne oppgaven ble søket konsentrert om betong generelt, og litt mer spesifikt om prefabrikkerte betongelementer og plasstøpt betong, hver for seg og sett i sammenheng. Målet var å samle inn informasjon til å skrive teoridelen til fordypningsprosjektet og masteroppgaven. Teoridelen skal dekke betong som bygningsmateriale, forskjellen mellom prefabrikkert og plasstøpt betong og fordeler og ulemper ved de forskjellige bæresystemene sett opp i mot økonomiske og produksjonstekniske aspekter.

Utover i arbeidet med masteroppgaven var det behov for mer kunnskap enn det som ble innhentet i litteratursøket. Gjennom intervjuer med relevante personer tilknyttet referanseprosjektene ble problemstillinger rundt oppgaven tatt opp og diskutert.

Intervju er en metode for informasjonsinnhenting som kan være både kvalitativ og kvantitativ. Et kvantitativt intervju er ofte i form av en spørreundersøkelse, der svarene er styrt og man kan sammenligne resultatene direkte. Et kvalitativt intervju gir større frihet og kan i følge Lotherington (6) deles inn i tre forskjellige typer intervjuer; det uformelle samtaleintervjuet, intervju-guide tilnærmingen og standardisert open-ended intervju.

Det uformelle samtaleintervjuet er gjerne ikke avtalt som et intervju på forhånd, noe som gjør at man ikke kan forberede spørsmål fordi man ikke vet hva som vil skje. En fordel med denne typen intervju er at man kan komme tett inn på intervjuobjektet. En bakdel er at det er vanskelig å systematisere resultatene fra intervjuet.

Intervju-guide tilnærmingen bruker på forhånd oppsatte spørsmål, men underveis i intervjuet har intervjueren mulighet til å komme med oppfølgingsspørsmål, og intervjuet kan foregå som en samtale.

Et standardisert open-ended intervju bruker nøye uttenkte spørsmål som stilles med lik ordlyd og på samme måte til alle intervjuobjekter. Dette er en god metode for systematisk innsamling av data, men reduserer fleksibiliteten til intervjuet, og man kan miste relevant data ved å ikke bruke oppfølgingsspørsmål (6).

Det uformelle samtaleintervjuet og intervju-guide tilnærmingen er de intervjumetodene som er brukt i forbindelse med dette fordypningsprosjektet. Målet med intervjuene var å få svar på konkrete spørsmål som gjaldt kostnad, tidsforbruk og lignende i forbindelse med referanseprosjektene. I tillegg var det ønskelig med en samtale om aspektene som påvirker valget av bæresystem. Det var alltid forberedt noen spørsmål eller et tema til hver samtale, slik at det skulle være noen faste rammer, men alle møter ble omtalt som samtaler og ikke intervjuer.

En casestudie har også bidratt til datagrunnlaget for denne masteroppgaven. En casestudie er en studie av en enhet, i dette tilfelle de forskjellige referanseprosjektene, og i hovedsak sykehusprosjektet. Metoden er en empirisk undersøkelse. En slik studie er god å bruke i en innledende fase der man utforsker enheten for å finne spesielle kjennetegn. Svakheter som er påpekt ved denne metoden er at det er vanskelig å trekke generelle slutninger basert på kun en enhet, eller i dette tilfelle et prosjekt (7). Flyvebjerg (8) mener denne svakheten er en misforståelse av casestudie som metode. Han bruker sin utgivelse *Five Misunderstandings About Case-Study Research* til å motbevise denne og fire andre misforståelser. Han mener en studie av en case er godt nok for å få et læringsutbytte. Det er allikevel brukt litt informasjon fra flere case i forbindelse med datainnsamlingen til masteroppgaven, for å studere de ulike forutsetningene til de forskjellige prosjektene.

Den siste metoden som ble benyttet i forbindelse med datainnsamlingen til dette fordypningsprosjektet var feltarbeid. Feltarbeid er arbeid med innsamling av data i et spesielt forskningsfelt. I dette tilfelle var ”felten” byggeplassen til referanseprosjektene og forskningsfeltet var betongkonstruksjoner (9).

De valgte metodene er benyttet for å komme frem til en best mulig måte å svare på oppgaven på. Litteratursøket ble gjort først for å få en oversikt over litteraturen som finnes på området. Litteraturen funnet her ble utgangspunktet for teoridelen av oppgaven. Egen arbeidserfaring

og tilegnet kunnskap fra studietiden ble brukt til å velge ut hvilke deler av fordypningsprosjektet det var størst nytte i å gå videre med og dypere inn i. Hoveddelen bygger på data om ressursbruk samlet inn fra referanseprosjektene, i tillegg til samtaler med relevante personer tilknyttet prosjektene, hos kalkulasjon og hos prefableverandøren.

### 3. Samarbeidsbedrift

Denne masteroppgaven utføres i samarbeid med AF Bygg Østfold, som er en av enhetene til AF Gruppen ASA som driver byggvirksomhet. AF Gruppen ASA er et børsnotert entreprenør- og industrikonsern. De er et av Norges største og driver med prosjektindustri over hele landet innenfor virksomhetsområdene eiendom, bygg, anlegg, offshore, miljø og energi.

På grunn av manglende teori innenfor emnet, har det vært relevant å benytte seg av et referanseprosjekt for å få tilgang til relevant informasjon gjennom intervjuer og feltarbeid. AF Bygg Østfold, heretter omtalt som AF, hadde et ønske om å bidra med erfaringer og data til undertegnede slik at et erfaringsdokument om gjeldende problemstilling kan utarbeides.

Det er benyttet fire forskjellige referanseprosjekter for å samle inn data til masteroppgaven, Nytt Østfoldsykehus som bygges på Kalnes i Sarpsborg, Sandesundveien Barneskole i Sarpsborg, omsorgsboliger i Råde og et kontorbygg med parkeringskjeller i Moss. Alle prosjektene utføres av AF Bygg Østfold og bruker Kynningsrud Prefab AS som leverandør av betongelementer.

#### 3.1 Nytt Østfoldsykehus

Sykehusprosjektet utføres som en hovedentreprise med Helse Sør-Øst RHF som byggherre. Helse Sør-Øst RHF har etablert en egen prosjektorganisasjon med ansvar for styringen av hele prosjektet, kalt Prosjekt nytt østfoldsykehus, videre referert til som PNØ. Prosjektet ble påbegynt høsten 2011 og skal stå ferdig i 2016. Sykehuset er delt inn i fire bygg som er tilknyttet hverandre via en hovedkulvert. Prosjektet er delt inn i servicebygg, sengebygg, behandlingsbygg og psykiatribygg. AF er kontrahert som hovedentreprenør og har følgende kontrakter:

- Grunn og fundamenter
- Råbygg, Behandling- og sengebygg
- Råbygg og tett hus, Servicebygg
- Råbygg og tett hus, Psykiatribygg
- Tett hus, Behandling- og sengebygg
- Bygningsmessig innredning, Sengebygg
- Dører, låser og beslag

Byggherren valgte å prosjektere alle vegger i sengebygget i plasstøpt betong, men det ble tidlig endret til at kun første etasje ble plasstøpt, mens resterende vegger ble utført med prefabrikkerte elementer eller glidestøp. Psykiatribygget ble utført på samme måte som sengebygget, mens behandlingsbygget ble bygd som en plasstøpt konstruksjon. Kynningsrud Prefab AS leverer både stålet og betongelementene til de delene av prosjektet som utføres som prefabrikkert betong. Figur 1 viser sykehuset slik det er tenkt ferdigstilt.



**Figur 1 Nytt østfoldsykehus (10)**

Sykehusprosjektet har en total kostnadsramme på ca. 5,5 milliarder NOK, mens AF sine kontrakter er ca. 1,1 milliarder NOK. Bygget er på totalt 85 000 kvadratmeter (11).

### **3.2 Sandesundveien barneskole**

Barneskolen utføres som en totalentreprise med Sarpsborg kommune som byggherre. Prosjektet gjelder skolebygg for 1.-7.klasse, gymsal, galleri og en administrasjonsdel. Byggetiden er fra høsten 2013 til juli 2015.

Bygget har plasstøpte fundamenter utført av egne fagarbeidere og prefabrikkert bæresystem levert av Kynningsrud Prefab AS. Budsjettet er på ca 150 MNOK og den totale bygningsmassen er omtrent 7 500 kvadratmeter (12). Planlagt utseende på den nye barneskolen vises i Figur 2 og Figur 3.



Figur 2 Nye Sandesundveien barneskole 1(13)



Figur 3 Nye Sandesundveien barneskole 2(13)

### 3.3 Omsorgsboliger, Råde

Prosjektet i Råde utføres som en totalentreprise. 24 omsorgsboliger skal bygges. Oppdragsgiver er Råde kommune. Prosjektet hadde oppstart høsten 2013 og skal ferdigstilles i løpet av august 2014. Budsjettet er på ca. 50 MNOK. Bygget er på totalt 2 400 m<sup>2</sup>.

Bygget har plasstøpt betongplate, mens resten av betongarbeidene er utført med prefabrikkerte elementer. Skillevegger, hulldekkeelementer, trappe- og heissjakter, trapper og

stål leveres av Kynningsrud Prefab. Resterende deler av bygget utføres som plassbygd tømmer, mens taket er et prefabrikkert lettakssystem (14). Figur 4 viser en skisse av hvordan boligene skal se ut.



Figur 4 Råde omsorgsboliger (15)

### 3.4 Kontorbygg med parkeringskjeller, Moss

Prosjektet i Moss er en totalentreprise på det byggtekniske arbeidet, samt at den inneholder koordinering av tekniske fag. Det bygges et kontorbygg for Statens Vegvesen Østfold, med to etasjer parkeringskjeller nederst. Byggetiden er fra november 2013 til desember 2014, og budsjettet er på ca. 50 MNOK. Bygget er på totalt 4 600 m<sup>2</sup> inkludert to etasjer med parkeringskjeller.

Bygget reises på en liten tomt midt i Moss sentrum og det er utført spunting med stålpunt i forkant av oppstarten med selve bygget for å forhindre veier og nabobygninger i å rase ned i byggegropa. Det er plasstøpt et betongfundament, mens resterende betongarbeider som vegger, dekker og søyler utføres i prefabrikkert stål og betong. Kynningsrud Prefab er leverandør (16). Byggets arkitektoniske fremstilling er vist i Figur 5 og Figur 6.





Figur 5 Nye kontorbygg i Moss sentrum (17)



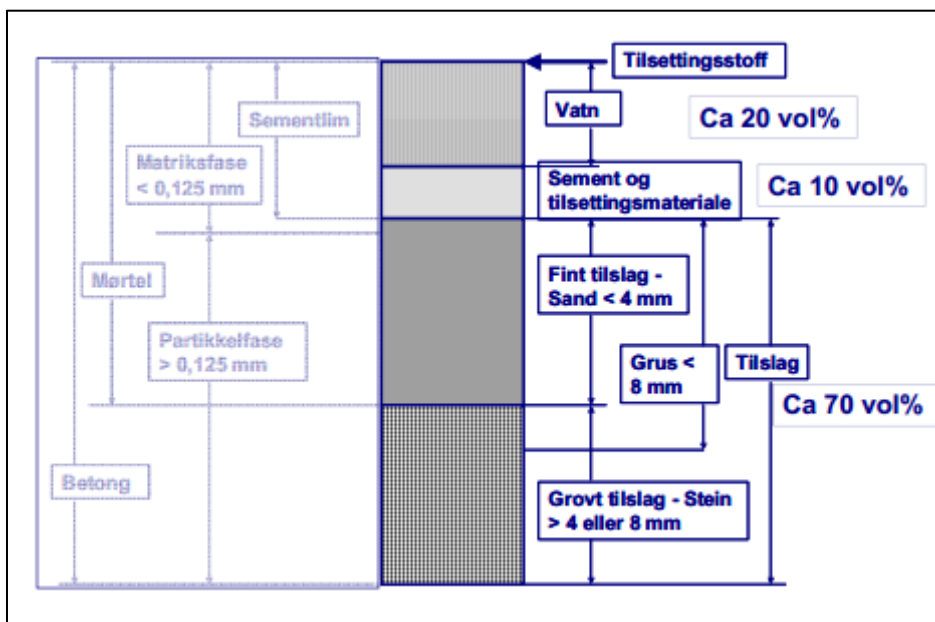
Figur 6 Statens vegvesen flytter inn i det nye kontorbygget i Moss sentrum(17)



#### 4. Betong som materiale

Det engelske ordet for betong *concrete* kommer fra det latinske ordet *concretus* som betyr blandet eller grodd sammen (18). Betong er et gammelt materiale som har eksistert i mange tusen år. Materialet har ikke alltid vært slik vi kjenner det i dag, men helt siden 20 000 år f.Kr. er det brukt kalkbaserte bindemiddel som bygningsmaterialer (19). Fabrikkblandet betong, en ferdigblanding av tilslag, bindemiddel og vann fra fabrikk ble innført av Robert Guthman, etter idé fra ingeniør Deacon, i 1875 (20). Ferdigblandet betong fra fabrikk er det vi i dag bruker til å plasstøpe betongkonstruksjoner. Det hevdes også at prefabrikkerte betongelementer ble tatt i bruk allerede i år 25 f.Kr. Det første kjente huset som ble bygget med prefabrikkerte enheter i moderne tid ble bygget i 1847.

Betong er det mest brukte bygningsmaterialet i verden (2). Materialet er meget allsidig, det har lang levetid, lave driftskostnader og stor fleksibilitet i forhold til styrke, geometri og utseende. Betong lages ved å blande sement, vann og grus. En kjemisk reaksjon mellom sementmineralene og vann oppstår, hydratisering, og den ferske betongen stivner og starter herdeprosessen. Figur 7 viser sammensetningen av betong og proporsjoneringsforhold.



Figur 7 Betongproporsjonering (21)

Det finnes mange måter å blande betong på. Bruksområdet bestemmer sammensetningen av fint tilslag, grovt tilslag, sement, tilsetningsstoffer og vann. Frostbestandighet, herdetemperatur, herdehastighet, bearbeidbarhet og en rekke andre egenskaper bestemmes av tilsetningsmaterialer og proporsjoneringen av betongen.

Definisjonen på et tilsetningsstoff for betong er i følge Europeisk Standard (22), fritt oversatt til norsk:

”Stoff tilsatt betongen i løpet av blandedprosessen, som utgjør maksimum 5 masse-% av sementinnholdet, og modifierer egenskapene til blandingen i fersk og/eller herdet tilstand.”

Kjemiske tilsetningsstoffer sees på som noe som skal gjøre god betong bedre. De brukes til å gi betongen bedre kvalitet når den er ferdig og skal fungerer konstruktivt, i tillegg brukes de til å forbedre produksjonsprosessen. Norge har vært en foregangsnaasjon når det gjelder bruk av kjemiske tilsetningsstoffer, mye på bakgrunn av behovet for nye løsninger i offshore-bransjen. I dag er forbruket av kjemiske tilsetningsstoffer relativt høyt i alle industrialiserte land, og brukes i opp i mot 100 % av betongen som produseres.

De forskjellige typene tilsetningsstoffer og deres egenskaper beskrives i Tabell 2.

**Tabell 2 Kjemiske tilsetningsstoffer (22)**

Klasse	Definisjon/beskrivelse av egenskaper	Effekt
Plastiserende tilsetningsstoffer (Vannreducerende)	Tilsetningsstoff som uten å forandre konsistensen, tillater reduksjon i vanninnhold, eller uten å påvirke vanninnholdet øker synkemålet, eller tilfører begge effektene samtidig.	Bearbeidbarheten til betongen kan forbedres, styrken kan økes og man kan produsere en billigere betong ved å redusere både vann- og sementinnholdet.
Superplastiserende tilsetningsstoffer (Ekstra vannreducerende)	Tilsetningsstoff som uten å forandre konsistensen, tillater en stor reduksjon i vanninnhold, eller uten å	Bearbeidbarheten til betongen kan forbedres, styrken kan økes og man kan produsere en billigere betong

	påvirke vanninnholdet øker synkemålet betraktelig, eller tilfører begge effektene.	ved å redusere både vann- og sementinnholdet.
Tilsetningsstoff for redusert vannutskillelse	Tilsetningsstoff som reduserer vanntapet ved å redusere blødning.	
Luftinnførende tilsetningsstoff	Tilsetningsstoff som tillater en kontrollert mengde med små, jevnt fordelte luftbobler å innlemmes under blandingen, som bevares etter herding.	Forbedrer frostresistansen, men reduserer trykkstyrken.
Størkningsakselererende tilsetningsstoff	Tilsetningsstoff som reduserer tiden det tar å iverksette blandingens transformasjon fra plastisk til hard tilstand.	Korte ned på størkningstiden som kan inkludere tidligere ferdigstillelse av overflater og reduksjon av hydraulisk trykk på forskalingsformer, i tillegg gir det mulighet til å sprøyte betong vertikalt.
Herdeakselererende tilsetningsstoff	Tilsetningsstoff som øker hastigheten på utviklingen av tidlig styrke, med eller uten å påvirke herdetiden.	Øke utviklingen av tidlig styrke, som gir mulighet til å fjerne forskaling tidligere, reduserer herdetid og periode med behov for beskyttelse og kan brukes konstruktivt tidligere. Tilsetningsstoffet kan og kompensere for effekten lav temperatur har på styrkeutviklingen.
Størkningsretarderende tilsetningsstoff	Tilsetningsstoff som utvider tiden det tar å iverksette blandingens transformasjon fra plastisk til hard tilstand.	Forsinker størkningstiden for å hindre for rask størkning ved høy temperatur (varmt vær), transport og plassering.

Vannresistent tilsetningsstoff	Tilsetningsstoff som reduserer kapillærabsorpsjonen i herdet betong.	
Kombinasjons-tilsetningsstoffer	Tilsetningsstoffer som kombinerer forskjellig effekter: -Størkningsretarderende /plastiserende tilsetningsstoff -Størkningretarderende /superplastiserende tilsetningsstoff -Størkningsaksellererende/ plastiserende tilsetningsstoff	

Det eksisterer flere tilsetningsstoffer utover de som er nevnt i Tabell 2. Det finnes egne standarder for tilsetningsstoffer til mørtel, fugemasse, sprøytebetong og fargepigmenter for sementbaserte bygningsmaterialer. I tillegg finnes ikke-klassifiserte tilsetningsstoffer som for eksempel:

- Tilsetningsstoff som forhindrer utvasking av undervannsbetong
- Antifrysende tilsetningsstoffer
- Krymreducerende tilsetningsstoffer
- Pumpebetongforbedrere
- Viskositetsmodifiserende stoffer
- Korrosjonshemmere

Tilsetningsstoffer som antifrysende tilsetningsstoffer, pumpebetongforbedrere og viskositetsmodifiserende midler brukes til å gjøre produksjon lettere. I Norge i dag produseres betongkonstruksjoner gjennom hele året, også når det er kaldt. Antifrysende tilsetningsstoffer tillater dette. Pumpebetongforbedrere gjør pumpbarheten til betong bedre. Denne er avhengig av mengden sementpasta, konsistens og stabilitet, hvor robust blandingen er mot separasjon. Viskositetsmodifiserende stoffer bidrar også til pumpbarheten, i tillegg til at de ivaretar flytegenskapene til selvkomprimerende betong og undervannsbetong som risikerer blødning eller segregering.

Krympreduserende tilsetningsstoffer benyttes for å forhindre utørking og forsinke eller forhindre oppsprekking av betongen. Korrosjonshemmere er utviklet med den hensikt å beskytte armeringsstålet i betongen mot korrosjon. Ideelt sett skal en slik hemmer stoppe korrosjon av armeringsstålet inne i betongen. Disse tilsetningsstoffene brukes for å heve kvaliteten og utseende på konstruksjonen.

Betong produseres slik at de tilfredsstiller forskjellige utførelsesklasser, konsekvensklasser, eksponeringsklasser, holdbarhetsklasser, herdeklasser og styrkeklasser etter krav fra prosjekterende. Klassifiseringene er standardisert i Norsk Standard. Standarden gir systematisk informasjon om tekniske løsninger. Standardene er ikke juridisk bindende, men er dokumenter som er omforent i bransjen. Den viktigste norske loven som dekker betongkonstruksjoner er Plan- og bygningsloven.

Betong er et materiale som i hovedsak tar trykkrefter. Lav strekkstyrke kompenseres for med armeringsstål. (23)

#### 4.1 **Plasstøpt betong**

Plasstøpt betong er det som kalles ”vanlig betong” og har som nevnt tidligere vært i bruk i mange tusen år. Plasstøpt betong støpes i forskalingsformer som vist i Figur 8 som bygges eller monteres på byggeplassen.



Figur 8 Veggforskaling. Foto: Tom-Erik Sørensen



Det finnes flere typer betong som brukes til å fylle forskalingsformer avhengig av bruksområde og tilgjengelighet. Selvkomprimerende betong (SKB) er betong som ikke trenger å komprimeres ved hjelp av vibratorer. SKB brukes mye på grunn av HMS-hensyn, da det krever mindre fysisk hardt arbeid. I tillegg blir ofte kvaliteten på slik betong bedre fordi man fjerner vibreringsgrad som variabel.

Lettbetong er en annen type betong som har en tetthet mellom 800-2000 kg/m<sup>3</sup>. Betongen har lettere tilslag enn ”vanlig” betong. Denne type betong brukes ofte til bru- og offshore konstruksjoner. Tung betong har tørr tetthet større en 2600 kg/m<sup>3</sup>. Denne typen betong brukes når det kreves beskyttelse mot radioaktiv stråling i kjernekraftverk, røntgenstråling på sykehus eller laboratorier og annen stråling. For å oppnå den høye tettheten brukes tungt tilslag eller tung sand.

#### **4.1.1 Forskaling**

Det er ikke kun betongtypen som påvirker kvaliteten på det ferdige arbeidet. Forskalingsarbeidet har stor innvirkning på konstruksjonens endelige utseende. Forskaling er en form som bestemmer geometrien til konstruksjonen, inkludert avstivende og bærende deler. Det som kalles form innebærer kun de delene som omslutter betongen. Huden er det som bestemmer betongens utseende, altså om det brukes finer eller bord i forskalingsformen. Det som tar opp lasten i formen kalles strø og strekkfisk.

Forskalingen er kun i bruk i en kort periode, men er svært avgjørende for resultatet. Dårlig utført forskalingsarbeid kan føre til konstruksjoner som ikke er innenfor toleransekravene til bygningen. Dette vil igjen føre til tap av tid og penger, da mye ekstraarbeid blir nødvendig. Forskaling som bryter sammen på grunn av dårlig utført arbeid gir de samme konsekvensene.

Det skilles mellom to hovedtyper forskaling; bærende forskaling og støttende forskaling. Bærende forskaling kalles også dekkeforskaling og skal motstå vekten av fersk betong, mens støttende forskaling skal motstå det hydrauliske trykket som oppstår på vertikale forskalingsformer, som for eksempel veggforskaling. Dekkeforskaling er vist i Figur 9.



**Figur 9 Bærende dekkeforskaling. Foto: Trond Segerblad**

Det skiller også mellom utførelsen av selve forskalingsformene. Forskaling bygges opp av huden som bestemmer strukturen i betongoverflaten. Forskjellige materialer brukes for å oppnå forskjellige utseender. Kryssfiner er mye brukt, da det gir en glatt og ren overflate. Ønsker man et utseende som for eksempel trestruktur kan bordkledning brukes. For at huden skal tåle de store belastningene betongen utsetter forskalingen for må den avstives. Et lektesystem sammensatt av strø og strekkfisker fører lasten videre fra huden. I tillegg trengs understøttelse og avstivning for å holde formen på plass.

Tradisjonell forskaling og systemforskaling er de to hovedmåtene å utføre forskaling på. I tradisjonell forskaling brukes ofte trevirke. 48 x 98 mm plank brukes til både strøet og strekkfiskene. Tradisjonell forskaling bygges opp til hvert enkelt, mens systemforskaling er forskalingselementer som brukes om og om igjen. Aluminiumsbejelker, laminerte tredragere eller gitterdragere i stål brukes til strøet og strekkfiskene i systemforskalingen.

Både tradisjonell forskaling og systemforskaling er i bruk i dag. Det finnes mange leverandører av systemforskaling på markedet, som både selger og leier ut systemer. I dag brukes det mye systemforskaling. På store forskalingsjobber er det effektivt og kostnadsbesparende. Det finnes systemer med store kassetter i standard dimensjoner, i tillegg til mindre tilpasningskassetter som gjør systemforskaling meget allsidig. Tradisjonell forskaling brukes mye der det må gjøres spesielle tilpasninger, for eksempel forskaling av fundamenter på ujevn grunn. En utfordring man kan stå ovenfor er forskaling av høye vegger. Her finnes det flere løsninger. Klatreforskaling er et alternativ når veggen blir høyere enn ti meter, som er den maksimale belastningen de sterkeste formene håndterer. Klatreforskalingen monteres på plattformer som er hengt opp på betongveggen. Denne type forskaling brukes eksempelvis på yttervegger når støpen foregår etasjevis i vanlige bygninger.

Et annet alternativ til utførelse av høye vegger, sjakter og lignende er glidestøp. Denne måten å utføre betongarbeid på gir konstruksjoner uten støpeskjøter. Det som kjennetegner en glidestøp er at arbeidet foregår kontinuerlig. Formen er kun 80-120 cm høy og flyttes oppover 20 cm av gangen, dette krever jevn og kontinuerlig tilgang på betong. (24)

Forskalingsarbeidet legger mye av grunnlaget for hvordan kvaliteten på den endelige betongkonstruksjonen blir, det påvirker også tidsforbruket og kostnadene til prosjektet.

#### **4.1.2 Utstøping**

Det er flere måter å fylle betong i former på, hvilken metode som brukes avhenger av størrelsen på støpen og tilgjengeligheten til forskalingsformen. I dag brukes både pumpebil og kran til plasseringen av betong. Pumping har fordeler som stor støpekapasitet, lite plassbehov og stor fleksibilitet med tanke på tilgjengelighet, men denne metoden stiller samtidig større krav til betongens sammensetning. Det er større risiko både med tanke på utstyr og behovet for kontinuerlig betongtilførsel. Pumping av betong vises i **Feil! Fant ikke referansekilden..**

Kran er mye i bruk til utstøping av betong på byggeplasser. Betongen fylles i en tobb, en stor beholder med luke, som løftes av kranen og heises dit det er behov for betongen. Det er stort sett alltid en kran tilgjengelig på byggeplasser i dag, slik at det blir lite behov for ekstra utstyr. Et negativ aspekt er at betongstøp opptar mye krantid, som, kan fordyre prosessen i forhold til for eksempel pumping av betong.

Transport av betong i trillebår var mer brukt før, men kan i enkelte tilfeller brukes der det er små utstøpinger eller ved glidestøp (25).

#### **4.1.3 Overflatebearbeiding**

En betongkonstruksjon bør ikke nødvendigvis være ferdigstilt etter riktig betongblanding er fylt i forskalingsformene, betongen er herdet og forskalingen er fjernet. Avhengig av hvilken del av konstruksjonen det er, skal det ofte etterbehandles på en eller annen måte. Norsk standard påpeker at krav til forskalte og frie overflater skal være gitt i produksjonsunderlaget.(26)

Støvbinding av betongoverflater er en metode for å hindre at sementstøv skal forurense inn klimaet. Maling kan for eksempel benyttes. Stålglatting og brettiskuring er to metoder for å oppnå jevn overflate på betonggulv og skjule skjøter. Metodene kan også benyttes når gulv skal støvbindes. Til slutt kan det i noen tilfeller kreves små reparasjoner på ferdig betong, dette kalles flikking. I slike tilfeller blandes ofte betongen på plassen og håndverkerne legger på betongen der det er nødvendig. Dette skjer uten forskaling, hvis det er snakk om små arbeider.

Plasstøpt betong er et allsidig materiale med mange bruksområdene. Materialet brukes i vanlige bygninger, innendørs- og utendørs bærekonstruksjoner, fundamenter, industri- og landbruksbygninger, idrettsanlegg, lagerbygninger, tunnelanlegg og i konstruksjoner i ferskvann som ikke fryser.

#### **4.2 Prefabrikkert betong**

Prefabrikkert betong er betongelementer produsert på fabrikk, som senere transporteres og monteres på byggeplass. Elementene støpes i former og armeres med armeringsstål i innendørs produksjonsanlegg. Betongelementer finnes i mange former og har mange bruksområder. Kommunalvarer som kummer og rør, belegningsprodukter, fasadeelementer og bygningselementer produseres i store kvantum i dag. Bygningselementer innebærer blant annet søyler, bjelker, veggelementer og hulldekker, det er dette det fokuseres på av prefabrikerte produkter i denne oppgaven. Figur 10 viser bilde av hulldekkeelementer.



**Figur 10 Hulldekker**

Betongelementproduksjonen startet på 50-tallet i Norge. Produksjonen har økt siden det, og i dag går ca. 15 % av sementforbruket i Norge med til prefabrikkerte elementer (25).

Prefabrikkerte betongelementer har også et bredt bruksområde. Betongelementer er velegnet til bruk i parkeringshus, kontorbygg, forretningslokaler og skoler, der det kreves lange spenn.

### 4.2.1 Produksjon

Prefabrikkerte elementer produseres industrielt på fabrikk. Fremstillingen av betongelementer foregår på forskjellige måter avhengig av hvor mange like elementer som skal lages. Skal det kun produseres et lite antall like elementer lages formene med de tradisjonelle forskalingsmaterialene tre og finer. Ved produksjon av større serier vil det lønne seg å lage stålformer. Slike stålformer er ofte regulerbare. Bjelker, dragere og søyler produseres i mange forskjellige dimensjoner. Regulerbar bunn i formene gjør at man kan tilpasse lengden vertikalt, mens sidekanter som kan reguleres horisontalt tilpasser bredden på elementene. Lengdereguleringer gjøres også ved å sette inn steng i formene. Det gjør at man kan produsere flere elementer samtidig i samme form, med endesteng i mellom.

Vegger, fasadeelementer, dekkeelementer, støttemurer og støyskjermer støpes i forskalingsformer utformet som en liggende stålramme med stål eller finerhud i bunnen. Utsparinger og lignende lages i spon, som er et billig materiale, fordi det produseres veldig få like veggelementer og forskalingen som brukes til utsparing stort sett kastes etter engangsbruk.

Før selve utstøpingen kan skje, kreves en del forberedelser. Skal det være utsparinger, må disse plasseres i formen. I tillegg til å lage utsparinger i spon benyttes også klosser av hard skumplast og noen ganger stål. I hulldekkeelementer borres det rørformede utsparinger i hele elementets lengderetning for å oppnå lavere vekt.

Videre må matriser med mønster festes på huden i formen, hvis det er krav til overflatestruktur. Disse matrisene utføres i et plast- eller gummimateriale og lages i flere mønster. En annen form for ønsket utseende kan være frilagt stein. Da brukes en retarder som bremser herdeprosessen til betongen. Når formene fjernes, spyles den uherdede betongen på overflaten bort, og steinen kommer fram i overflaten. Fargestoffer kan også brukes for å endre utseende på betongen. Jernoksider i betongen vil gi en rød farge, men koboltoksider gir blå. Hvordan overflaten kan se ut ved bruk av retardere vises i Figur 11.



**Figur 11** Forskjellig overfaltebehandling hos Kynningsruds elementfabrikk i Uddevalla.

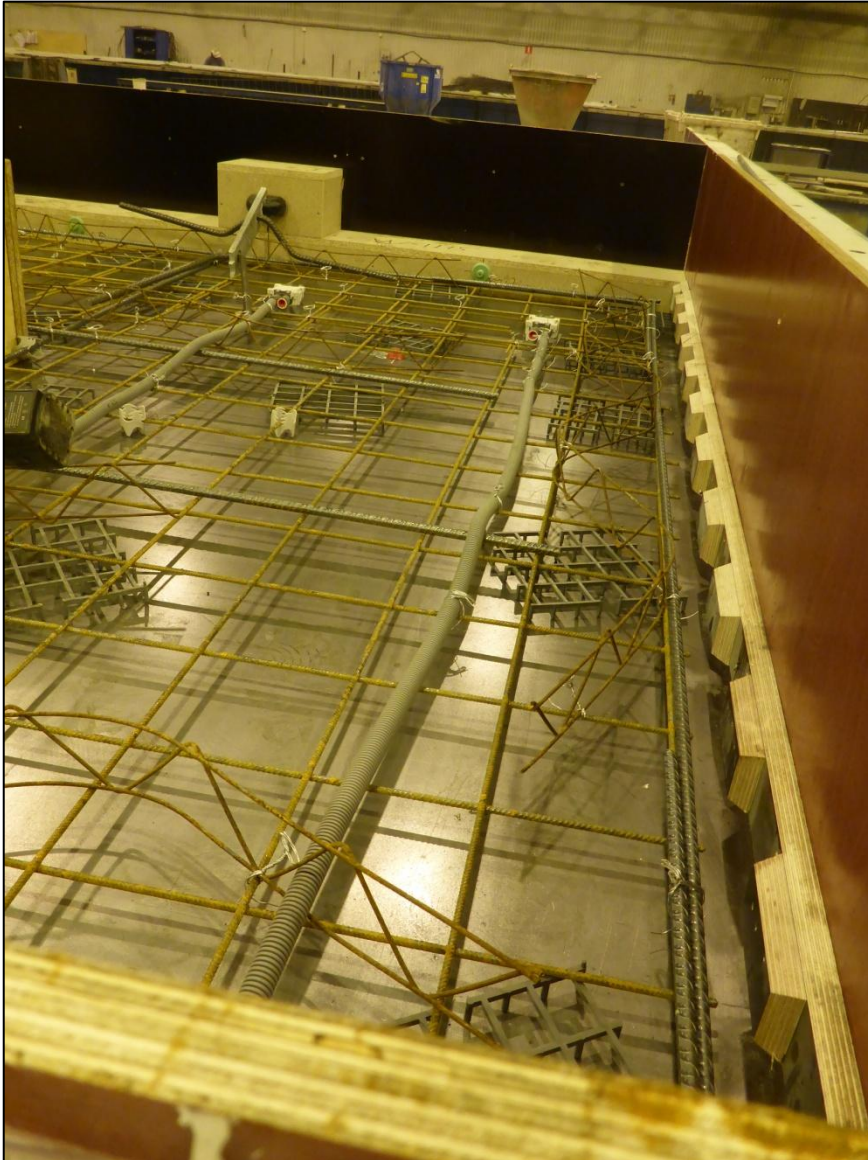
Den kanskje viktigste komponenten som må være tilstede før betongen helles i formene er armeringen. Betongelementer kan enten slakkarmeres eller spennarmeres. Slakkarmerte elementer armeres på tradisjonell måte ved at armeringsjernet bindes direkte i formen eller de bindes sammen på forhånd og heises opp i formen. Ved spennarmering av betongelementer brukes et spenntau som festes i gulvet eller i begge ender av formen. Tauet spennes opp med en spesialjekk. Hvor mye tauet spennes avgjøres av hvor stort spenn element har og hvor store belastninger det skal tåle.

Til slutt før betongen fyller formene settes eventuelt innstøpingsgods på plass. Dette kan være rørgjennomføringer, festebolter og dybler.

Betongen transporteres fra fabrikkens eget blandeverk, via et transportanlegg eller kran og tobb, til formene. Det finnes ofte innebygde vibratorer i formene som fordeler betongen jevnt utover. Etter herding blir overflaten bearbeidet. Brettskuring og stålglatting er vanlig på innvendige overflater. Avforming av elementene skjer ved at de løftes ut av formene enten liggende eller etter at de er vippet opp i vertikal stilling.

Spennarmerte elementer må avspennes etter herding. Dette gjøres ved gradvis, myk avspenning ved hjelp av hydraulikk, eller enkeltvis kapping eller nedbrenning. Alt arbeid med spennarmert betong krever stor forsiktighet på grunn av de store kreftene som frigjøres hvis spenntauet brister (24).

På Figur 12 er forberedelsene til støp av et veggelement avbildet. Her er det armert i formen i tillegg til at det legges inn k-rør for senere elektroarbeid. Å legge inn k-rør er ikke så vanlig fordi det krever høy nøyaktighet og det er fare for feil senere, men det lar seg gjøre å ha skjult anlegg også i prefabrikkerte veggelementer.



Figur 12 Støp av veggelement på Kynningsruds elementfabrikk i Uddevalla.

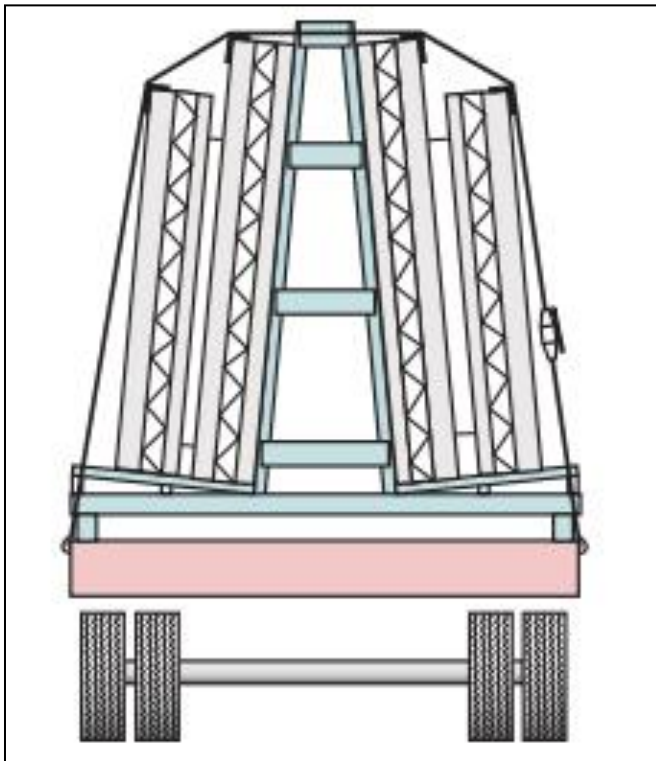
#### 4.2.2 Transport og montering

Den vanligste måten å transportere betongelementer fra fabrikk til byggeplass på er ved hjelp av lastebiler. Båt og jernbane brukes også der det er hensiktsmessig. Elementtransport kan ofte karakteriseres som spesialtransport, da mange elementer er store og udelbare. I alle tilfeller der transport med motorvogn med slepevogn eller påhengsvogn pågår må Statens vegvesen sine totalvektbestemmelser overholdes. Disse finnes i samme "Vegliste" som dispensasjonsbestemmelsene for spesialtransport.



Selve transporten av elementene må planlegges nøye. For å effektivisere montasjen på byggeplassen bør elementene som skal monteres først ligge øverst på lasset. I tillegg bør tyngdepunktet være så lavt som mulig for å sikre trygg transport, det vil si at de tyngste elementene bør lastes nederst. Dette kan komme i konflikt, da må kompromisser inngås.

Elementer som lagres og fraktes liggende må ligge helt i vater og strøene må være plassert rett ovenfor hverandre, innenfor et oppmerket område gitt av konstruktøren. En annen måte å frakte elementer på er stående, eller i såkalte A-rammer som vises i Figur 13. Riktig lastsikring med stropper og kjetting er med på å sikre en trygg transport, samtidig som det kan forhindre skader på lasten.



**Figur 13** Transport i A-ramme (27)

Når elementleveransen ankommer byggeplassen er det ideelt å løfte elementene rett fra lastebil og til endelig lokasjon i bygget. Minst mulig mellomlagring er ønskelig. Elementleverandører inkluderer ofte kran og transport i sin totalleveranse. Dette gir bedre forutsetninger for sikkert arbeid, da transportør og montør kjenner til hverandre og hvilke rutiner som må følges.

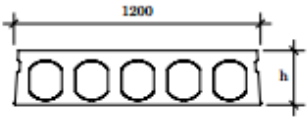
Montering skjer etter en nøye gjennomtenkt plan fra konstruktør. Alt av materiale og utstyr må være på plass før oppstart. Kranen må ha egnet løftekapasitet og stillaser skal være forskriftsmessig montert. Høyden og posisjonen til elementene skal være målt inn og markert, så løftes elementet på plass. Frakobling av kran skal ikke skje før elementet er innjustert og forsvarlig festet. Måten det løftes på avhenger av type element. Innfestingsmetoden kan være fotplate, limt innfesting eller hylsefundament.

Etter montasje fuges stort sett alle elementer. Fugenes oppgave er å ta opp bevegelser i konstruksjonen forårsaket av temperatur og svinn, utjevne målvariasjon, sikre regn- og vindtetting, dampetting, varmeisolasjon og lydisolasjon. Både fugemasse og tettelister benyttes. Enkelte elementer, som for eksempel hulldekker, krever påstøp for å oppnå horisontale gulv. Påstøpen kan være armert eller uarmert, avhengig om den skal være konstruktiv eller ikke (27).

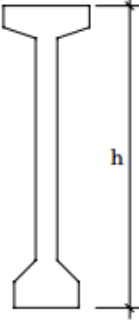
#### 4.2.3 Elementer

Betongelementer finnes i mange former og til mange forskjellige bruksområder. I hovedsak kan man dele betongelementer inn i to typer, betongvarer og bærende konstruksjonsdeler. Betongvarer er elementer som produseres i standarddimensjoner. Dette er i hovedsak lagervarer som for eksempel kommunalvarer, jernbanesviller, heller og takstein. Bærende konstruksjonsdeler skreddersys til hvert prosjekt, og er derfor bestillingsvare. De mest vanlige bærende betongelementene til tak og dekker er hulldekke, DT-elementer og plater. Andre bærende konstruksjonsdeler det produseres mye av er bjelker i forskjellige tverrsnitt og diverse andre betongelementer som søyler, dragere, trapper, fundamenter, støttemurer og kulverter (27).

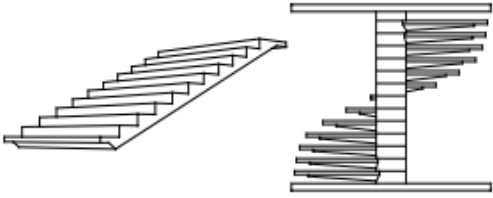
Figur 14 viser en skisse av et hulldekkeelement der høyden av elementet kan være fra 200 – 500 mm. Avhengig av høyden bærer HD-elementet fra  $2,5 \text{ kN/m}^2$  og kan ha et spenn på alt fra 10 – 21 meter. Figur 15 skisserer en I-bjelke der vanlig område for tverrsnittshøyde er fra 600 – 2000 mm og vanlig område for spennvidde er 10 – 30 meter.

Hulldekke		200	2,5	10
		265	3,6	12
		320	4,0	15
		400	5,0	17
		500	6,4	21

Figur 14 HD-element (27)

I-bjelke	IB		600–2000	10–30
----------	----	---	----------	-------

Figur 15 I-bjelke (27)

Trapper		Trapper finnes i standardløsninger hos endel produsenter. Rettløpstrapper og spiraltrapper. Trappene er ofte del av et system som også inkluderer reposer og sjaktelementer.
---------	---	--

Figur 16 Trapper (27)

Trappene som vist i Figur 16 er eksempler på to standardløsninger. Elementene som er omtalt og vist ovenfor er kun et lite utvalg av hva som eksisterer på markedet i dag.

### 4.3 Toleranser

En toleranse er der området en mengde, et mål, et areal eller lignende ligger innenfor. En toleranse er summen av det positive og det negative avviket. Avviket er forskjellen mellom den virkelige størrelsen og den størrelsen man optimalt ønsker.

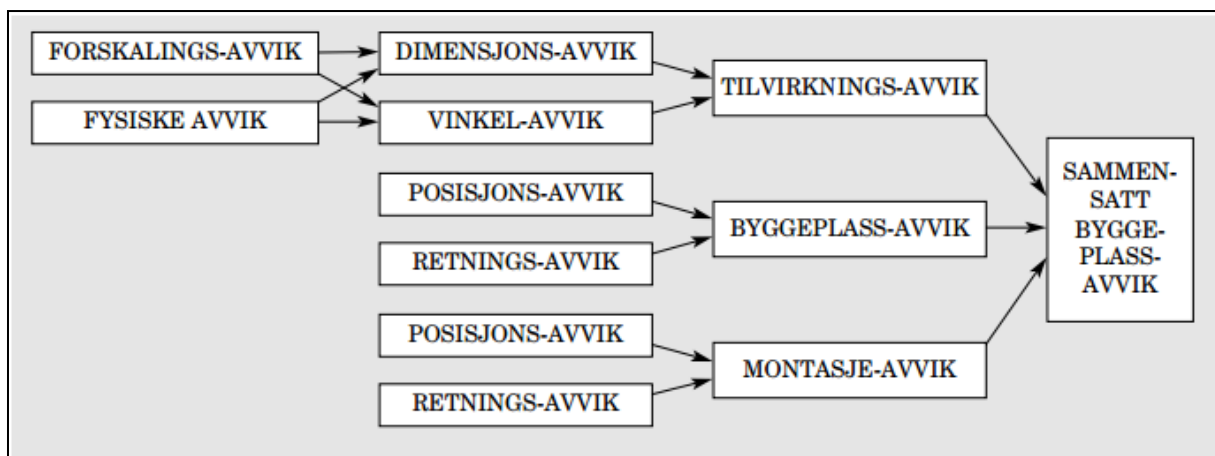
Geometriske toleranser er oppgitt i NS-EN 13670. Standarden viser de største tillatte avvikene for at konstruksjonens bæreevne, stabilitet, bruksegenskaper og montasjeforenlighet. Toleranseklasse 1 anses som normale toleranser. Disse oppfyller prosjekteringsforutsetningene gitt i NS-EN 1992 (Prosjektering av betongkonstruksjoner). Toleranseklasse 2 er ment å bruke sammen med reduserte materialfaktorene oppgitt i NS-EN

1992. Når klasse to brukes må det dokumenteres at antakelsene gjort i prosjekteringen er i samsvar med den endelige utførte konstruksjonen. En sammensatt byggtoleranse betyr at alle deler av konstruksjonen skal være innenfor den spesifiserte posisjonen med en gitt margin. NS-EN 13670 har satt en anbefalt verdi på  $\pm 20$  mm på denne marginen (28).

Tabell over toleranser hentet fra Betongelementboken (27).

Toleransene oppgitt i NS-EN 13670 gjelder for alle betongkonstruksjoner, inkludert betongelementkonstruksjoner. Betongelementforeningen har allikevel beskrevet egne tilvirkningstoleranser for prefabrikkerte betongelementer og toleranser for det sammensatte byggeplassavviket til elementkonstruksjoner

Figur 17 viser de forskjellige avvikene som kan oppstå i en betongelementkonstruksjon, som summert blir det sammensatte byggeplassavviket.



Figur 17 Byggeplassavvik (27)

Betongelementforeningen bruker to klasser. Normal refererer til standardens toleranseklasse 1, mens spesial er relatert til klasse 2 (27).

Toleranseproblematikken er komplisert. Skjønn må brukes i mange tilfeller da det er vanskelig å forutse alle mulige avvik som kan oppstå. Er avvikene så små at de ikke påvirker kvaliteten bør de neglisjeres, samtidig er det viktig å måle avvik under hele byggeprosessen for å ha mulighet til å rette opp de av betydning.

#### **4.4 Helse, miljø og sikkerhet i forbindelse med betongarbeider**

Byggebransjen er en av de største næringene i Norge. Det vil si at mange mennesker er involvert i prosjekter daglig. Helse, miljø og sikkerhet (HMS) er et viktig fokus i bransjen, og arbeidsmiljøloven bidrar til å sikre både arbeidstakers og arbeidsgivers rettigheter og plikter. Denne loven tar for seg arbeidsmiljø, arbeidstid, stillingsvern og lignende, og gjelder aller bransjer. Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheten, som på kortform kalles Internkontrollforskriften gjelder for virksomheter som omfattes av arbeidsmiljøloven. Formålet til forskriften er å fremme forbedringsarbeid i virksomheten innen arbeidsmiljø og sikkerhet, forebygging av helseskade og miljøforstyrrelser fra produkter eller tjenester, vern av ytre miljø mot forurensing og bedre avfallshåndtering (29).

I byggebransjen har ofte hver enkelt bedrift sitt eget HMS-reglement som gjelder sikkerhet og rutiner på byggeplass, i tillegg til ansattes helse og det ytre miljø gjennom avfallshåndtering og miljøvennlige produkter. SHA er et nyere begrep som er innført, og står for sikkerhet, helse og arbeidsmiljø. Her er sikkerheten førsteprioritet og ytre miljø er ikke tatt med. Denne oppgaven velger å fokusere på HMS-begrepet. Forskrift om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygg- og anleggsplasser er for å sikre at HMS blir ivaretatt i prosjekteringen og fulgt opp i utførelsesfasen. Denne forskriften kalles også Byggherreforskriften og er minimumskravene som gjelder på en bygg- og anleggsplass (30).

Det er en del generelle HMS-regler som skal følges på byggeplasser. Byggherreforskriften krever at arbeid skal planlegges og dokumenteres godt, blant annet ved hjelp av en HMS-plan (31). I tillegg til det som er fastsatt av lover og forskrifter krever byggherren at entreprenørene skal følge deres reglement, i tillegg til at entreprenørene ofte har egne HMS-regler de jobber etter.

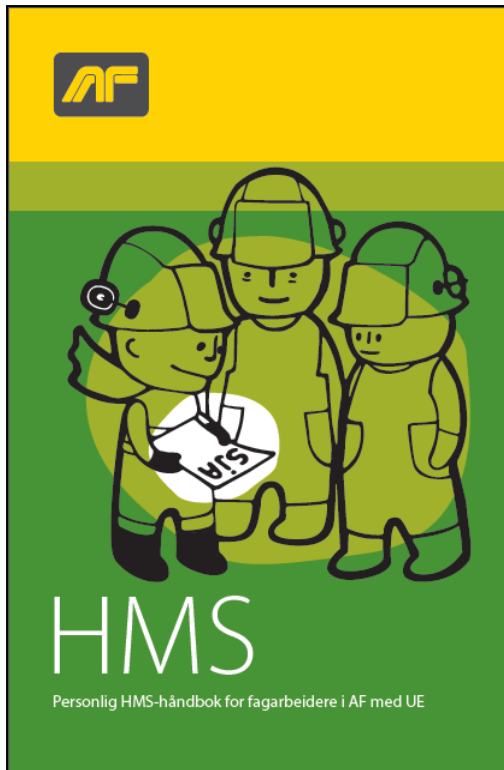
Generelle regler som krav til personlig verneutstyr, Sikker Jobb Analyser og rapportering om uønskede hendelser. Videre følger en oppsummering av entreprenøren AF Gruppens HMS-håndbok, som er foreligger internt hos AF Gruppen;

HMS-grunnlaget til AF er at de har som mål at alle skal komme like hele hjem etter endt arbeidsdag. På bakgrunn av det er det listet opp en rekke punkter som bidrar til å nå dette målet.

- Sikker Jobb Analyse (SJA): Hva kan gå galt? Hvordan kan vi unngå at det går galt? Definer ansvar for tiltak som hindrer at det går galt?
- Barrierer: Alle kritiske arbeidsoperasjoner skal hindres av minimum to uavhengige barrierer. Hvis den ene barrieren svikter, skal den andre likevel hindre en ulykke.
- Rapportering av uønskede hendelser (RUH): Alle ulykker, nestenulykker og farlige forhold skal rapporteres og behandles slik at vi kan lære av våre feil.
  
- Personlig verneutstyr:
  - o Arbeidstøy skal minimum bestå av arbeidsbukse og t-trøye og skal tilfredsstillende krav til synlighet.
  - o Vernefottøy og hjelm er påbudt for all ferdsel på byggeplass.
  - o Øyevern, hørselsvern, hansker og åndedrettsvern skal være tilgjengelig og brukes i situasjoner hvor det er nødvendig.
  - o Ved arbeid under jord skal arbeidstaker være utstyrt med hodelykt.
  - o Ved arbeid i høyden er fallsikringsutstyr påkrevd.
  - o Oppblåsbar redningsvest skal benyttes ved arbeid over eller nært åpent vann.
  - o Beinvern skal benyttes ved bruk av motorkjedesag.
  
- Avsperring og skilting: Arbeid i høyden, bruk av personløfter, bruk av radioaktive kilder, rivningsområde og arbeid med PCB, asbest og andre farlige kjemikalier krever avsperrede områder. Utover dette avgjøres det i en SJA om området påsperrer av eller merkes.
- Belysning: Alle innvendige gangsoner og mørklagte rom skal være belyst. Tilstrekkelig belysning er viktig for å unngå ulykker.
- Orden og renhold: God orden bidrar til å forhindre ulykker, skader og brann, og gir en trivelig, sikker og effektiv arbeidsplass.
- Røyking: Ikke tillatt i brakker eller lukkede bygg.
- Sanksjoner: Påtale på stedet, muntlig advarsel, skriftlig advarsel eller avskjed.

Videre i HMS-håndboken til AF står det om sikkerhet i forbindelse med arbeid i høyden, stillaser, arbeid i eller nær grøfter og arbeid som benytter seg av kraner og løfteutstyr, og maskiner og annet utstyr. Boken tar og for seg risiko med elektriske arbeidere, varmt arbeid og fjellsprenging.

Helse og ytre miljø utgjør og en del av håndboken. Helsekapitelet tar for seg behandling av helseskadelige stoffer, støy på arbeidsplassen og løfting og bæring av utstyr og materialer. Miljøarbeidet har blant annet fokus på avfall og gjenbruk, utslipp, støy og støv.



**Figur 18 AF Gruppens HMS håndbok**

HMS- arbeid i forbindelse med betongarbeider er like viktig som ved alle andre arbeider, og krav til personlig verneutstyr, SJA, barrierer og andre punkter må følges på lik linje som for andre arbeider. Det er likevel spesielle hensyn å ta ved forskjellige arbeidsoppgaver. Plasstøping av betong er en fysisk krevende jobb, derfor en løfte- og bæreteknikk viktig. Kontakt med sement kan gi skader på huden, derfor er bruk av hansker nødvendig. Tenker man på miljøet, kreves det mer betong ved plasstøping av konstruksjoner, det gjør at det er store utslipp ved produksjon av betong. Det er også utslipp i forbindelse med transport av betongen. Det genereres en del avfall på plassen ved plasstøping av betong. Både betong- og armeringsrester, og forskalingsformer.

Ser vi på HMS i forbindelse med prefabrikkert betong er det andre fokusområder å ta hensyn til. Ved bygging med betongelementer er det mindre løfting og bæring, slik at den fysiske slitasjen på arbeiderne blir mindre. I stedet dukker det opp andre farer som å bli klemt mellom eller under elementer som flyttes med kran eller velter før de er fastmontert. Bygging med

prefabrikkerte elementer er positiv med tanke på miljøperspektivet. Når elementene produseres i former på fabrikk, brukes mye mindre betong enn ved plasstøping, det vil si at det produseres mindre betong og vi får mindre forurensende utslipp, men det vil også her være transportutslipp. Prefabrikkert betong generer lite avfall på plassen (32).

Kynningsrud Prefab AS, en stor leverandør av prefabrikkerte elementer, har egne regler for HMS, både i fabrikk og på byggeplass. Under følger en kort oppsummering av deres interne reglement.

Kynningsrud har opprettet et dokument for hver prosedyre i forbindelse med elementproduksjon. Dette sammensatt utgjør HMS-rutinene til elementfabrikken. Hvert dokument omfatter formålet med HMS-rutinen, hvem den omfatter, hvem som er ansvarlig, beskrivelse av prosedyren og risikofylte momenter. Et eksempel på en prosedyre kan være bruk av sag.

I tillegg har Kynningsrud Prefab AS en personlig sikkerhåndbok, noe tilsvarende AF Gruppen. Deres overordnede mål er et skadefritt Kynningsrud.

Generelt for arbeid med betongelementer er mye kranbruk og arbeid i høyden. Fallsikringsutstyr som fallsikringssele, fangline, fallblokk, sikringstau og støttestropp er mye brukt utstyr under montasje av elementer. Et annet utropstegn ved HMS på byggeplass i forbindelse med prefabrikkerte bygninger, er lagring av elementer. Som nevnt tidligere kan det gjøre stor skade på person og materiell hvis elementer velter.

På byggeplass er det alltid viktig å ha HMS i fokus. Først og fremst for at alle skal kunne gå like hele hjem fra jobb, men også fordi gode rutiner på sikkerhet rundt arbeidsoperasjoner kan effektivisere byggeplassen, øke trivselen og minimere miljøpåvirkningene.



#### 4.5 Eksisterende kunnskap

Det finnes mye litteratur om betongteknologi, læren om materialet betong. Materialkunnskapen er både bred og kjent, og dette er lett tilgjengelig litteratur. Utfører man et søk på Google Scholar på betong oppnår man 12 500 treff. Lærebøker og annen faglitteratur om prefabrikkert betong og plasstøpt betong finnes det tilstrekkelig av. Ved NTNU brukes blant annet Svein I. Sørensen bok *Betongkonstruksjoner: beregning og dimensjonering etter Eurocode 2* (23). Betongelementforeningen sitter blant annet på mye kunnskap om elementer, og har publisert en bok med flere bind som dekker mange av aspektene ved denne måten å bygge på (27).

Informasjon om plasstøpt betong og prefabrikkert betong sett opp i mot hverandre kan man finne i enkelte masteroppgaver og casestudier, men alt dette er svært spesifikk litteratur om en spesiell type konstruksjon eller et spesielt prosjekt. Generell litteratur om bruk av plasstøpt betong sammenlignet med prefabrikkert betong eksisterer det svært lite av. Det finnes mye erfaringsbasert kunnskap om denne problemstillingen, men dette er ikke systematisert og nedskrevet.

Bransjefolk, både entreprenører, prefableverandører og byggherrer sitter med mye kunnskap og formeninger om hvilke valg som bør tas når det kommer til om man skal bruke prefabrikkerte elementbygg eller om man skal plasstøpe bygninger. Neste del av oppgaven vil benytte denne bransjekunnskapen til å sammenligne prosjekter og prøve å vise hva som må ligge til grunn for at et gjennomtenkt og godt valg kan tas.



## 5. Grunnlagsdata

I dette kapitlet presenteres dataene som er samlet inn i løpet av arbeidet med denne masteroppgaven. Dataene er hentet inn fra personlig kommunikasjon med ansatte i entreprenørbedriften AF Bygg Østfold og prefableverandøren Kynningsrud Prefab AS.

**Tabell 3 Fordeler og ulemper ved prefab (12, 14, 16, 33-37)**

Prefabrikkert betong	
Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tid på plass</li> <li>- Mulighet for lange spenn</li> <li>- Færre grensesnitt for entreprenør</li> <li>- Innendørs produksjon gir gode og billige produkter</li> <li>- Mulig å optimalisere prosjekteringen i stor grad</li> <li>- Markedsavhengig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Få muligheter til justering underveis</li> <li>- Prosjektering må starte tidlig (må være ferdig før produksjon starter)</li> <li>- Betongfaget kan forsvinne (jernbindere, forskalingssekkere)</li> <li>- Utfordring å ta gjennomføringer pga wire i for eksempel hulldekker</li> <li>- Problemer med sammenføyninger/skjøter (vanninntrengning)</li> <li>- Kuldebroproblematikk</li> <li>- Stor konsekvenser ved uhell/HMS-brudd</li> <li>- Kan være behov for ekstra konstruktiv påstøp</li> <li>- Markedsavhengig</li> </ul>

Tabell 3 Tabell 4 belyser fordeler og ulemper ved henholdsvis prefabrikkert og plasstøpt betong. Informasjonen er basert på samtale med bransjefolk og deres erfaringer fra prosjekter.

**Tabell 4 Fordeler og ulemper plasstøpt (12, 14, 16, 33-37)**

Plasstøpt betong	
Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mulighet til å justere underveis</li> <li>- Kan sette i gang produksjon før prosjektering er ferdig</li> <li>- Tilpasningsdyktig, lang levetid</li> <li>- Lettere å produserte skjulte løsninger</li> <li>- Stabile bygg</li> <li>- Færre skjøter, mindre kuldebroproblematikk</li> <li>- Vanntett</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lang byggetid på plass</li> <li>- Krever mye lagringsplass</li> <li>- Krever ofte byggeplasskran</li> <li>- Tørketid/Herdetid</li> <li>- Værforbehold</li> <li>- Kan kreve oppvarming eller tildekning</li> <li>- Krever mye bemanning</li> <li>- Ofte overdimensjonert</li> </ul>

Kostnaden av et prosjekt er en vesentlig faktor for alle involverte. Kostnader på betongarbeider er prosjektspesifikk, men under listes det opp hvilke kostnader kalkulasjonsavdelingen i AF tar utgangspunkt i når det skal leveres et tilbud på en plasstøpt konstruksjon.

- **Dekke:**  
Forskaling: 600 kr/m<sup>2</sup>  
Armering: 250 kr/m<sup>2</sup>  
Betong: 400 kr/m<sup>2</sup>  
Tot. 1250 kr/m<sup>2</sup>
- **Vegger:**  
To-sidig forskaling: 900 kr/m<sup>2</sup>  
Armering: 300 kr/m<sup>2</sup>  
Betong: 350 kr/m<sup>2</sup>  
Tot. 1550 kr/m<sup>2</sup>
- **Søyler:**  
1500 kr/m (prefab ca dobbelt så dyrt)
- **Bjelker:**  
Varierende priser, men ikke så stor forskjell mellom plasstøpt og prefab. Mulighet for integrert bjelke i plasstøpt dekke (33).

Selger hos Kynningsrud Prefab AS opplyste om at kvadratmeterprisen for et prefabrikkert bygg kunne variere fra 1 500- 2 500 kr per kvadratmeter. I tillegg er prisestimatet på en massiv vegg som kan tilsvare en plasstøpt vegg 1 500 kr per kvadratmeter eksklusiv mva. Prisene er også prosjektspesifikke når det kommer til betongelementer, og en massiv vegg varierer i snitt med  $\pm 150$  kr. Et hulldekkeelement med tykkelse på 265 mm har tilsvarende funksjon som et plasstøpt dekke og koster ca 600 kr per kvadratmeter (37).

Denne informasjonen ligger til grunn for hva som blir utdypet og drøftet i neste kapittel.



## **6. Valget mellom prefabrikkert og plasstøpt betong**

Plasstøpt betong og prefabrikkert betong gir forskjellige muligheter og begrensninger. Tidligere i oppgaven har de to byggematerialene blitt presentert objektivt. Nå vil forutsetninger som må være tilstede for at byggemetodene kan benyttes bli diskutert og ressursbruken bak de to alternativene vil bli studert. Studiene tar utgangspunkt i referanseprosjektene introdusert tidligere i oppgaven, og den etterfølgende delen av oppgaven er basert på egne erfaringer fra arbeidslivet og egen kompetanse som er opparbeidet i løpet av studiet på NTNU, men i størst grad kompetansen og erfaringene de ansatte i prosjektene sitter inne med. Datainnsamlingen ble gjort i mars 2014. I vedlegg 1 finnes en oversikt over personer som har bidratt til denne oppgaven, samt tidspunkt for datainnsamling. Det er også disse samtalene som ligger til grunn for det påfølgende eksempelet i kapittel 5, intervjunotater finnes i de resterende vedleggene.

### **6.1 Forutsetninger for en reel valgmulighet**

Det finnes mange påvirkningsfaktorer som virker inn på valget mellom en prefabrikkert løsning og en plasstøpt konstruksjon. Enkelte faktorer kan gjøre det ene eller andre vanskelig eller til og med helt uaktuelt. Under belyses de faktorene som ved alle prosjekt vil utelukke det ene eller andre alternativet, i tillegg nevnes diverse aspekter som ofte ikke er avgjørende for valget, men som en bør være klar over.

#### **6.1.1 Byggherrens innvirkning**

En og samme forutsetning som kan utelukke begge alternativene i forskjellige prosjekter er kontrakten. Entreprenøren kan forhindres av kontrakten med byggherren til å velge løsning fritt. Her avhenger ofte muligheten til valgfrihet av entrepriseform og samarbeidet mellom byggherre og entreprenør.

Entrepriseformen til et prosjekt setter rammebetingelsene for valgfriheten i prosjektet, og er med på å bestemme når beslutningen om valg mellom forskjellige bæresystemer tas. De aktuelle entrepriseformene er delentreprise, hovedentreprise, generalentreprise og totalentreprise. I delentrepriser, hovedentrepriser og generalentrepriser sitter byggherren med prosjekteringsansvaret (38). Det vil si at valg av bæresystem skjer tidlig, og kanskje også før en utførende entreprenør er kontrahert. Selskaper som produserer prefabrikkerte elementer har per dags dato mer kompetanse på prosjektering av slike konstruksjoner enn konsulenter, det er

derfor ønskelig med tidlig involvering av betongelementleverandører hvis det alternativet blir valgt. Ved å komme med tilpassede løsninger allerede i prosjekteringsfasen kan betongelementleverandøren spare byggherren for både tid og kostnader. Ved en delentreprise kan en betongelementleveranse separeres ut som en egen kontrakt. Dette kan medføre at kvaliteten på det prosjekterte elementsystemet blir bedre fordi det prosjekteres av eksperter på området. I en hovedentreprise er bæresystemet en del av den bygningsmessige kontrakten, og inngår allerede i anbudsgrunnlaget. Å velge betongelementer i en hovedentreprise eller generalentreprise krever spesialkompetanse hos prosjekteringsgruppen til byggherren.

I en totalentreprise kontraherer byggherren en totalentreprenør som har prosjekteringsansvaret. Valget mellom bæresystemer gjøres av entreprenøren selv. Det er muligheter for å involvere betongelementleverandøren tidlig, og gjøre gode vurderinger allerede tidlig i prosjekteringen. Det er kun i en totalentreprise de utførende har total frihet til å velge mellom prefabrikkerte og plasstøpte betongløsninger selv. I andre entrepriseformer ligger valget hos byggherren, men den kontraherte entreprenøren kan i enkelte tilfeller gjøre en endring i anbudsgrunnlaget og velge en annen løsning. En fleksibel byggherre har ofte satt av tid til en samhandlingsfase, hvor entreprenøren tillates å komme med forslag til endringer.

Entrepriseformen er med på å bestemme om man har et valg i forhold til det å velge prefabrikkert betong eller plasstøpt betong. En tidlig beslutning om prefabrikkert betong kan være avgjørende for gjennomføringsevnen til prosjektet, da det er lengre leveringstid på elementer enn fersk betong (27).

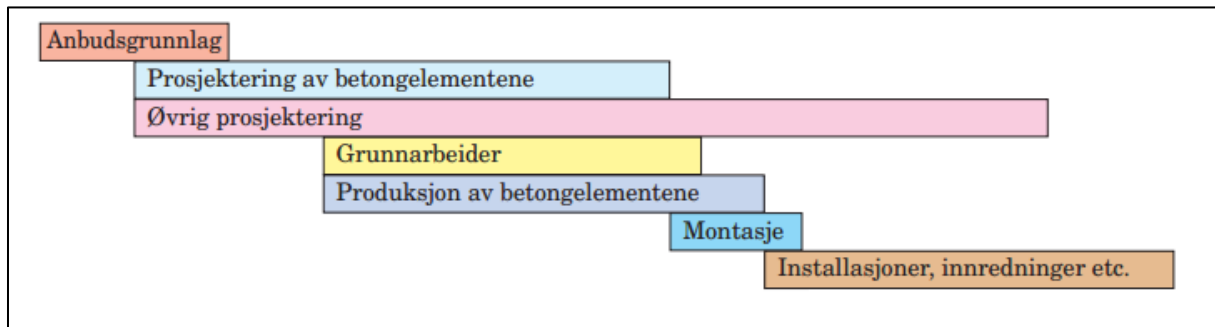
### **6.1.2 Tid**

En av de mest nevnte forutsetningene som eliminerer plasstøpt betong er tid. Lønninger og lånerenter har steget raskere enn materialkostnader i perioden fra andre verdenskrig og frem til i dag. Det er derfor stort fokus på kort byggetid fra byggherren sin side (39). Utførende entreprenører og prefableverandører ser i likehet med byggherren at betongelementer er den eneste løsningen når tiden er knapp.

Begge byggemetodene krever tid, men timeverkene brukes i forskjellige deler av prosessen. Prefabrikkerte konstruksjoner har kortere byggetid på plassen. Elementene transporteres ferdigprodusert til byggeplassen og monteres der. Montasjetiden er kortere enn tiden som går med til å forskale, armere og støpe med fersk betong. Ved bruk av prefabrikkerte elementer



blir større deler av tiden brukt i prosjekteringen og i produksjon på fabrikk. Prosjekteringen må være fullstendig før oppstart av arbeid på plassen. Tidsbruken vises i Figur 19.



**Figur 19 Tidslinje, prefabrikkert betong (27)**

Tiden som går med til en plasstøpt konstruksjon, brukes stort sett kun på byggeplassen. Støpeprosessen har flere etapper; forskaling, armering, støping, herding og fjerning av forskaling. Prosjektering av plasstøpt betong går som regel parallelt med produksjonen. Etterfølgende arbeider forsinkes også av plasstøpt betong. Betongen må herde etter støping og blir derfor utilgjengelig for videre arbeid i en periode (12).

Det er kort tid på byggeplass man primært ønsker seg i dag, derfor utelukkes løsninger der mye eller alt av betong støpes på plass.

### 6.1.3 Plass

En annen forutsetning som ofte nevnes som årsak til at plasstøpte konstruksjoner velges bort er plass. Det gjelder plass i forbindelse med lagring, tilkomst eller kranbruk. Prosjekter med stor bruk av plasstøpt betong krever større lagringsplass enn der det brukes prefabrikkerte elementer. Prefabrikkerte elementer ankommer byggeplass stort sett etter "Just in time" prinsippet. Elementene transporteres inn og monteres direkte fra lastebilene, slik at behovet for mellomagring blir minimalt. Eventuelt behov for mellomagring står i tillegg ofte fabrikk for (34).

Plasstøpte konstruksjoner krever store mengder forskaling og armering. Dette øker behovet for plass. Det brukes mye systemforskaling på byggeplasser i dag. Det er ofte store systemer som krever stor lagringsplass. Armeringsjern trenger også lagringsplass, i tillegg til riggplass for binding av armering. Lagringsplass er et aspekt som kan utelukke plasstøpt betong. Et annet aspekt som også dreier seg om plass er tilkomstmulighetene til selve byggeprosa. Det er ofte behov for en tårnkran i forbindelse med plasstøping av konstruksjoner. Prefabrikkerte

elementer monteres gjerne med mobilkraner. Muligheten til å sette opp en tårnkran som har stor nok rekkevidde må vurderes, det må også muligheten til å kjøre inn mobilkran der det er behov for det. Ofte er det ikke de rent praktiske mulighetene som setter en begrensning for kraner, men kostnadene knyttet til leie av kran og kranbruk.

Det som krever mest plass på en byggeplass der det monteres prefabrikkerte elementer er en god oppstillingsplass til lastebilene som kommer med elementene. I de tilfellene dette er et problem vil det også være et problem med tilgangen til betongbiler og pumpebiler. Begrenset plass rundt byggetomt og begrenset størrelse på byggetomt gjør derfor at prefabrikkerte løsninger velges (16). Figur 20 illustrerer den gode plassen rundt tomten til sykehusutbyggingen, mens Figur 21 illustrerer hvor liten plass det er rundt tomten kontorbygget for Statens vegvesen i Moss bygges på.



**Figur 20** Eksempel på stor byggetomt: Sykehusutbyggingen i Sarpsborg. Foto: Tom-Erik Sørensen



Figur 21 Eksempel på trang byggetomt: Kontorbygg for Statens Vegvesen i Moss.

#### 6.1.4 Tilpasningsdyktighet og fleksibilitet

Det finnes prosjekter som består av mange spesielle løsninger og som har høye krav til tilpasningsdyktighet, her kan det være nødvendig å plasstøpe konstruksjonen. Grunnen til at man går vekk fra prefabrikkerte elementer der det kreves fleksibilitet er at en prefabrikkert løsning i stor grad er avhengig av å forbli slik den kom produsert fra fabrikken. Det er strenge krav til for eksempel hulltaking i betongelementer. Tar man for store eller for mange hull i et element kan man risikere at spennarmeringen kuttet og elementet tar ikke de kreftene det var ment til å ta. En slakkarmert plasstøpt konstruksjon har ikke disse utfordringene, den kan endres og tas hull i uten at det skaper problemer. Dette er en fordel der det er krav til en tilpasningsdyktig konstruksjon, som for eksempel i rom som har stort gjennomtrekk på forskjellig utstyr som krever nye utsparinger til varierende rørføringer.

Plasstøpte betongkonstruksjoner er også mer fleksible med tanke på formgivning. En prefabrikkert løsning fungerer stort sett som lego. Selv om stort sett alt kan produseres som elementer i dag, lar buede vegger og andre konstruksjoner med spesielle former seg best

utføre i plasstøpt betong, der det er forskalingen som bestemmer geometrien. Mange av prefabrikkerte elementers begrensninger har med transport å gjøre.

Til gjengjeld velges prefabrikkerte løsninger der det er ønske om en generell og elastisk bygning som lett kan endre de innvendige arealene. Prefabrikkerte elementer kan leveres med ett spenn på opp til ca. 15 meter, mens en plasstøpt konstruksjon kun oppnår 7-8 meter maksimalt. Store åpne bygninger uten bæring midt i innvendige rom må derfor utføres med betongelementer (12).

### **6.1.5 Diverse aspekter av mindre avgjørende grad**

Forutsetninger som gjør at det ene eller det andre alternativet er å foretrekke kan variere fra prosjekt til prosjekt, men plasstøpt betong har en rekke fordeler når det kommer til å bygge en vannrett konstruksjon. I plasstøpte konstruksjoner har man mye færre skjøter enn i prefabrikkerte konstruksjoner, og det trengs derfor mindre fuging. I tillegg til at det er mindre arbeid og kostnad med fugearbeid, er det mindre risiko for lekkasje, da hver skjøt er et risikomoment. Det er selvfølgelig ingen garanti for at plasstøpt betong er helt vannrett, den kan ha sprekker som gjør at det blir lekkasjer, men riktig støpt betong skal ha bedre forutsetninger i forhold til vann enn prefabrikkert betong (16).

Totalkostnader kan utelukke det ene eller andre tilfelle, men det er veldig prosjektspesifikt hva som utelukkes. Det er ikke så store forskjeller i dagens marked at kostnad nødvendigvis spiller en utgjørende rolle i valget, men plasstøpt betong er gjerne litt mer prisgunstig enn prefabrikkert betong med tanke på materialer, mens en prefabrikkert løsning krever mye færre timeverk..

Et aspekt som har vært nevnt som ikke går direkte på det produksjonstekniske er aspektet med å opprettholde betonghåndverket: Ved kun å velge prefabrikkerte løsninger vil vi miste et gammelt håndverk. Betongarbeidernes kompetanse vil ikke bli videreført og det kan bli mangelvare. Derfor kan man argumentere for mer bruk av plasstøpt betong.

Prefabrikkert betong har et fortrinn i forhold til plasstøpt betong med tanke på at det er uavhengig av temperatur. Prefabrikkerte elementer kan monteres uavhengig av utetemperatur og nedbør. Plasstøpt betong er mer avhengig av gunstige støpetidspunkt, slik at

betongkvaliteten blir god nok. Betongarbeider planlagt om vinteren kan velges å utføres med elementer på bakgrunn av dette.

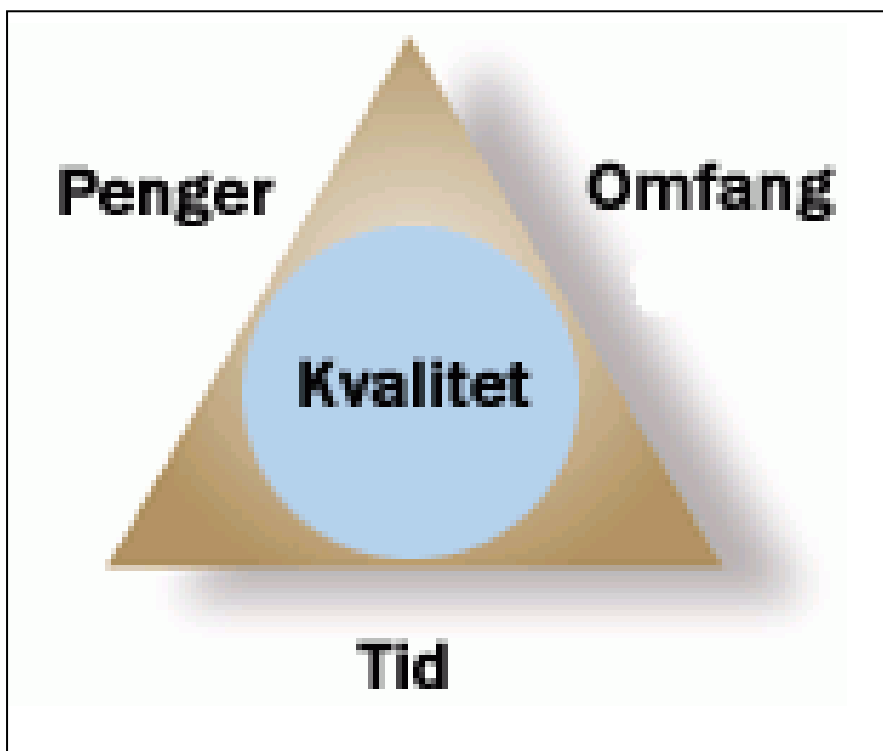
Type bygning kan også spille en rolle i valget man skal ta. Når man bygger leiligheter ønsker man for eksempel mulighet til å skjule elektriske anlegg og rør i vegg, for å få til dette i prefabrikkerte bygninger må det tas høyde for nedsenket himling eller påforede vegger, mens med plasstøpt er det mulig å støpe rør inn i veggen. Som vist i Figur 12 er dette mulig også med betongelementer, men det er mer komplisert.

## 6.2 Ressursbruk

Som en av de største næringene i Norge, står byggebransjen for et av de største forbrukene av ressurser. En ressurs er et hjelpemiddel, en utvei eller noe å falle tilbake på, og kan brukes om både økonomiske ressurser og naturressurser. I denne oppgaven fokuseres det på tid og penger som ressurser. I byggebransjen brukes ofte begrepet tid er penger. Det er ikke satt en bestemt kostnad på tiden, men viktigheten av tid som ressurs er diskutert i stor grad, da det er en viktig rammebetingelse for prosjekter. Hvorfor tiden er så viktig og dyrebar kommer fram i både kapittel 4.1.2 og 4.2.1.

Penger er en annen nødvendig ressurs man ikke kommer uten om i byggebransjen, i likhet med så å si alle andre bransjer. Økonomien er gjerne den viktigste rammebetingelsen for et prosjekt. Det kalkuleres og budsjetteres i forkant av prosjektene, og underveis i produksjonen jobbes det mot de målene som er satt i budsjettet. Både byggherren, entreprenører, underentreprenører og leverandører er avhengig av å tjene penger på prosjektene for å kunne beholde bedriftens likviditet, men det samlede målet i hvert enkelt prosjekt er å bidra til verdiskaping for kunden. Kunden er finansierer og legger i stor grad føringene for prosjektets utvikling, både når det kommer til utforming, innhold og økonomi. Det å utføre et prosjekt på en ønsket måte kan komme i konflikt med kostnadsrammen, derfor er det viktig med fokus på ressursbruken for å nå målet i hvert prosjekt.

Prosjekttrekanten, se Figur 22, er et vel brukt virkemiddel som brukes til å se hva slag påvirkning ressursbruken har på kvaliteten av et prosjekt. Den består av de tre faktorene penger, omfang og tid. En fjerde faktor, som er kjernen av trekanten kan vi si er kvalitet (1). Kvalitet er ikke standardisert og måles individuelt i hvert prosjekt, men er det tilstrekkelig av alle faktorene eller klarer man å fullføre prosjektet innenfor faktorenes begrensninger, kan man definere prosjektet som vellykket og med høy kvalitet. Nok penger, nok tid og riktig omfang er optimale forhold for et godt prosjekt. Endres en av inngangsparameterne påvirkes en eller begge de to andre parameterne. Mindre penger kan gjøre at omfanget ikke blir som først forespeilet, eller at man må bruke lengre tid for å unngå overtidsarbeid, som er kostbart.



Figur 22 Prosjekttrekanten (1)

Kortere tid gjør at man må sette inn større økonomiske ressurser for å nå tidsfristene, eller man må begrense omfanget på prosjektet. Kommer det krav om økt omfang må tidsrammen eller kostnadsrammen utvides, eller eventuelt begge. Kvaliteten påvirkes av alle de tre sidene av trekanten.

### 6.2.1 Tid som ressurs

Verdien av tid er kulturelt betinget, og det avhenger også av hvilken tid det snakkes om. Denne oppgaven tar for seg byggetiden til et prosjekt, der tid i stor grad er penger.

Byggetiden er som nevnt tidligere kanskje den mest avgjørende påvirkningsfaktoren i valget mellom en prefabrikkert løsning og en plasstøpt løsning. Tid, i tillegg til økonomi, er den viktigste rammebetingelsen for et prosjekt. Tid koster penger, derfor er tiden i et prosjekt en begrenset ressurs. Kostnadene er sammensatt av mange forskjellige faktorer. Årsaken til at byggetidene bør være korte er en blanding av byggherrens ønske om ferdigstillelse av bygget slik at det kan tas i bruk og muligens generere inntekter, istedenfor utgifter som i byggeperioden, og at byggelånsutgiftene blir større og større jo lenger prosjektet pågår. Det samme gjør kostnadene knyttet til de utførende. En funksjonær har en timelønn på ca. 850 kr/t og en håndverker på ca. 450 kr/t (11). Jo lenger det er forventet at disse må jobbe, jo mer øker budsjettet.

Byggelånet er et lån byggherren har for å dekke de løpende kostnadene under byggeperioden, og kostnadene knyttet til dette er byggherrens ansvar. Funksjonær- og håndverkerlønn betaler den utførende entreprenøren ut selv, men disse kostnaden er medregnet i tilbudet som ble oversendt byggherren før kontraktsinngåelse. Kostnader på ekstraarbeid i forbindelse med endringer som ikke er entreprenørens ansvar belastes byggherren, men utvidet byggetid som entreprenører er skyld i selv belastes ofte den utførende med for eksempel dagbøter.

Lang byggetid er i utgangspunktet dyrest for byggherren med tanke på låneutgifter og høyere budsjetter. Overstigelse av planlagt byggetid kan bli dyrest for entreprenøren (12).

Andre relevante kostnader som øker med tiden er krankostnader. Kranleie og kranfører blir en større utgift når det plasstøpes betongkonstruksjoner. Plasstøpte konstruksjoner tar lengre tid å bygge på byggeplassen enn prefabrikkerte konstruksjoner og kranen må være tilgjengelig konstant for å løfte forskalingsystemer, armering og topper med betong. Det er ofte behov for en tårnkran som avbildet i Figur 23 (33). Det samme kan gjelde annet utstyr på byggeplassen.



**Figur 23 Tårnkran. Foto: Tom-Erik Sørensen.**

Selv om det meste taler til fordel for kort byggetid er det viktig å ikke presse byggetiden for langt ned, da sikkerheten må ivaretas på en forsvarlig måte uansett hvilken byggemetode som velges. Helse-, miljø- og sikkerhet er prioritert nummer en når det kommer til gjennomførelse av et byggeprosjekt, og for rask byggetid kan føre til uforsiktig og stresset arbeid, og dermed dårlig HMS.

Lengre byggetid som gir bedre løsninger kan tjene inn tapte kostnader under driftsperioden til bygget. Et eksempel kan være at man velger en prefabrikkert løsning i byggeperioden fordi det tar kortest tid, og blir dermed den beste og mest økonomiske løsningen der og da. I driften av bygget senere viser det seg at på grunn av mange kuldebroer i den prefabrikkerte løsningen er strømrøringene unormalt høye. Hadde man tatt seg tid til å støpe en plasstøpt konstruksjon kunne man unngått mye av kuldebroproblematikken og tjent inn den forlengede byggetiden på billigere driftskostnader. Dette eksempelet er tatt med for å belyse at det er viktig å veie for og i mot hele veien, og også ta hensyn til ettertiden. Nå finnes det mange gode isolasjonsløsninger, slik at det nødvendigvis ikke er noe særlig mer kuldebroproblematikk knyttet til prefabrikkerte bygninger enn plasstøpte konstruksjoner, forutsatt at de utføres riktig (12).

En kort byggeperiode kan være nødvendig for å ta i bruk bygningen til en gitt tid. Det er tidligere nevnt at byggherren kan ha et ønske om å ta i bruk en bygning tidligst mulig for å generer inntekter så raskt som mulig. Årsaken kan også være at det er behov for bygget til en visst tid. Et eksempel på dette er AF prosjektet Sandesundveien Barneskole som er presentert innledningsvis. Ferdigstilling på dette prosjektet er satt til juli 2015, slik at bygget er



innflyttningsklart for elever, lærere og øvrige ansatte til skolestart høsten 2015. Ferdigstillelsesdato er satt i samsvar med et behov som må dekkes, men det er også tenkt på kostnadene som påløper hvis man må huse elever, lærere og andre i alternative lokaler over lengre tid.

Fokuset på byggetid og viktigheten av kort byggetid er stort, gjerne sett i sammenheng med kostnad. Ved oppføring av betongkonstruksjoner er prefabrikkerte løsninger mest effektivt, da de har kortere montasjetid på byggeplassen. I tillegg krever et prefabrikkert bygg mindre funksjonærtid fra entreprenøren, da det gjerne er en totalleveranse. Mye ansvar blir satt bort og det blir færre grensesnitt. Det er gjerne prosjektlederen og montasjebasen hos prefableverandører som står for logistikken rundt oppføringen av bygget. Håndverkertimene er betraktelig lavere i et prefabprosjekt, det vil si at færre betongarbeidere blir bundet opp av et og samme prosjekt og det er behov for færre driftsledere og funksjonærer. Bemanningsbehovet er lavt og entreprenøren bruker sjelden egne arbeidere, da montører som regel er en del av totalleveransen.

Tid og kostnad påvirker hverandre hele veien, og det er vanskelig hele tiden å skille kostnader som konsekvens av økt eller redusert tidsforbruk fra andre kostnader. Neste kapittel skal ta for seg mer konkrete kostnader, men enkelte steder er det fare for gjentakelser av dette kapittelet.

### **6.2.2 Kostnader**

Prosjektkostnader er svært varierende. Hva slags type betongkonstruksjon som velges er kun en av variablene. Under er det presentert noen kostnader som regnes med i en kalkyle, i tillegg belyses hvordan produksjonen kan påvirke enkelte kostnadene.

Når en forespørsel om å levere tilbud på et prosjekt dukker opp kalkulerer man en tilbudspris. Noe av det første som blir gjort er å vurdere byggemåten. Skal det bygges en betongkonstruksjon kan denne oppgaven komme til nytte som et erfaringskriv. Ulike forutsetninger vurderes og man tar et valg.

Valget tas på bakgrunn av bygningstype, tidsperspektiv, tilgjengelig plass og andre forutsetninger som erfaringsmessig påvirker valget, i tillegg til kostnad.

For plasstøpte konstruksjoner kalkuleres det med kvadratmeterpris på forskaling, armering og betong av dekker og vegger. Prefabrikkerte løsninger har en litt mer variabel kvadratmeterpris avhengig av størrelsen på elementene. Jo større element, jo lavere kvadratmeterpris. I Tabell 5 vises en oversikt over omtrentlige kvadratmeterpriser hentet fra AFs kalkulasjonsavdeling og Kynningsruds salgsavdeling.

**Tabell 5 Sammenligning av kvadratmeterpris (33, 37)**

	Plasstøpt betong	Prefabrikkert betong
Dekke	1250 kr/m <sup>2</sup>	600 kr/m <sup>2</sup>
- Forskaling	600 kr/m <sup>2</sup>	
- Armering	250 kr/m <sup>2</sup>	
- Betong	400 kr/m <sup>2</sup>	
Vegg	1550 kr/m <sup>2</sup>	1500 kr/m <sup>2</sup>
- Forskaling	900 kr/m <sup>2</sup>	
- Armering	300 kr/m <sup>2</sup>	
- Betong	350 kr/m <sup>2</sup>	
Søyler	1500 kr/m	3000 kr/m

Prisene for plasstøpt betong innebærer alle materialer, forskalingsarbeider, jernbinding og støping. Prisen for et prefabrikkert dekke har tatt utgangspunkt i et hulldekkeelement med tykkelse på 265 mm og et massivt veggelement. Prisen på søyler er veldig omtrentlig, men det antas at prefabrikkerte søyler koster rundt det dobbelte av plasstøpte søyler. Bjelker er vanskelig å prissette da utformingen varierer veldig. I plasstøpte konstruksjoner integreres ofte bjelker i dekker ved å armere ekstra, og det er derfor ikke alltid nødvendig med bjelker som bærer dekke, som man alltid må ha i en prefabrikkert konstruksjon. Det antas at bjelker ikke er dobbelt så dyrt prefabrikkert som det er plasstøpt, slik som er antatt for søyler, siden forskalingsjobben av en bjelke kan være noe mer komplisert.

Før man leverer et tilbud på et prosjekt som er tenkt utført med betongelementer henter man alltid inn et komplett tilbud fra en prefableverandør. Kynningsrud Prefab AS, som er en av de største leverandørene av prefabrikkerte løsninger på Østlandet, estimerer en kvadratmeterpris på et prefabrikkert bygg på 1500-2500 kr/m<sup>2</sup> (37).

Kostnaden som følger av økt behov for bemanning når det gjelder plasstøpte bygg er medregnet i kvadratmeterprisene fremstilt i Tabell 5. Det er flere andre kostnader som en kalkulator må tenke på selv og medta i et tilbud på et plasstøpt prosjekt, enn ved et prefabrikkert prosjekt. En prefableverandør leverer et komplett tilbud som gjerne inneholder montører, baser, prosjektledere og mobilkran (Figur 24), i tillegg til prosjektering og selve elementene, mens kranbruk og prosjektering kommer som egne poster i en kalkyle hos entreprenøren. Prosjekteringskostnadene avhenger av entrepriseform, men ved en totalentreprise må kostnader til prosjektering regnes inn. En plasstøpt konstruksjon må beregnes og tegnes før den kan settes opp.



**Figur 24 Mobilkran. Foto: Tom-Erik Sørensen**

Som nevnt må krankostnader inn i kalkylen. Bygges det med plasstøpt betong er det ofte behov for en permanent byggeplasskran som en tårnkran. Kranen trengs til løfting av både forskalingslementer, armeringsjern og betong. Ved prefabrikkerte bygg stiller leverandører ofte selv med mobilkraner som kun er på byggeplassen når montasjen pågår. Kranbruk kan påvirke valget i favør betongelementer på grunn av høye kostnader. Tabell 6 viser hvilke estimerte priser på kranbruk. Prisspekteret spenner langt på grunn av den store variasjonen av kranstørrelser.

**Tabell 6 Kranbruk (33)**

Kranbruk	Kostnad	Merknad
Oppsettskostnad	25 000 – 300 000 kr	Avhenger av størrelsen
Månedisleie	30 000-70 000 kr/mnd	Avhenger av størrelsen
Kranfører	60 000 kr/mnd	

Kostnader generelt er svært prosjektspesifikke. Kvadratmeterpriser og gjennomsnittspriser er vanskelig å vise et korrekt bilde av til enhver tid. Det er viktig å tenke på at påvirkningen marked har på priser spiller inn. Plasstøpte konstruksjoner er mye mindre påvirket av marked og etterspørsel enn prefabrikkerte konstruksjoner. Prisen på betong, armering og forskaling er forholdsvis holdbar i forhold til prisen på betongelementer som varierer med konjunkturen i markedet. Er det liten etterspørsel, går prisene ned. Elementprodusentene har sine faste kostnader som må dekkes uansett, derfor settes prisene ned i dårlige tider slik at de får nok jobb til å dekke disse faste utgiftene. Er etterspørselen stor blir det konkurranse om leveransene og prisene presses opp. Det er altså lettere og mer forutsigbart å kalkulere med plaststøpt betong enn med prefabrikkert betong.

Når det kommer til de virkelige kostnadene kan resultatet bli noe helt annet enn det man forutså. Et betongelement bygg prosjekters og produseres før selve montasjen på byggeplassen skjer. Det vil si at så lenge alt er prosjektert riktig i forkant og produsert riktig på fabrikk, vil bygget bli korrekt oppført på plassen. Det er sjelden problemer med store forsinkelser som kan utgjøre store kostnader. Plasstøpte bygninger er mye mindre forutsigbare underveis på plassen, fremdrift og dermed kostnader avhenger veldig av driften av produksjonen og håndverkerne.

Kalkylen er altså mer forutsigbar for plaststøpt betong, mens produksjonen på byggeplass og fremdriften er mer forutsigbar for prefabrikkert betong. Endres derimot løsninger underveis, etter at betongelementene har gått i produksjon kan de gi fordyrende konsekvenser. Endringer og tilpasninger er dyrere i en prefabrikkert konstruksjon enn i en plaststøpt konstruksjon, der man har mer kontroll på sammenføyninger og har mulighet til å tilpasse løsninger underveis.

## 7. Eksempel: Nytt Østfoldsykehus



**Figur 25** Nytt Østfoldsykehus mars 2014

Råbygget til senge- og behandlingsbygget er en av de tidligere nevnte AF-kontraktene på det nye sykehuset som bygges i Sarpborg. Kontrakten omfavner betongarbeidene på sengebygget og behandlingsbygget. Figur 25 viser status på prosjektet i mars 2014. Den delen av bygningen til venstre i bildet, med grå kledning, er behandlingsbygget. Sengebygget ligger skjult bak.

All fundamentering er utført i en tidligere kontrakt, og tas derfor ikke med i dette eksempelet. Sengebygget har plasstøpt kjellervegger og dekke over en underetasje, i tillegg til fundamentet, mens hele behandlingsbygget er en plasstøpt konstruksjon. Resterende dekker og vegger i sengebygget er utført med prefabrikkerte betongelementer og stål. Det er også brukt en mengde bærestål i behandlingsbygget i kombinasjon med plasstøpte betongbjelker og søyler. Behandlingsbygget er forskalt med PERI forskalingssystem til vegger. Dekker er forskalt med Skydeck og dekkebord, mens til søyler er det brukt en forskalingstype som heter Quatro. Årsaken til at det er brukt en kombinasjon av dekkebord og Skydeck er at dekkebordene kommer med rekkverk. Disse er derfor brukt i ytterkant rundt Skydeckene, som ble brukt i midten av dekkeforskalingen (40).

I Tabell 7 finnes en sammenstilling av en rekke nøkkeltall fra prosjektet.

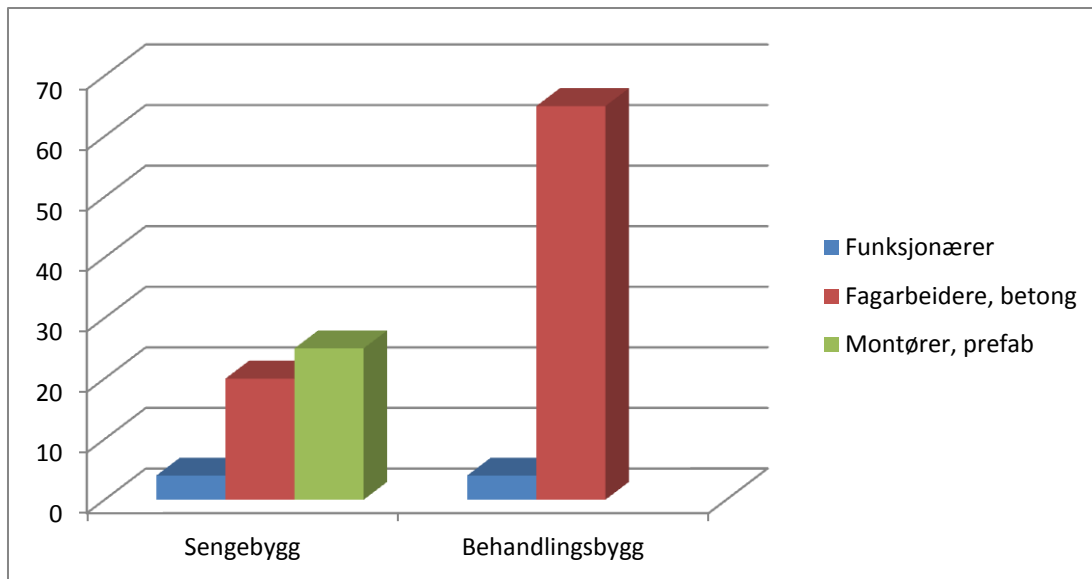
**Tabell 7 Nøkkeltall Sykehuset (11, 36, 40, 41)**

	Behandlingsbygget	Sengebygget
<b>Areal</b>	27 000 m <sup>2</sup>	35 000 m <sup>2</sup>
Vegger	8 200 m <sup>2</sup>	15 000 m <sup>2</sup> (9 000 m <sup>2</sup> prefab)
Dekke	27 000 m <sup>2</sup>	35 000 m <sup>2</sup> (26 000 m <sup>2</sup> HD)
<b>Byggetid</b>	11 mnd. (30.mai – 26. april 2013)	9 mnd (10.sept-3.mai 2013)
<b>Maks bemanning</b>		
Funksjonærer	4	2
Håndverkere/montører	65	24
<b>Kostnad</b>	52 268 826 kr	96 164 439 kr

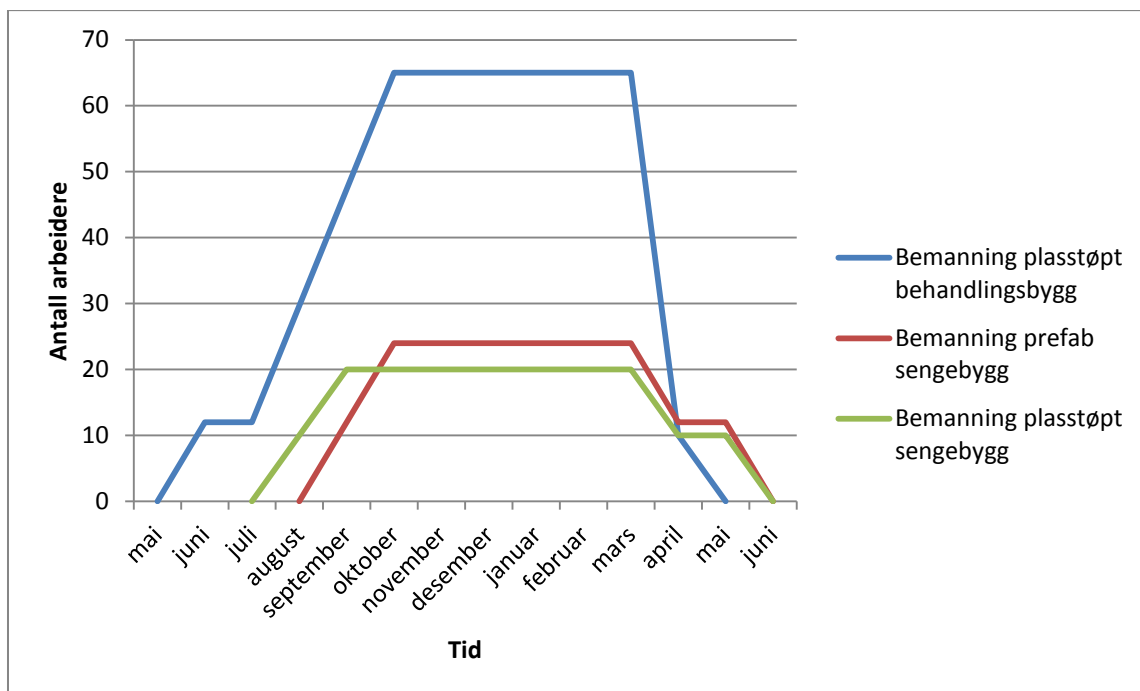
Store deler av byggene er oppført parallelt, og gjennom alle årstider. Klima har derfor ikke vært en avgjørende faktor for å velge det ene alternativet foran det andre. Allikevel har oppføringen av den plasstøpte konstruksjonen hatt noen utfordringer prefabmontasjen ikke har hatt. På grunn av lave temperaturer har man måttet fyre under dekkeforskalingen, i tillegg til å være påpasselig med å dekke til det som allerede er støpt. Til tross for at kulde kan være en stor utfordring klarte man å støpe for fullt helt ned mot -16°C.

I tillegg til tidsbruk, som i dette tilfelle utgjorde en forskjell på to måneder, er det stor variasjon i bemanning fra en prefabmontasje til det å plasstøpe en konstruksjon.

Diagrammet i Figur 26 viser er oversikt over antall funksjonærer, fagarbeidere og montører som har jobbet på de to respektive byggene, mens grafen i Figur 27 viser hvordan bemanningssituasjonen til fagarbeiderne og montørene har vært gjennom prosjektet.



Figur 26 Bemanningsoversikt (36, 40)



Figur 27 Bemanning råbygg over tid (36, 40)

Diagrammet i Figur 26 avviker litt fra hva som tidligere har kommet fram i oppgaven, men tanke på funksjonærbemanning. Det er antydnet at en prefabrikkert konstruksjon har mindre behov for oppfølging fra entreprenør og derfor behov for færre funksjonærer. I dette tilfellet er to av funksjonærene på hvert bygg de samme personene som har en økonomistilling og en prosjektlederstilling. De fire resterende er en anleggsleder per bygg og en driftsleder per bygg. Årsaken til at det er like mange som har ansvar for produksjon på sengebygget, som det er på behandlingsbygget er på grunn av oppfølgingsbehovet av arbeidet med glidestøp og betongarbeidene i kjelleretasjen på sengebygget.

Kostnaden i dette tilfellet er betydelig høyere for sengebygget som ble utført med prefabrikkerte elementer enn det plasstøpte behandlingsbygget. Tabell 8 viser hvordan kostnadene er fordelt.

**Tabell 8 Kostnader, sykehuseksempel: Råbygg (41)**

	Sengebygget	Behandlingsbygget
Betongarbeider	Kr 18 151 368	Kr 45 855 565
Glidestøp	Kr 14 370 171	
Prefableveranse inkl.stål	Kr 59 428 290	
Stål		Kr 6 413 261
Påstøp	Kr 4 214 610	
Totalkostnad	Kr 96 164 439	Kr 52 268 826

Glidestøpen tilfører en stor kostnad i dette tilfellet. Det er også den støpen som har bidratt til størst logistikkutfordringer. Hele kjelleren er utført i plasstøpt betong, noe som gjør at det er forholdsvis høye kostnader på betongarbeidet på sengebygget også. I dette prosjektet var det krav til konstruktiv påstøp på grunn av stabilitet med tanke på jordskjelv.

Ut i fra hva som har kommet fram tidligere i oppgaven er muligens ikke dette prosjektet særlig representativt. Kostnaden taler til stor fordel for plasstøpt betong. Glidestøp er ikke noe alle prosjekter har, så det vil muligens være riktigere å se bort i fra denne kostnaden. Mange prefabprosjekter plasstøper ofte kun fundamenter og gulv på grunn. Det er ikke alltid nødvendigvis behov for påstøp på hulldekkene heller, men det må gjøres tiltak på en prefabrikkert konstruksjon i forhold til å tilfredsstille kravene til jordskjelvsikring, og da er konstruktiv påstøp og større andel av plasstøpt betong relevante løsninger. Et alternativ er å forsterke skjøten mellom de plasstøpte fundamentene og betongelementene med innstøpte stag, men det vil også være en kostnadsbærer. I dette eksemplet er altså kvadratmeterprisen per bygg som vist i Tabell 9.

**Tabell 9 Kvadratmeterpris per bygg**

Sengebygget	2 747 kr/ m <sup>2</sup>
Behandlingsbygget	1 936 kr/ m <sup>2</sup>

For utførende entreprenør kreves mer oppfølging av en plasstøpt konstruksjon enn en prefabrikkert konstruksjon. På sykehuset har derfor de med produksjonsansvar for det prefabrikkerte sengebygget hatt flest utfordringer med glidestøpen, og ikke med prefabmontasjen som leverandøren, Kynningsrud i stor grad har håndtert selv.



Utfordringene i forbindelse med det plasstøpte bygget har i stor grad handlet om koordinering av kranbruk. Det har foregått mange forskjellige aktiviteter på byggeplassen til samme tid, og det å ha tilgang på kran når det er behov har til tider vært en utfordring. Et annet aspekt som også innebærer kraner, er å lagre materialer som armering og forskalingssystemer innen for kranrekkevidde. Generelt sett har ikke lagring og tilkomst vært et stort problem på grunn av tomtens størrelse og beliggenhet. Tomten er stor og frittliggende i et lite utbygd område, se Figur 28.



**Figur 28** God lagringsplass på sykehustomta

Kvalitetssikringen (KS) av bygg er viktig. Det er spesielt viktig at betongkonstruksjoner oppfyller toleransegrensene sine, med tanke på påfølgende arbeider. Også når det kommer til kvalitetssikring var de største utfordringene til sengebygget tilknyttet glidestøpen. Montasjen av betongelementer førte ikke til store problemer med toleranser. Noe avvik er forventet i forbindelse med prefabmontasje, da muligheten til å korrigere underveis ikke er like tilstede som ved en plasstøpt konstruksjon.

Kvalitetssikringen i forbindelsen med oppføringen av behandlingsbygget ble løst ved å ansette en formann og KS-ansvarlig fra underentreprenøren som utførte det meste av betongarbeidet. Dette viste seg å være en stor fordel med tanke kommunikasjon. Underentreprenøren leid inn for å utføre det plasstøpte betongarbeidet hadde portugisiske ansatte. Ved å ha et portugisisk-

og engelskspråklig ledd mellom de portugisiske fagarbeiderne og de norske funksjonærene var det mye lettere å gjøre korreksjoner underveis. I tillegg ble det ført lister på armering og utstøpinger ble kontrollert.

På grunn av oppfølging underveis og ansettelse av en KS-ansvarlig var det behov for svært lite flikking på konstruksjonen i ettertid. Bygget holdt seg også innenfor gitte toleranser og plasseringsavvik for plasstøpt betong (40).

På sykehusprosjektet har både AF og Kynningsrud stort fokus på helse- miljø og sikkerhet. AF samler inn rapporter om uheldige hendelser (RUH) for å finne ut hva det er behov for å iverksette sikkerhetstiltak rundt. I forbindelse med oppføringen av råbygget har det blitt registrert 91 RUH. Fordeling på sengebygget og behandlingsbygget, og alvorlighetsgraden av hendelsen vises i Tabell 10.

**Tabell 10 RUH, sykehuseksempel: Råbygg (35)**

Alvorlighetsgrad	Sengebygget	Behandlingsbygget
Grønn	25	54
Gul	3	7
Rød	2	0
Totalt antall hendelser	30	61

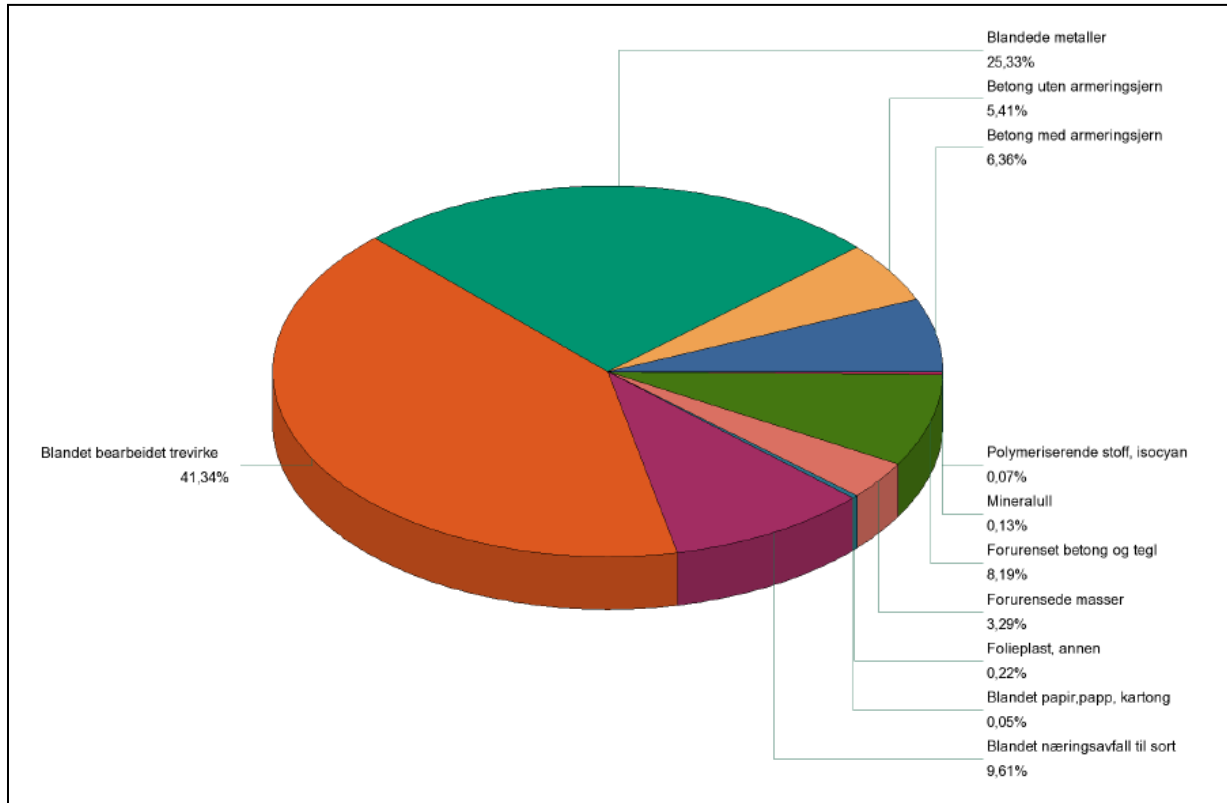
De grønne og gule hendelsene representerer farlige forhold, mens røde hendelser er nestenulykker.

Ved en rask titt på tabellen over er det tilsynelatende flest HMS-utfordringer med den plasstøpte konstruksjonen. Ser man litt nærmere etter er det flere farlige forhold som eksempelvis kan være løse sparkebord på stillas og brudd på reglement om bruk av personlig verneutstyr på behandlingsbygget, men det er ikke rapportert om noen hendelser med alvorlighetsgrad rød. På sengebygget er det kun rapportert omtrent halvparten så mange farlige forhold som på behandlingsbygget. Disse er eksempelvis dårlig sikring i høyden eller brudd på avsperrede områder rundt montasje. Det er derimot rapportert om to nestenulykker i forbindelse med prefabmontasjen på sengebygget. Disse to ulykkene var velting av et veggelement og en gassesplosjon i en container. Begge hendelsene kunne potensielt gitt alvorlige personskader, men i disse tilfelle ble det kun begrensede materielle skader.

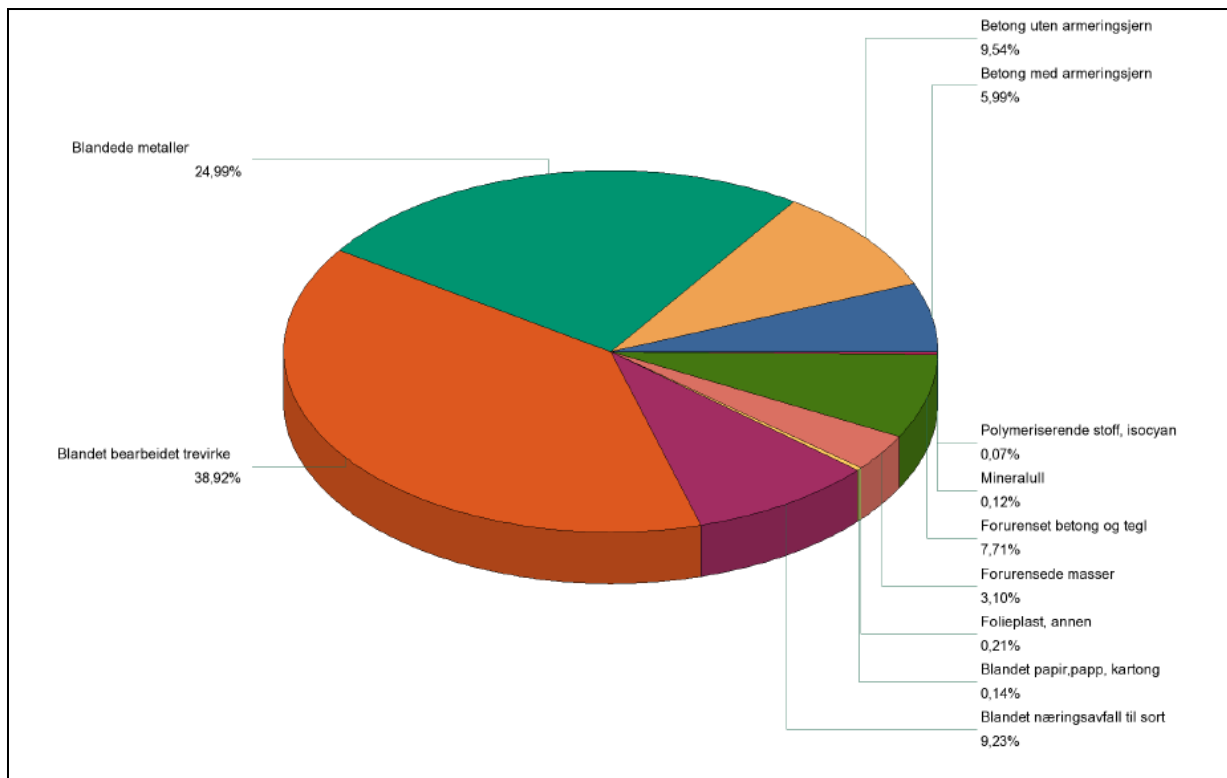
Denne RUH-statistikken kan være representativ for prefabrikkerte og plasstøpte bygninger. Da det ofte er slik at en plasstøpt konstruksjon fører med seg flere småproblemer, men skjer det først et uhell i forbindelse med en prefabmontasje er konsekvensene ofte mye større.

Avfallssortering går under HMS og er et viktig miljøaspekt. Miljø er ikke vektlagt i stor grad i denne oppgaven, men under vil det bli presentert et diagram over sorteringsgraden til

råbygget når kun betongarbeider på den plasstøpte konstruksjonen pågikk og et diagram på avfallsortering når byggingen av begge bygg pågikk. Avfallsrapporteringen fra juni 2013 vises i Figur 29, da pågikk kun byggingen av den plasstøpte konstruksjonen. Figur 30 viser avfallsrapporteringen i oktober 2013, da begge bygningene var i produksjon.



Figur 29 Avfallsortering juni 2013 (42)



**Figur 30 Avfallsortering oktober 2013 (42)**

Det er kun små forskjeller på de to diagrammene, og det er vanskelig å lese noe direkte ut fra diagrammene. Mange faktorer kan spille inn og endre sorteringsgraden. Det man kan anta ut i fra disse diagrammene og det faktum at de er ganske like er at prefabmontasjen ikke påvirker sorteringsgraden i stor grad. Det er derfor mulig å anta at plasstøpte konstruksjoner produserer mer avfall. Så lenge sorteringsgraden er høy er det ikke et problem. Da gjenvinnes stort sett alt avfall, det er først når andelen blandet avfall som ikke går til gjenvinning blir stor at vi skaper miljøproblemer.

Sykehuset i Østfold er på enkelte områder, som HMS og byggetid, representativt for en sammenligning av prefabrikkerte bygg og plasstøpte bygg. Når det kommer til kostnader er bilde noe skjevere enn det antatte gjennomsnittet av prosjekter. Hadde forutsetningene vært noe annerledes for dette prosjektet, og man hadde hatt tilgang på tilstrekkelig bemanning ville det muligens vært mer økonomisk lønnsomt å plasstøpe hele råbygget og ikke kun behandlingsbygget. Tilfellet var at det ikke var tid til å vente til grunn- og fundamentarbeidene var ferdig og samtidig rekke å plasstøpe sengebygget innenfor gitte tidsrammer.

Dette eksempelet kan oppsummeres på følgende måte; kostnadmessig og muligens også konstruksjonsmessig ville det vært optimalt å plasstøpe hele råbygget, men på grunn av begrenset tilgang på fagarbeidere og begrenset tidsrammet ble sengebygget prefabrikkert. Behandlingsbygget ble plasstøpt fordi det var det bygget som hadde høyest krav til tilpasningsdyktighet knyttet til seg.



## 8. Oppsummering

Betong er et viktig materiale i dagens samfunn og for å få mest mulig nytteverdi for minst mulig kostnad er det viktig å ta med seg erfaringer fra et prosjekt til det neste. Denne masteroppgaven er skrevet som et erfaringskriv, som i tillegg til å hjelpe til med å velge mellom prefabrikkert betong og plasstøpt betong, som er hovedformålet med oppgaven, vil gi deg økt kunnskap om betong som bygningsmateriale. Kostnad, tidsbruk, kvalitetsstyring og helse- miljø og sikkerhet er det som er mest omtalt. I tillegg må man se på aspekter som grunnforhold og klima. Forskriftene om sikring mot jordskjelv har blitt strengere. Vær og vind kan påvirke hvor problemfritt en konstruksjon kan oppføres. Tilgjengelighet av både materiale og fagarbeidere er et viktig aspekt, samtidig som det må være nok plass på byggetomten for lagring hvis plasstøpt betong skal være aktuelt. Miljøaspektet ved de to byggemetodene er ikke belyst, men er viktig å tenke på når krav om passivhus blir gjeldene. Her kommer også hvordan bygget fungerer i driftperioden inn med tanke på for eksempel isolasjon, lyd og bruksendring. Dette er temaer som er mulig å jobbe videre med i en annen prosjekt- eller masteroppgave. Det samme gjelder seismiske beregninger i forhold til valg av plasstøpt eller prefabrikkert betong.

Det er som sagt mye å ta hensyn til og kostnad og tidsbruk er noe av det bransjen er aller mest opptatt av, i tillegg til kvaliteten på produktet og sikkerheten rundt oppføringen av bygget. Det er valgt å kalle dette kapitlet oppsummering istedenfor konklusjon, da det er vanskelig å konkludere med et ja eller nei svar på problemstillingen. Det blir heller presentert en oppsummering av funnene som er gjort under arbeidet med masteroppgaven og resultatene de har gitt.

### 8.1 Tid er penger

Det inntrykket datainnsamlingen har gitt er at kostnadene i materialer, transport og lignende ikke utgjør en så stor forskjell at det blir utslagsgivende på valget. Ut i fra prisseksempelet i Tabell 5 ser man at på en vegg varierer prisen lite, mens et prefabrikkert dekke er ca. dobbelt så dyrt som et plasstøpt dekke. Det er på papiret billigere med plasstøpt betong, men alle forutsetningene som må være til stede må også gå i plasstøpt betong sin fordel hvis det skal være det beste alternativet.

Den kostnaden som det i størst grad blir tatt hensyn til når man velger byggemetoden er den kostnaden som følger av en utvidet tidsramme, som er nødvendig hvis man velger å plasstøpe konstruksjonen. Uttrykket ”tid er penger” er det begrepet som har blitt gjentatt flest ganger i løpet av arbeidet med denne problemstillingen.

Spørsmålet har stort sett vært:

”Hvorfor velger dere en prefabrikkert løsning?”

Svaret har alltid vært:

”På grunn av tid.”

Noen har lagt til plassmangel som en annen årsak i tillegg til tid. Byggherren setter korte tidsfrister til prosjekter og valget må derfor tas med det forbehold at det er gjennomførbart innen en viss tidsramme. Kostnadene knyttet til forsinkelser, i form av for eksempel dagbøter, kan være like stor eller større enn den eventuelt høyere kostnaden som følger med det å velge en prefabrikkert løsning. Byggelånskostnader er også noe som påvirker byggherren til å pressen ned tiden på prosjektet.

## 8.2 Kvalitet

Det finnes mange mer eller mindre subjektive meninger om kvaliteten på de forskjellige måtene å bygge med betong på. Mye er smak og behag, men objektivt sett kan begge typer konstruksjoner stort sett oppfylle gitte krav.

Plasstøpt betong brukes i fundamenter uansett hva slags løsning som velges i resten av bygget på grunn av stabilitet og jordskjelvdimensjonering. I enkelte bygg støpes kjellervegger og sjakter med plasstøpt betong for å få stabile bygg, som tar krefter i hele høyden på konstruksjonen. Kjellervegger og sjakter kan uten problem utføres med betongelementer, med den forutsetning av at kreftene føres ned i fundamentet.

Kvaliteten med hensyn på toleranser og avvik er lettere å kontrollere med en plasstøpt konstruksjon, da man har mye større mulighet til korreksjoner og tilpasninger underveis. En prefabrikkert konstruksjon blir slik den er tegnet og produsert på fabrikk, og noe avvik er forventet og mer akseptert. Som vist i Figur 17 Byggeplassavvik (27), er et byggeplassavvik på et betongelement sammensatt av mange faktorer.

Utseendemessig varierer plasstøpt betong mye med utførelsen. Riktig og nøyaktig utførelse gir pene overflater, mens dårlig utførelse kan gi sprekker og andre skader i betongen som krever mye etterarbeid. Betongelementer er produsert på fabrikk, innendørs, som gir mer



stabile forhold og stort sett pene overflater. Formsiden kan være så pen at det ikke er noe behov for overflatebearbeiding.

### **8.3 Helse- miljø og sikkerhet**

Et av hovedfokusene i dagens byggebransje er som nevnt flere ganger helse- miljø og sikkerhet. Det eksisterer HMS-utfordringer med begge de to måtene å bygge på, slik at det er ikke en like viktig påvirkningsfaktor med tanke på å hvilken byggemetode man skal velge. Det er allikevel svært viktig å være klar over alle utfordringene, og hva slags konsekvenser dårlig HMS kan føre med seg. Plasstøping kan for eksempel gi slitasjeskader på fagarbeiderne på grunn av det harde fysiske arbeidet, mens prefabmontasje kan gi alvorlige konsekvenser hvis for eksempel et stort element faller ned eller personer kommer i klem mellom et element og en annen bygningsdel. Selv om det ikke nødvendigvis påvirker valget direkte må man være forberedt på håndtere de ulike utfordringene.

Hvis man velger å gå videre med denne problemstillingen og se på den i et miljøperspektiv, kan det helt sikkert avdekkes forhold som taler til den ene eller andre byggemetodens fordel. Et aspekt som så vidt har vært nevnt her er avfallshåndtering. Fordi betongelementer støpes ferdig på fabrikk produserer det svært lite avfall på byggeplass, plasstøpt betong står for en mye større andel av byggeplassavfallet. I denne oppgaven er ikke hele perspektivet dekket. Det er for eksempel ikke tatt med i betraktningen hvor mye avfall og utslipp en betongelementfabrikk produserer, eller et betongverk som produserer ferdigbetong. I tillegg må det ta hensyn til at sorteringsgraden på avfall på byggeplass kan være så høy at stort sett alt gjenvinnes og miljøpåvirkningen derfor er liten.

### **8.4 Resultat**

Det er mange aspekter man kan gå dypere inn i, men hvis man skal komme med en konklusjon av dette masterarbeidet er det at tiden du har til rådighet er avgjørende for om du har et valg eller ikke. Har du nok tid, er en plasstøpt konstruksjon et reelt alternativ, hvis ikke må du velge en prefabrikkert løsning. Ser man bort fra tid, er plass på tomten det neste punktet man må ta hensyn til. Stor plass åpner for begge alternativene, liten plass på en trang tomt ekskluderer plasstøpt betong.

I tillegg kan tilpasningsdyktighet nevnes. Et plasstøpt bygg er mer tilpasningsdyktig når det gjelder endringer i selve konstruksjonen som hulltaking og lignende, mens en prefabrikkert bygning har mulighet til å bygge med lengre spenn og størrelsen av det innvendige rommet kan gi mange muligheter.

Betong er et mye brukt materiale som stadig er i utvikling. Plasstøpt betong og prefabrikkert betong er begge godt egnede bygningsmaterialer, og skal du gjøre det beste valget må du til syvende og sist studere de prosjektspesifikke detaljene på vært prosjekt, men ved å ha gjort

det kjent med en rekke forbehold og aspekter gjennom denne oppgaven kan du kanskje umiddelbart utelukke et av alternativene i noen av dine fremtidige prosjekter.

### **8.5 Videre arbeid**

Oppgaven har kun tatt for seg noen av perspektivene som er aktuelle å se på i forbindelse med valget mellom en plasstøpt og en prefabrikkert løsning. Kostnader, tidsbruk, kvalitet og HMS er blitt belyst og Nytt Østfoldsykehus har blitt brukt som praktisk eksempel for å belyse disse aspektene på en mer inngående måte. Det finnes mye å jobbe videre med i forbindelse med denne problemstillingen. Temaer som kan være interessante å undersøke nærmere i en annen masteroppgave eller annet arbeid er blant annet miljø, inneklima, grunnforhold og dimensjonering.

Miljø er et viktig fokus i dagens samfunn, og et videre arbeid som fokuserer på miljøvennligheten til materialet og avfallshåndteringen til de to forskjellige typene produksjon kan være nyttig for bransjen. I tillegg bør man se på hvordan inneklima og driftsperioden påvirkes av valget. Vil det være mulig å spare strømgifter og vedlikehold i fremtiden ved å velge den ene eller andre løsningen?

Dimensjonering generelt, jordskjelvdimensjonering, lyddimensjonering og annet prosjekteringsarbeid kan og være interessant å se nærmere på. Her kan man oppdage muligheter eller begrensninger man kanskje ikke var klar over tidligere.

Det er som sagt mye mer som kunne vært innlemmet i oppgaven som er relevant for den aktuelle problemstillingen. Årsaken til at denne oppgaven er avgrenset til kun noen faktorer er for å kunne gå dypere i disse enkelte faktorene. Det har gitt bedre kvalitet på de undersøkelsene som er gjort, men det har ikke gitt et totalbilde på alle aspektene som må vurderes for å ta et valg.

Et langsiktig mål er at denne oppgaven i tillegg til videre arbeid kan legge grunnlaget for et program som krever prosjektspesifikke inndata og på bakgrunn av kunnskap om påvirkningsfaktorer mater ut et svar på om prefabrikkerte elementer eller plasstøpt betong er den beste løsningen for det spesifikke prosjektet.

**Referanseliste**

1. Chatfield C. A short course in project management. Tilgjengelig fra: <http://officemicrosoftcom/nb-no/project-help/prosjekttrekanten-HA010351692.aspx> Hentet 01042014. 2010.
2. Ferdigbetong. Tilgjengelig fra: <http://fabekono/dokumentasjon/ferdigbetong> Hentet: 061113.
3. Befring E. Kvantitativ metode. De nasjonale forskningsetiske komiteene. Tilgjengelig fra: <http://www.wetikkomno/FBIB/Introduksjon/Metoder-og-tilnarminger/Kvantitativ-metode/> Hentet: 151013. 2013.
4. Fangen K. Kvalitativ metode. De nasjonale forskningsetiske komiteene. Tilgjengelig fra: <http://www.wetikkomno/Templates/Pages/FBIBArticle.aspx?id=1301> Hentet: 151013. 2013.
5. Viker LM. Metode. Helse- og omsorgsdepartementet. Tilgjengelig fra: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/hod/dok/nouer/2010/NOU-2010-3/22/2.html?id=602571> Hentet: 270913.
6. Lotherington AT. Intervju som metode. NORUT Samfunnsforskning, Universitetet i Tromsø. 1990.
7. Wæhle E, Sterri AB. Case studie. Tilgjengelig fra: [http://snlno/case\\_studie](http://snlno/case_studie) Hentet: 191113 2013.
8. Flyvbjerg B. Five Misunderstandings About Case-Study Research. Qualitative Inquiry Tilgjengelig fra <http://qix.sagepub.com/content/12/2/219.abstract> Hentet: 12102013. 2006;12(2):219-45.
9. Johannessen SF. Feltarbeid. Tilgjengelig fra: <http://snlno/feltarbeid> Hentet: 191113. 2012.
10. Løberg A. Prosjekt nytt østfoldsykehus. Tilgjengelig fra: <http://www.helse-sorostno/omoss/avdelinger/bygg-og-eiendom/nytt-ostfoldsykehus/Sider/forside.aspx> Hentet: 191113. 2013.
11. Axelsson E. Personlig kommunikasjon. 8.4.2014.
12. Andersen JE. Personlig kommunikasjon. 25.3.2014.
13. Meyer HD. Første spadetak er tatt. Tilgjengelig fra: <http://www.sarpsborg.com/Nyhetsarkiv/Forste-spadetak-er-tatt/> Hentet: 08042014. 2013.
14. Strand B. Personlig kommunikasjon. 18.3.2014.
15. Grimstad JE. Kostnader for omsorgsboliger i Råde. Tilgjengelig fra: <http://www.moss-avisno/debatt/kostnader-for-omsorgsboliger-i-rade-17832925> Hentet: 08042014. 2013.
16. Schau LR. Personlig kommunikasjon. 18.3.2014.
17. Stensrud K. Dette tror jeg er det dtyggeste bygget jeg har sett. Tilgjengelig fra: <http://www.moss-avisno/nyheter/dette-tror-jeg-er-det-styggeste-bygget-jeg-har-sett-17634140> Hentet: 08042014. 2012.
18. Concrete. Tilgjengelig fra: <http://dictionary.reference.com/browse/concrete> Hentet: 26112013. 2013.
19. Jähren P. BETONG Historie og historier. Tapir akademiske forlag Trondheim. 2011.
20. Magerøy H. Fabrikkbetongens opprinnelse. Byggeindustrien Oslo. 1997.
21. Maage M. TKT 4215 BETONGTEKNOLOGI 1- BETONG TIL ULIKE FORMÅL. Foredrag Skanska Norge AS. 2013.
22. Standard N. EN 934-2:2009+A1:2012. Standard. 2012.
23. Sørensen SI. Betongkonstruksjoner: beregning og dimensjonering etter Eurocode 2. Trondheim: Akademika; 2013. 470 s. : fig. p.
24. anlegg Lfb-o. Forskalingsboka. 1995.
25. Jacobsen S. TKT 4215 Concrete technology 1. 2010.
26. Norge S. NS-EN 13670:2009+NA:2010. Standard. 2010.
27. Betongelementforeningen. Betongelementboken. 2010.

28. Standard N. NS-EN 13670:2009+NA:2010 Utførelse av betongkonstruksjoner. Standard. 2010.
29. sosialdepartementet A-o. FOR 1996-12-06 nr 1127: Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (Internkontrollforskriften). Forskrift. 1996.
30. Arbeidstilsynet. Helse, miljø og sikkerhet i bygg- og anleggsbransjen - Planlegging og organisering. Hefte. 2001.
31. sosialdepartementet A-o. Forskrift om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- eller anleggsplasser (byggherreforskriften). Forskrift. 2009.
32. Hjelseng GV. Betongkonstruksjoner: En produksjonsteknisk sammenligning av prefabrikkerte og plasstøpte bygninger. Prosjektoppgave. 2013.
33. Solgård PE. Personlig kommunikasjon. 2.4.2014.
34. Lien H. Personlig kommunikasjon. 24.4.2014.
35. Klinghammer T. Personlig kommunikasjon. 27.3.2014.
36. Gundersen T. Personlig kommunikasjon. 26.3.2014.
37. Borge K. Personlig kommunikasjon. 31.3.2014.
38. Lædre O. Kontraktstrategi for bygg- og anleggsprosjekter. Tapir akademiske forlag Trondheim. 2009.
39. Produksjonsteknikk i BA. Kompendium NTNU. 2008.
40. Segerblad T. Personlig kommunikasjon. 26.3.2014.
41. Karlsson M. Personlig kommunikasjon. 26.3.2014.
42. RagnSells. Avfallsrapport AF Gruppen Norge AS Sykehusprosjektet. Rapport. 2013.

**Vedlegg**

- Vedlegg 1 – Oversikt datainnsamling
- Vedlegg 2 – Samtaleintervju Bård Strand
- Vedlegg 3 – Samtaleintervju Lars Roger Schau
- Vedlegg 4 – Samtaleintervju Jan Even Andersen
- Vedlegg 5 – Intervju Trond Segerblad
- Vedlegg 6 – Intervju Thomas Gundersen
- Vedlegg 7 – Samtaleintervju Kent Borge
- Vedlegg 8 – Samtaleintervju Pål Esben Solgård
- Vedlegg 9 – Kostnadsoversikt, Mattias Karlsson
- Vedlegg 10 – Mengdeoversikt m.m., Erik Axelsson
- Vedlegg 11 – HMS-data, Tim Klinghammer

<b>Vedlegg 1</b>			
Datainnsamling			
Tidspunkt	Kilde	Prosjekt/Avdeling	Bedrift
18.3.2014	Bård Strand, Prosjektleder	Råde omsorgsboliger	AF Bygg Østfold
18.3.2014	Lars Roger Schau, Prosjektleder	Kronprinsensgt, Moss	AF Bygg Østfold
25.3.2014	Jan Even Andersen, Prosjektleder	Sandesundveien Barneskole	AF Bygg Østfold
26.3.2014	Trond Segerblad, Anleggsleder	Nytt østfoldsykehus	AF Bygg Østfold
26.3.2014	Mattias Karlsson, Prosjektøkonom	Nytt østfoldsykehus	AF Bygg Østfold
26.3.2014	Thomas Gundersen, Anleggsleder	Nytt østfoldsykehus	AF Bygg Østfold
27.3.2014	Tim Klinghammer, HMS-leder	Nytt østfoldsykehus	AF Bygg Østfold
31.3.2014	Kent Borge, selger	Hovedkontor	Kynningsrud Prefab AS
2.4.2014	Pål Esben Solgård, Kalkulasjon	Hovedkontor	AF Bygg Østfold
8.4.2104	Tom-Erik Sørensen, Driftsleder (Bilder)	Nytt Østfoldsykehus	AF Bygg Østfold
8.4.2014	Erik Axelsson, KS-leder	Nytt Østfoldsykehus	AF Bygg Østfold
24.4.2014	Heine Lien, HMS- leder	Fabrikkbesøk, Uddevalla	Kynningsrud Prefab AS

<b>Vedlegg 2</b>	
<b>Type data:</b>	Samtaleintervju
<b>Kilde:</b>	Bård Strand
<b>Stillingstittel:</b>	Prosjektleder, AF Gruppen
<b>Prosjekt:</b>	Råde omsorgsboliger
<b>Spørsmål</b>	
<p>Generelle fakta om prosjektet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 24 omsorgsleiligheter bygges i Råde.</li> <li>– Råde kommune er byggherre og AF Bygg Østfold er totalentreprenør.</li> <li>– Byggetid – midten av november 2013 til august 2014.</li> <li>– Budsjett ca. 50 MNOK</li> <li>– Utførelse: Plasstøpt bunnplate. Skillevegger, hulldekker, stål, heis- og trappesjakter er prefab. Resterende deler i plassbygd tømmer. Lettakselementer.</li> <li>– Prefableverandør: Kynningsrud Prefab AS</li> </ul>	
<p>Årsak for valg av løsning:</p> <p>Så stor grad av prefabrikking ble valgt på grunn av tid. I tillegg ville den største støpeperioden komme i januar, da kulde kan by på problemer som unngås ved bruk av prefabelementer.</p>	
<p>Erfaringer med prefab vs. plasstøpt:</p> <p>Tidsaspektet bestemmer oftest valget. En kombinasjon kan være bra. Bunnplater og fundamenter plasstøpes nesten alltid, mer kan også plasstøpes, men sånn markedet er i dag lønner det seg nesten alltid med noe prefab.</p>	

<b>Vedlegg 3</b>	
<b>Type data:</b>	Samtaleintervju
<b>Kilde:</b>	Lars Roger Schau
<b>Stillingstittel:</b>	Prosjektleder, AF Gruppen
<b>Prosjekt:</b>	Kronprinsensgate 2, Moss
<b>Spørsmål</b>	
<p>Generelle fakta om prosjektet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kontorbygg for Statens Vegvesen Østfold i Moss sentrum.</li> <li>– Statens vegvesen er byggherre og AF Bygg Østfold er totalentreprenør bygg, i tillegg til å ha koordineringsansvar for de tekniske fagene.</li> <li>– Byggetid – midten av november 2013 til desember 2014.</li> <li>– Budsjett ca. 50 MNOK</li> <li>– Utførelse: Plasstøpt bunnplate. Resterende bygg settes opp med prefabelementer.</li> <li>– Prefableverandør: Kynningsrud Prefab AS</li> </ul>	
<p>Årsak for valg av løsning:</p> <p>Prefabløsningen er valgt på grunn av kort byggetid og liten tomt, og at prefab i større grad kan planlegges ferdig i forkant av byggestart.</p> <p>På grunn av liten tomt var det ikke mulighet til tårnkran, og heller ikke lagringsplass til forskalingslementer og armering, noe som vanskeliggjør bruk av plasstøpt betong.</p>	
<p>Erfaringer med prefab vs. plasstøpt:</p> <p>Det er stort sett tidsaspektet som bestemmer. Erfaring fra denne byggeplassen er at prefab kan gi ekstra utfordringer mtp vanninntrengning. Byggegrova er dypere en grunnvannstand, det er derfor krav til vanntett konstruksjon. Skaper utfordringer i skjøtene mellom betongelementene, disse må vanntettes. Betong er vanntett så ved plasstøpte konstruksjoner er vannlekkasje mindre sannsynlig hvis ikke betongen er støpt feil og man får riss og sprekker som vann kan trenge inn igjennom.</p>	



<b>Vedlegg 4</b>	
<b>Type data:</b>	Samtaleintervju
<b>Kilde:</b>	Jan Even Andersen
<b>Stillingstittel:</b>	Prosjektleder, AF Gruppen
<b>Prosjekt:</b>	Sandesundveien Barneskole
<b>Spørsmål</b>	
<p>Generelle fakta om prosjektet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Skolebygg for 1.-7.klasse, gymsal, galleri og administrasjonsdel i Sarpsborg sentrum.</li> <li>- Sarpsborg kommune er byggherre og AF Bygg Østfold er totalentreprenør bygg.</li> <li>- Byggetid – september 2013 til juli 2015.</li> <li>- Budsjett ca. 150 MNOK</li> <li>- Ca. 7 500 kvm</li> <li>- Utførelse: plasstøpt bunnplate og fundamenter. Prefabrikkert bæresystem.</li> <li>- Prefableverandør: Kynningsrud Prefab AS</li> </ul>	
<p>Årsak for valg av løsning:</p> <p>Byggetid. Viktig at bygget står klart til skolestart høsten 2015. Mangel på lagerplass gjør mye plasstøping mindre aktuelt.</p> <p>HD-elementer tar lengre spenn enn plasstøpte dekker. Mulighet til å bygge større åpne rom uten bæresøyler.</p>	
<p>Erfaringer med prefab vs.plasstøpt:</p> <p>Prefab:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Behov for mindre bemanning.</li> <li>- Ofte færre grensesnitt og dermed mindre logistikk, da man som regel velger totalleverandør av prefabløsning.</li> <li>- Markedsavhengig; billigere når det er lite å gjøre, dyrere når det er mye å gjøre (konkurransen).</li> <li>- Ofte mer optimalisert prosjektering.</li> <li>- Mulighet for lange spenn.</li> <li>- Med tanke på energi må det gjøres flere tiltak ved prefab enn plasstøpt, ofte flere kuldebroer.</li> <li>- Mulig å legge skult anlegg i betongelementer, men det gjøres ikke så mye.</li> <li>- Bruk av prefab gir større krav til strekkarmering i fundamenter for å ta opp jordskjelvkrefter. Alle krefter må tas i bunnplate/fundamenter.</li> <li>- Kan bli dyrt hvis det kommer mange endringer etter produksjonen er satt i gang.</li> <li>- Må akseptere at det blir litt avvik på grunn av mindre mulighet til tilpasning på byggeplass.</li> </ul>	

**Plasstøpt:**

- Mulighet til god oppfølging underveis og man kan ta justeringer fortløpende.
- Krever plass til lagring av armering og forskalingssystemer, og plass til kran.
- En plasstøpt konstruksjon er ikke tilgjengelig umiddelbart etter oppføring som en prefab konstruksjon vil være på grunn av herdetid.
- En plasstøpt konstruksjon er stiv, kan ta opp krefter i hele konstruksjonen.
- Tar ofte lengre tid å prosjektere plasstøpt, prosjekteringen skjer underveis og det tas ofte godt i med tanke på opptak av krefter.
- Tar kortere spenn, kan kreve mer peling avhengig av grunnforhold.
- Et plasstøpt bygg beholder kvaliteten sin, og gjenbruk av bygget er enklere enn ved prefab bygninger.
- Lengre tid med byggelån.

Sammenføyning mellom plasstøpt konstruksjon og betongelementer kan være problematisk.

<b>Vedlegg 5</b>	
<b>Type data:</b>	Intervju
<b>Kilde:</b>	Trond Segerblad
<b>Stillingstittel:</b>	Anleggsleder, AF Gruppen
<b>Prosjekt:</b>	Nytt Østfoldsykehus

**Spørsmål**

1. Antall kvm bygning? (Gjerne kvm HD, vegger osv også..)

- Se vedlegg 10.

2. Tid? (antall mnd, uker)

- 30.5.12 – 26.4.13

3. Når på året? (sommer, vinter mtp klima).

- Produksjon pågikk gjennom alle årstider. Full støp ned mot -16 grader. Fyrte under dekkestøpen om vinteren. Dekke til det ferdig støpte

4. Bemanning (antall funksjonærer, antall håndverkere/montører)?

- 4 funksjonærer. 65 mann på topp (inkl. forskaling og jernbinding).

	Sengebygg	Behandlingsbygg
Funksjonær	4	4
Betongarbeidere	20	65
Montører, prefab	25	

	mai	juni	juli	aug ust	sep tem ber	okt obe r	nov em ber	des em ber	jan uar	febr uar	mar s	apri l	mai	juni
Behan dlings bygg	0	12	12	30	47	65	65	65	65	65	65	10	0	
Senge bygg, prefab				0	12	24	24	24	24	24	24	12	12	0
Senge bygg, betong			0	10	20	20	20	20	20	20	20	10	10	0

5. Noen spesielle logistikkutfordringer, eller noe som gjorde logistikken/oppfølgingen enklere? F.eks. kran, tilkomst.
  - Styring av kranbruk. Armering innom kranrekkevidde. Utfordrende å få nok betong til store støp (dekkestøp) på grunn av kapasiteten til betongverket. Ellers få problemer. God tilkomst på plassen.
6. Utfordringer med tanke på KS? Avvik, toleranser, utseende?
  - Det ble leid inn en formann/KS-ansvarlig fra UE som førte lister på armering, kontroll av utsparinger osv. Fordelaktig med tanke på kommunikasjon/språk og det ga mulighet for korreksjoner underveis.
  - Lite flikking etter ferdigstillelse.
  - Holdt seg innenfor både toleranser og avvik ifb plassering takket være oppfølging underveis.
7. Utfordringer med tanke på HMS? Farefullt arbeid? Avfall?
  - Etasjehøyde på 4 m skapte en HMS-utfordring. Oppføring av dekkereisen. Mye liftbruk.
  - En skade med en forskalingsplate.
  - For ytterligere se vedlegg 11.
8. Kostnad?
  - Se vedlegg 8/9.
9. Forskalingssystem?
  - PERI Vanlig system veggforskaling. Quatro søyleforskaling. Skydeck og dekkebord dekkeforskaling. Dekkebord inkl. rekkverk rund, skydeck i midten.

<b>Vedlegg 6</b>	
<b>Type data:</b>	Intervju
<b>Kilde:</b>	Thomas Gundersen
<b>Stillingstittel:</b>	Anleggsleder, AF Gruppen
<b>Prosjekt:</b>	Nytt Østfoldsykehus
<b>Spørsmål</b>	
<p>1. Antall kvm bygning? (Gjerne kvm HD, vegger osv også..)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Se vedlegg 10.</li> </ul> <p>2. Tid? (antall mnd, uker)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Glidestøper: 4 stk glider (8 sjakter) Oppstart 06.08.2012 – Glid nr 1 (06.08-05.09), Glid nr 2 (22.08-21.09), Glid nr 3 (07.09-09.10), Glid nr 4(25.09-25.10) Ca 1 uke mellom hver glidestøp periode. Ferdigstilt 1 uke etter planen.</li> <li>– Prefab oppstart: 10.09.2012 – Ferdigstilling: 03.05.2013.</li> </ul> <p>3. Når på året? (sommer, vinter mtp klima).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Startet i august, ferdig i mai.</li> </ul> <p>4. Bemanning (antall funksjonærer, antall håndverkere/montører)?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Plasstøpt betong (Veggskiver U1, påstøper m.m) På topp 20 mann.</li> <li>– Glidestøp av sjakter. Gleibau (glidestøp) 12mann og Zucotec (Armering på gliden) 12 mann. Disse ble fordelt 2 skift pr. døgn.</li> <li>– Prefab. På topp 24 mann</li> <li>– Se vedlegg 5 for mer.</li> </ul> <p>5. Noen spesielle logistikkutfordringer, eller noe som gjorde logistikken/oppfølgingen enklere? F.eks. kran, tilkomst.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Glid: Betongbiler. Måtte øremerke 2 stk betongbiler som gikk i skytteltrafikk fra betongverket til byggeplassen. Trengte 2 stk tårnkraner 24 timer under glideperioden. Skapte utfordringer for driften til de plass-støpte betongarbeidene m.m.</li> </ul>	

6. utfordringer med tanke på KS? Avvik, toleranser, utseende?

- Glid: Store utfordringer med toleranseavvik på de glidestøpte sjaktene. For liten toleranse mellom betongveggene og klimavegg-elementene.

7. utfordringer med tanke på HMS? Farefullt arbeid? Avfall?

- Ja, Kynningsrud sto for de fleste HMS-avvikene. Se vedlegg 11.

8. Kostnad?

- Se vedlegg 8/9.

<b>Vedlegg 7</b>	
<b>Type data:</b>	Samtaleintervju
<b>Kilde:</b>	Kent Borge
<b>Stillingstittel:</b>	Selger, Kynningsrud Prefab AS
<b>Prosjekt:</b>	Hovedkontor
<b>Spørsmål</b>	
<p>1. Logistikkutfordringer?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Mye logistikk som skal stemme. Tegninger som er avhengige av RIB må være klar til produksjon. Etter produksjon må elementene lagres og transporteres i rett rekkefølge slik at det som lastes først av lastebilen er det elementet som først skal monteres.</li> </ul> <p>2. Strl og kvm pris elementer?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Størrelsen til elementene bestemmes i stor grad av vekt (krankapastitet) og høyde/bredde som er mulig å transportere.</li> <li>– Kostnad:  Massiv vegg 1500 kr (<math>\pm 150</math> kr) ekskl. mva.  HD 265 600 kr/m<sup>2</sup>.  Ca kvm pris per bygg 1500-2500 kr</li> </ul> <p>3. Tid?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Lengre tid i prosjektering, alt er klart før produksjon. Kort tid på byggeplass.</li> </ul> <p>4. Markedsavhengighet?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Hulldekkepris mest avhengig av marked. Marked bestemmer pris fordi fabrikken har sine faste kostnader som må dekkes. Er markedet dårlig blir prisene lave, slik at fabrikkene for solgt nok til å kunne dekke faste kostnader. Er markedet godt, blir det konkurranse og prisene kan bli høyere.</li> </ul> <p>5. Ulemper/fordeler med prefab?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Fordeler: lange spenn, kort utførelsestid, billigere med fabrikkproduksjon (kan optimaliseres mer).</li> <li>– Ulemper: Tar ikke bevegelse så godt. Problematisk ved lange spenn.</li> </ul>	

<b>Vedlegg 8</b>	
<b>Type data:</b>	Samtaleintervju/Kostnadsinnhenting
<b>Kilde:</b>	Pål Esben Solgård
<b>Stillingstittel:</b>	Kalkulatør, AF Gruppen
<b>Prosjekt:</b>	Hovedkontor
<b>Spørsmål</b>	
<p>Kalkuleres begge alternativer?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Velger byggemåte når man får inn forespørsel, henter inn komplett prefab-tilbud for leverandør for man leverer tilbud.</li> </ul> <p>Estimerte kostnader, plasstøpt betong:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dekke: Forskaling: 600 kr/m<sup>2</sup> Armering: 250 kr/m<sup>2</sup> Betong: 400 kr/m<sup>2</sup> Tot. 1250 kr/m<sup>2</sup></li> <li>- Vegger: To-sidig forskaling: 900 kr/m<sup>2</sup> Armering: 300 kr/m<sup>2</sup> Betong: 350 kr/m<sup>2</sup> Tot. 1550 kr/m<sup>2</sup></li> <li>- Søyler: 1500 kr/m (prefab ca dobbelt så dyrt)</li> <li>- Bjelker: Varierende priser, men ikke så stor forskjell mellom plasstøpt og prefab. Mulighet for integrert bjelke i plasstøpt dekke.</li> <li>- Prisene gjelder hele plasstøpingsjobben. Tilleggskostnader som kommer er prosjekterende (beregninger, tegninger) og byggeplasskran.</li> </ul>	



- Kranbruk, sette opp kran:  
Stor kran: ca 300 000 kr  
Liten kran: ca 25- 30 000 kr
- Kranbruk, leie:  
Ca. 30-70 000 kr/mnd
- Kranbruk, kranfører:  
Ca. 60 000 kr/mnd

Erfaringer med prefab vs. plasstøpt:

- Fordeler med plasstøpt på plassen:
- Lyd
- Tilpasningsmulighet
- Leiligheter (skjule ting i vegg, for eksempel bad)
- Vann tett
- Mer kontroll på skjøter. Bedre sammenføyninger. Mer stabilt.
- Forutsigbare kostnader.

<b>Vedlegg 9</b>	
<b>Type data:</b>	Kostnadsoversikt
<b>Kilde:</b>	Mattias Karlsson
<b>Stillingstittel:</b>	Prosjektøkonom, AF Gruppen
<b>Prosjekt:</b>	Nytt østfoldsykehus
<b>Data</b>	
<u>Kostnad</u>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Betongarbeider sengebygg: 18 151 368 kr</li><li>- Betongarbeider behandlingsbygg: 45 855 565 kr</li><li>- Glid: 14 370 171 kr</li><li>- Hulldekker og stål sengebygg: 59 428 290 kr</li><li>- Stål behandlingsbygg: 6 413 261 kr</li><li>- Påstøp dekker: 4 214 610 kr</li></ul>	
Hentet fra økonomistyringsdokument fra råbyggkontrakten til AF på nytt østfoldsykehus. (Produksjon - justert kalkyle)	

<b>Vedlegg 10</b>	
<b>Type data:</b>	Mengdeoversikt m.m.
<b>Kilde:</b>	Erik Axelsson
<b>Stillingstittel:</b>	KS-leder, AF Gruppen
<b>Prosjekt:</b>	Nytt østfoldsykehus
<b>Data</b>	
<p><u>Nytt Østfoldsykehus</u></p> <p>Antall kvadratmeter bygg</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kvm bygg totalt: 85 000 m<sup>2</sup></li> <li>– Kvm sengebygg: 35 000 m<sup>2</sup>  Dekke: 35 000 m<sup>2</sup> (Plasstøpt: 3 000 m<sup>2</sup>, HD: 26 000 m<sup>2</sup>, Gulv på grunn: 6 000 m<sup>2</sup>)  Vegg: 15 000 m<sup>2</sup> hvorav 9 000 m<sup>2</sup> prefab.</li> <li>– Kvm behandlingsbygg: 27 000 m<sup>2</sup>  Dekke: 27 00 m<sup>2</sup> plasstøpt  Vegg: 8 200 m<sup>2</sup> plasstøpt</li> </ul> <p>Kostnadsramme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Sykehusprosjektet, totalt: 5,5 mrd</li> <li>– AF kontrakter: ca 1,1 mrd</li> </ul> <p>Kvadratmeter er hentet fra kontrakt/BIM modell.</p> <p>Kostnader funksjonær: 850 kr/t.  Kostnader håndverker: 450 kr/t.</p>	

<b>Vedlegg 11</b>	
<b>Type data:</b>	HMS-data
<b>Kilde:</b>	Tim Klinghammer
<b>Stillingstittel:</b>	HMS-leder, AF Gruppen
<b>Prosjekt:</b>	Nytt østfoldsykehus
<b>Data</b>	
<p>RUH – Prefab Periode: 01.09.2012 – 31.03.2013 Antall saker: 30 (25, 3, 2)</p> <p>RUH –Plasstøpt Periode: 01.09.2012 – 31.03.2013 Antall saker: 61 (54, 7, 0)</p> <p>Grønne hendelser: Farlige forhold Gule hendelser: Farlige forhold (litt større alvorlighetsgrad enn grønne) Røde hendelser: Nestenulykker</p> <p>Hentet fra AFs interne HMS database Synergi.</p>	