

Hans Kristian Haadem Rudland

**Mai 2022**

**NTNU**

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for vareproduksjon og byggteknikk



**Bacheloroppgave**

**2022**





Hans Kristian Haadem Rudland

Bacheloroppgave  
Mai 2022

**NTNU**

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for vareproduksjon og byggteknikk



Kunnskap for en bedre verden





Kunnskap for en bedre verden

# Glidestøp av heis- og trappesjakter i boligblokkproduksjon

*- En studie med utgangspunkt i glidestøp på Ulven Vest*

Av: Hans Kristian Haadem Rudland

Gradering: Konfidensiell

Bachelor i ingeniørfag - bygg

Mai 2022

Veileder: Yongping Liu

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for vareproduksjon og byggingsteknikk





Oppgavens tittel:	Dato: 19.05.2022		
Glidestøp av heis- og trappesjakter i boligblokkproduksjon	Antall sider: 79		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	x
Navn: Hans Kristian Haadem Rudland			
Veileder: Yongping Liu			
Eksterne veileder: Sigmund Aslesen			

Hensikten med denne bacheloroppgaven er å undersøke hvordan periodisk glidestøp av heis- og trappesjakter påvirker produksjonen på byggeplass. Studien tar utgangspunkt i glidestøpen på Ulven Vest, og er gjennomført i samarbeid med Veidekke Entreprenør AS, distrikt Oslo. Formålet med oppgaven er å kunne bidra til dokumentasjon og økt kunnskap fortrinnsvis om periodisk glidestøp, men også generelt om bruk av glidestøp i boligblokkproduksjon. Oppgaven begrenser seg til råbyggsfasen av byggeprosjektet, og følgende forskningsspørsmål ligger til grunn:

- Hvilke faktorer har påvirket valget for periodisk glidestøp?
- Hva er de mest åpenbare fordelene og ulempene med metoden?
- Hva er eventuelle forbedringspotensialer?

For å besvare problemstillingen og tilhørende forskningsspørsmål er det benyttet et eksplorativt forskningsdesign. Datainnsamlingen i studiet har primært foregått gjennom casestudie. Det er i tillegg til prosjektet på Ulven valgt å inkludere ett referanseprosjekt for å lettere kunne identifisere forskjellen fra den «tradisjonelle» måten å bygge på. Referanseprosjektet som er benyttet er Løren Botaniske. Utvalgte forskningsmetoder er intervju, observasjon og dokumentstudie, hvor hensikten har vært å utføre metodetriangulering for å øke studiets troverdighet. Det er også gjennomført en litteraturstudie som danner teoretisk grunnlag for oppgaven.

Det ble gjennom studien identifisert fire påvirkningsfaktorer som dannet grunnlaget for valgt forskningsmetode på Ulven. Disse er kort byggetid, tilgjengelig plass, kostnader og støvfølsom bebyggelse. Identifikasjoner gjennom intervjuer og dokumentstudie tyder på at glidestøp har et potensiale til å redusere byggetiden ved prosjekter med større og mer kompliserte heis- og trappesjakter. Resultatet tilsier at prosjektet på Ulven som følge av glidestøpen har fått en forenklet og mer repeterbar etasjesyklus. Videre har forflyttelsen av arbeidsoppgaver relatert til sjaktproduksjonen gjort at driften har oppnådd noen klare fordeler i etterkant av glidestøpen. Imidlertid viser studien også at det foreligger en rekke utfordringer knyttet til denne produksjonsmetoden, hvor en av disse er at produksjonen blir mer ømfintlig i glideperioden. Konklusjonen er at glidestøp kan representere en alternativ forskningsmetode for heis- og trappesjakter i boligblokkproduksjon, og at mye tyder på at forskningsmetoden har et vesentlig potensial når det kommer til effektivisering.

Stikkord:

Periodisk
Intermitterende
Glideforskaling
Glidestøp
Byggeplassproduksjon

Harv Kristian Ruckstuhl

(sign.)

# Abstract

The purpose of this bachelor thesis is to investigate how periodic slipforming of elevator and stair shafts affects production on construction sites. The study is based on the slipforming at Ulven Vest, and was carried out in collaboration with Veidekke Entreprenør AS, Oslo district. The purpose of the thesis is to be able to contribute to documentation and increased knowledge, preferably about periodic slipforming, but also in general about the use of slipforming in apartment block production. The thesis is limited to the raw construction phase of the construction project, and the following research questions are the basis:

- What factors have influenced the choice for periodic slipforming?
- What are the most obvious advantages and disadvantages of the method?
- What are any potential for improvement?

An exploratory research design has been used to answer the problem and associated research questions. The data collection in the study has primarily taken place through a case study. In addition to the project at Ulven, it has been chosen to combine a reference to be able to identify differences more easily from the "traditional" way of building. The reference project used is Løren Botaniske. Selected research methods are interview, observation, and document study, where the purpose has been to perform method triangulation to increase the study's credibility. A theoretical literature study has also been developed as a basis for the thesis.

Through the study, four influencing factors were identified that formed the basis for the chosen formwork method on Ulven. These are short construction time, available space, costs, and noise-sensitive areas. Identifications through interviews and document studies indicate that slipforming has the potential to reduce construction time for projects with larger and more complicated elevator and stair shafts. The result indicates that the project on Ulven as a result of the slipforming has been given a simplified and more repeatable production cycle. Furthermore, the transfer of work tasks related to the shaft has meant that the operation has achieved some clear advantages after the slipforming. However, studies also show that there are several challenges associated with this production method, one of which is that production becomes more sensitive during the sliding period. The conclusion is that slipforming can represent an alternative formwork method for elevator and stair shafts in apartment block production, and that there are many indications that the formwork method has a significant potential when it comes to efficiency.

# Forord

Denne bacheloroppgave er utarbeidet våren 2022, og markerer slutten på det 3-årige studiet ved Norges tekniske-naturvitenskaplige universitet på Gjøvik. Bacheloroppgaven har vært et selvstendig arbeid med faglig veiledning fra Yongping Liu, og Sigmund Aslesen (VD)

Valgt tema for oppgaven er bruk av periodisk glidestøp ved produksjon av heis- og trappesjakter i boligblokkprosjekter. Ideen om en oppgave rettet mot periodisk glidestøp oppstod i en samtale med eksternveileder Sigmund Aslesen, og anleggsleder ved Ulvenparken (B2), Sigmund Reff. Informasjonen rundt glideforskaling i boligblokkprosjekter er lite dokumentert, og motivasjonen for oppgaven har derfor vært å kunne bidra i dokumenteringen av glideforskalingen på Ulven Vest. Arbeidet med oppgaven startet allerede smått i slutten av november 2021. Oppgaven tilsvarer 20 studiepoeng og er utført ved Institutt for vareproduksjon og byggteknikk.

Først og fremst ønsker jeg å rette en stor takk til Veidekke Entreprenør AS, distrikt Oslo, for at de har vært så imøtekommende og hjelpsomme. En spesiell takk til Sigmund Aslesen, som har sett av sin tid for å bistå med oppfølging ved oppstart og underveis i oppgaven.

Gjøvik, 19. Mai 2022



---

Hans Kristian Haadem Rudland



# Innholdsfortegnelse

<b>Abstract</b> .....	<b>v</b>
<b>Forord</b> .....	<b>vi</b>
<b>Innholdsfortegnelse</b> .....	<b>viii</b>
<b>Tabelliste</b> .....	<b>xii</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>1</b>
1.1 Oppgavebeskrivelse .....	1
1.2 Bakgrunn .....	2
1.3 Formål og problemstilling .....	3
1.4 Avgrensning.....	4
<b>2 Metode</b> .....	<b>5</b>
2.1 Forskningsdesign .....	5
2.1.1 Kvalitativ og kvantitativ metode .....	5
2.1.2 Reliabilitet og validitet .....	6
2.1.3 Deduktiv og induktiv tilnærming .....	6
2.2 Utvalgte forskningsmetoder .....	7
2.3 Litteraturstudie.....	7
2.4 Casestudie .....	9
2.4.1 Dybdeintervju .....	10
2.4.2 Observasjon .....	12
2.4.3 Dokumentgjennomgang .....	13
2.5 Andre informasjonskilder .....	14
2.6 Kvalitetsvurdering .....	14
2.6.1 Litteraturstudie .....	14
2.6.2 Casestudie.....	15
<b>3 Teori</b> .....	<b>16</b>
3.1 Betong som materiale .....	16
3.1.1 Bindemiddel .....	17
3.1.2 Tilsetningsmaterialer .....	19
3.1.3 Tilslag.....	20
3.1.4 Tilsetningsstoffer.....	20

3.1.5	Armert betong .....	22
3.2	Plasstøpt betong .....	23
3.2.1	Forskaling .....	23
3.2.2	Dekke og etasjeskiller .....	23
3.2.3	Vegger .....	26
3.2.4	Plasstøpt betongproduksjon.....	28
3.2.5	Valg av utførelsesmetode .....	29
3.3	Glideforskaling .....	31
3.3.1	Oppbygning .....	32
3.3.2	Fordeler og ulemper .....	33
3.3.3	Friksjon.....	34
3.3.4	Utførelse av glidestøp.....	34
3.3.5	Stopp under glidestøp.....	36
3.3.6	Periodisk glid.....	37
3.3.7	Overflateskader .....	38
<b>4</b>	<b>Caser .....</b>	<b>39</b>
4.1	Ulven Vest .....	40
4.2	Løren Botaniske.....	41
<b>5</b>	<b>Resultater .....</b>	<b>42</b>
5.1	Løren Botaniske.....	42
5.1.1	Generelt .....	42
5.1.2	Systemforskaling .....	43
5.1.3	Etasjesyklus .....	44
5.1.4	Byggeplass .....	46
5.2	Ulven Vest .....	47
5.2.1	Generelt .....	47
5.2.2	Påvirkningsfaktorer .....	47
5.2.3	Periodisk glidestøp .....	51
5.2.4	Innvirkning på produksjon .....	57
5.2.5	Etasjesyklus .....	60
5.3	Kostnadsforskjeller .....	63
5.4	Oppsummering .....	64
<b>6</b>	<b>Diskusjon.....</b>	<b>65</b>

6.1	Hvilke faktorer har påvirket valget for periodisk glidestøp?.....	65
6.2	Hva er de mest åpenbare fordelene og ulempene med metoden?.....	67
6.2.1	Fordeler .....	67
6.2.2	Ulemper.....	69
6.3	Hva er eventuelle forbedringspotensialer? .....	71
<b>7</b>	<b>Konklusjon.....</b>	<b>73</b>
<b>8</b>	<b>Videre arbeid .....</b>	<b>75</b>
	<b>Litteraturliste.....</b>	<b>76</b>
	<b>Vedlegg .....</b>	<b>79</b>
	Vedlegg A: Intervjuguide.....	80
	Vedlegg B: Observasjonsnotat .....	83
	Vedlegg C: Arbeidstegning glideforskaling.....	84
	Vedlegg D: Syklusplan Ulven Vest .....	85
	Vedlegg E: Arbeidstegning systemforskaling.....	86
	Vedlegg F: Syklusplan Løren.....	87
	Vedlegg G: Planløsning Løren.....	88
	Vedlegg H: Planløsning Ulven.....	89



# Figurliste

Figur 1: Oversikt over valgte metoder (Egenprodusert) .....	7
Figur 2: Betongens bestanddeler (Maage, et al., 2019, s. 13) .....	16
Figur 3 Illustrasjon av hydratasjon (Gjerp & Opsahl, 1998, ss. 9-10). .....	18
Figur 4: Betongens ferskfase, avbindingsfase og herdefase (Maage, et al., 2019, s. 57).....	19
Figur 5: Illustrasjon av dekkeforskaling (Peri, u.d.) .....	24
Figur 6: Leveranse av plattendekke (Egenprodusert) .....	25
Figur 7: Påstøp på plattendekke (Deraas, Boye, & Miland, 2019) .....	25
Figur 8: Forskalingsflak (Vedlegg E).....	26
Figur 9: Eksempel på betongsyklus (Deraas, Boye, & Miland, 2019).....	28
Figur 10: Trappeproduksjon på Ulven Vest (Egenprodusert).....	29
Figur 11: Glidestøp av Ekofisk 2/4T (Kvendseth, 1989, s. 73) .....	31
Figur 12: Snitt av en glideforskaling (Hentet fra vedlegg D) .....	32
Figur 13: Statisk friksjon og glidefriksjon (Bjerkestrand, 2017, s. 14).....	34
Figur 14: Oversiktsbilde over caseprosjektene (Google maps, 2022) .....	39
Figur 15: Illustrasjonsbilde av Ulven Vest (Veidekke, 2020).....	40
Figur 16: Illustrasjonsbilde av Løren Botaniske (Byggeindustrien, 2020) .....	41
Figur 17: Planløsning Løren Botaniske (Vedlegg G).....	42
Figur 18: Arbeidstegning av forskalingsform på Løren (Vedlegg E) .....	43
Figur 19: Etasjeskiller løsning Løren .....	44
Figur 20: Syklusplan Løren Botaniske (Egenprodusert).....	45
Figur 21: Illustrasjon av syklusplan – Løren Botaniske.....	45
Figur 22: Riggplan fra Løren Botaniske .....	46
Figur 23: Illustrasjon av stegvis utstøpning (Egenprodusert) .....	48
Figur 24:Arbeidstegninger fra glideaktør (fra Vedlegg C) .....	49
Figur 25: Montering av glideforskaling ved sjakt E (Egenprodusert) .....	50
Figur 26: Organisasjonskart glidestøp Ulven (Egenprodusert).....	51
Figur 27: Utstøping ved hjelp av tobbe (Egenprodusert).....	54
Figur 28: Hektisk punkt ved montering av skjøtearmeringskassetter (Egenprodusert) .....	56
Figur 29: Prosjektnedbryting av Ulven Vest (Egenprodusert).....	57
Figur 30: Glidestøp på sjakt D (Egenprodusert) .....	58
Figur 31: Ferdig monterte trapper (Egenprodusert) .....	59
Figur 32: Dronebilde av Ulven.....	59
Figur 33: Syklusplan Ulven (Egenprodusert).....	60
Figur 34: Betongsyklus - veggproduksjon (Egenprodusert) .....	61
Figur 35: Plattendekke celle 1 på Ulven (Egenprodusert) .....	62
Figur 36: Leveransedager for plattendekke (Egenprodusert).....	62
Figur 37: Trappeproduksjon Ulven Vest (Egenprodusert).....	63

# Tabelliste

Tabell 1: Søkematrise (Egenprodusert).....	9
Tabell 2: Oversikt over intervjupersoner (Egenprodusert). ....	10
Tabell 3: De fire hovedmineralene i portlandsement (Maage, et al., 2019, s. 83) .....	18
Tabell 4: Tilsetningsstoffer, og tilhørende egenskaper (Sintef, 2010; Maage, et al., 2019). ...	21
Tabell 5: Nøkkelinformasjon over prosjektene (Egenprodusert).....	39
Tabell 6: Oversikt over organiseringen av glidestøp (Egenprodusert). ....	49
Tabell 7: Oversikt over glidestøp (Egenprodusert). ....	55
Tabell 8: Kostnader kvadratmeter med vegg (Egenprodusert) .....	64
Tabell 9: Identifiserte forskjeller ved de to prosjektene (Egenprodusert).....	64
Tabell 10: Identifiserte fordeler og ulemper med periodisk glid, (Egenprodusert). ....	73

# 1 Innledning

## 1.1 Oppgavebeskrivelse

Denne oppgaven tar utgangspunkt i glidestøpen gjennomført under boligblokkprosjektet på Ulven Vest (B4) i regi av Veidekke Entreprenør. Det er skrevet svært lite om glidestøp i byggeplassproduksjon, spesielt periodisk. Et av motivene har derfor vært å kunne dokumentere og bringe nye erfaringer fra denne forskalingsmetoden inn på banen. En annen årsak er at glidestøp som oftest blir forbundet med konstruksjoner som brutårn, offshore installasjoner, siloer og tårn. Forskalingsmetoden blir dermed mindre tilgjengelig fra utsiden av dette miljøet, og vanskelig å gjøre seg kjent med.

Det var gjennom sommerjobben 2021 i Veidekke at oppgaveforfatter fikk opplevd sin første glidestøp. Spesielt var det også for Veidekke, ettersom det var den første glidestøpen entreprenøren hadde gjennomført periodisk. Glidestøp gjennomføres tradisjonelt i en døgnkontinuerlig prosess, men på Ulven er imidlertid gliden gjennomført uten døgnkontinuerlig drift, derav periodisk.

I bacheloroppgaven undersøkes temaet intermitterende glidestøp i boligblokkproduksjon, og aktualiteten av en slik forskalingsmetode i dette segmentet. Oppgaven har som hensikt å kunne bidra til en bedre forståelse av glidestøp som forskalingsmetode, og kunne motivere til videre utvikling. Personlig hadde oppgaveforfatter svært lite kompetanse og kunnskap innenfor dette temaet fra før, og har av den grunn måtte sette seg inn i temaet underveis i studien. Dette har naturligvis formet oppgaven.

## 1.2 Bakgrunn

Bygg- og anleggsbransjen har i lengre tid vært preget av svært store prosjekter, lav grad av standardisering, forsinkelser og mange feil (Rolfsen & Jensen, 2018). I liket med andre bransjer ønskes det hele tiden å forberede produktiviteten, og det sees stadig på nye metoder. Begrepet byggeprosjekt dekker flere ulike aspekter som varierer fra enkle og statiske, til komplekse og dynamiske prosjekter. Balland og Howell karakteriserer byggeprosjekter som unike, lokasjonsbestemte, og gjennomført av midlertidige organisasjoner (Ballard & Howell, 1998). Ettersom at byggverket sitter fast i bakken, må den delen av produksjonen som ikke prefabrikeres flyttes til byggverket, og produksjonen foregår dermed på kundens tomt (Kalsaas, Bølviken, & Klakegg, 2017).

I forbindelse med betongkonstruksjoner går et vanlig skille mellom utførelsesmetodene; plass-støp og prefabrikkerte betong. Grunnet mest mulig rasjonell fremdrift på byggeplass har det vært et økt søkelys på prefabrikkerte elementer. Dette skyldes at metoden er svært effektiv når det skal produseres en rekke like elementer, og at uteproduksjonen unngås da elementene produseres på fabrikk (Sandaker, Sandvik, & Vik, 2019). Det er i senere tid blitt påpekt at hvis plass-støpt betong skal kunne konkurrere med prefabrikkerte elementer på pris og tid, kreves det en betydelig innovasjon innenfor materialteknologi, utvikling av nye produkter og effektivisering av utførelse (Anton & Kjellmark, 2020). Oppgaven tar derfor sikte på å utforske om glidestøpen muligens kan representere en slik effektivisering.

Glideforskaling er en konstruksjonsteknikk som har vært brukt i flere tiår ved produksjon av betongkonstruksjoner. Teknikken tillater kontinuerlig utstøping ved hjelp av en bevegelig forskaling, og benyttes både i vertikale og horisontale sammenhenger. Utførelsesmetoden ansees som svært effektiv ved støping av høye konstruksjoner, men krever kompetanse utenom de kravene som er nødvendige ved tradisjonelle støpemetoder. Utførende entreprenør inngår som oftest derfor samarbeid med spesialiserte glideaktører når en glidestøp skal utføres (Norsk Betongforening, 2017). Innleie av en ekstra underentreprenør kan ofte være problematisk i en hektisk fase, ettersom koordineringer og kommunikasjonen må foregå mellom flere aktører. Dette er et av momentene oppgaveforfatter ønsker å undersøke nærmere.

Veidekke har en produksjonsstrategi hvor det satses på egne håndverkere innenfor kjernefagene til virksomheten. Dette er kjernefag som tømmer, mur og betong. (Deraas, Boye, & Miland, 2019). I senere tid har entreprenøren også opparbeidet en del erfaring med glideforskaling og -støp. Dette blant annet gjennom glidestøp av Munchmuseet, som senere førte til oppkjøp av Interform, nå kalt Veidekke Interform (Byggeindustrien, 2018).

For at kunnskapen som prosjektets medarbeidere har tilegnet seg gjennom prosjektgjennomføringen skal videreføres, må erfaringen dokumenteres og tas vare på. En viktig del av et byggeprosjekt innebærer å gjennomføre en evaluering hvor det forsøkes å avdekke fordeler og ulemper ved produksjonen (Rolstadås, Johansen, Olsson, & Langlo, 2021). Rapporten tar derfor sikte på å kunne avdekke eventuelle utfordringer og klare fordeler ved forskalingsmetoden, samt kunne bidra til en bedre dokumentasjon.

Bacheloroppgaven tar for seg deler av gjennomføringsfasen, med hovedfokus rettet mot betongarbeid utført under råbygget. Råbygget er selve *skjelettet* til byggverket, og fasen av produksjonen er veldig sekvensiell. Dette betyr at produksjonen er lite mottakelig for justeringer eller endringer underveis. Oppgaven gjennomgår prosessene i denne delen av byggingen for å identifisere innvirkningene glidestøpen har hatt på betongproduksjonen.

### **1.3 Formål og problemstilling**

Hensikten med oppgaven er å kunne bidra til økt kunnskap fortrinnsvis om periodisk glidestøp, men også om glidestøp som forskalingsmetode i byggeprosjekter. Oppgaven tar derfor sikte på å identifisere de ulike påvirkningsfaktorene som danner grunnlag for bruk av forskalingsmetoden. Videre ønskes det å kunne dokumentere de ulike innvirkningene gliden har hatt på produksjonen, og utfra dette gi en indikasjon på hvorvidt forskalingsmetoden kan ansees å være et godt alternativ eller ikke. Formålet har av den grunn vært å utarbeide en type erfaringskriv, med et dokumenterende og evaluerende perspektiv. Oppgaven er skrevet fra entreprenørens ståsted og tanken er at den skal være til nytte ved eventuelle valg av forskalingsmetode, fortrinnsvis for Veidekke, men også andre entreprenører.

Bacheloroppgave var i utgangspunktet tiltenkt å kartlegge konkurransedyktigheten til forskalingsmetoden, men innledningsvis ble det klart at valget av metode er veldig prosjektspesifikt, og at glideforskaling i denne sammenheng er svært lite dokumentert.

Oppgaven endret derfor perspektiv til å kunne ha en mer utforskende stil, slik beskrevet over. Problemstillingen oppgaveforfatter endte opp med til slutt var:

**«Kan periodisk glidestøp representere en alternativ forskningsmetode for heis- og trappesjakter i boligblokkproduksjon?»**

I tillegg til problemstillingen ble det foreslått av eksternveileder, Sigmund Aslesen, å utvikle noen forskningsspørsmål som gjorde det mulig å bryte problemstillingen ned i mindre deler.

Valgte spørsmål ble:

1. Hvilke faktorer har påvirket valget for periodisk glidestøp?
2. Hva er de mest åpenbare fordelene og ulempene med metoden?
3. Hva er eventuelle forbedringspotensialer?

## **1.4 Avgrensning**

Arbeidet med oppgaven har i all hovedsak foregått våren 2022, og omfanget utgjør en studiebelastning på 20 studiepoeng. Tilgjengelig tid og ressurser har derfor satt klare begrensninger for rapportens omfang.

Bacheloroppgaven tar utgangspunkt i to prosjekter hos Veidekke Entreprenør, hvor bidragsyttere til oppgaven er *interne* ressurser. Oppgaven har derfor noen naturlige avgrensninger, og resultatet vil ikke nødvendigvis kunne overføres til andre tilsvarende virksomheter. Av påvirkningsfaktorer som er identifisert vil omfanget av hver eneste faktor være såpass omfattende at de kan danne grunnlaget for hver sin oppgave. Det er derfor naturlig nok gjort en del avgrensninger. Det er i oppgaven kun trukket frem erfaringer som er relevant for råbyggfasen av byggeprosjektet. Forutgående grunnfase og etterkommende komplettering av råbygg er ekskludert.

Oppgaven er ikke en beregningsoppgave, og har et eksplorativt forskningsdesign. Dette er for å kunne tilegne seg informasjon om forskningsmetoden, som kan være med å danne nye problemstillinger og hypoteser, og forhåpentligvis stimulerer til en videre utvikling.

## 2 Metode

*Kapitlet redegjør for metoden som er brukt i fremskaffelse av datamateriell. Formålet med kapitlet er at leser skal kunne vurdere grunnlaget for data som er innhentet gjennom studiet, og dersom ønskelig bygge videre på arbeidet. Oppgaveforfatter har gjennom bevissthet rundt forskningsmetoden også kunnet kvalitetssikre eget arbeid, gjennom vurdering av styrker og svakheter ved valgt metode (Olsson, 2011).*

### 2.1 Forskningsdesign

Forskningsdesignet eller forskningsplanen er mer eller mindre en detaljert plan over hvordan de forskningsmessige målene skal nås. Det finnes ingen idealoppskrift på et forskningsdesign, og som oftest revideres designet eller planene gjennom arbeidet. Designet innebærer både strategiske overveiinger og taktiske beslutninger som må tas med hensyn til tid og ressurser. Det ble gjennom litteratursøk avdekket at det finnes lite dokumenterte undersøkelser av lignende problemstilling. Videre var oppgaveforfatteres forkunnskaper på valgt tema begrenset. Oppgaveforfatter valgte derfor å ha et mer *eksplorativt design*. Oppgaven tar derav sikte på å tilegne kunnskap som kreves for å kunne formulere hypoteser som vil gi et bedre utgangspunkt for mer systematiske søk i senere studier (Grenness, 1997).

#### 2.1.1 Kvalitativ og kvantitativ metode

Metodelæren skiller mellom to ulike vitenskapelige tilnærminger som benyttes ved undersøkelser av virkeligheten; kvalitativ og kvantitativ metode. Kvalitativ metode benyttes i sammenhenger hvor det ønskes en mer helhetlig og dypere forståelse, og i mindre grad er opptatt av en årsakssammenheng. Metoden er av den grunn særlig hensiktsmessig ved undersøkelse av fenomener som er lite forsket på fra før, og baserer seg som oftest på innsamling av data gjennom skriftlig eller muntlig form. Den kvantitative metoden benyttes derimot i sammenhenger med større mengder tallmaterieell, og egner seg derfor best til kartlegging av utbredelse, sammenhenger eller tendenser i samfunnet (Johannessen, Tufte, & Christoffersen, 2016). Til tross for skille mellom de to metodene benyttes det som oftest en

kombinasjon av begge, hvor for eksempel den kvalitative metoden hjelper med å forstå tallverdiene samlet inn i den kvantitative delen av oppgaven (Olsson, 2011).

### **2.1.2 Reliabilitet og validitet**

En viktig del av studien innebærer å ta stilling til graden av validitet og reliabilitet til innsamlet datamateriell. Reliabilitet og validitet er sentrale begreper innen forskning, og er to kriterier som må oppfylles for at informasjonen skal kunne karakteriseres som god (Larsen, 2017).

*Reliabiliteten*, eller påliteligheten til en studie er knyttet til hvor godt undersøkelsen representerer virkeligheten, og i hvilken grad dataen kan etterprøves. *Validiteten*, eller gyldigheten, avgjør hvorvidt innsamlet data kan trekke gyldige beslutninger utfra problemstillingen, og deles oftest inn i *intern* og *ekstern* validitet. Den interne validiteten angår hvilken grad forskerens fremgangsmåte og funn reflekterer formålet til studie og representerer virkeligheten på en troverdig måte. Den eksterne validiteten angir hvilken grad undersøkelsen kan benyttes til å trekke slutning av funn fra et utvalg til en populasjon. I denne oppgaven benyttes den kvalitative undersøkelsen til en overføring av kunnskap istedenfor en slik generalisering. Overførbarheten er styrket gjennom fyldige beskrivelser av detaljene fra de to prosjektene (Johannessen, Tufte, & Christoffersen, 2016).

### **2.1.3 Deduktiv og induktiv tilnærming**

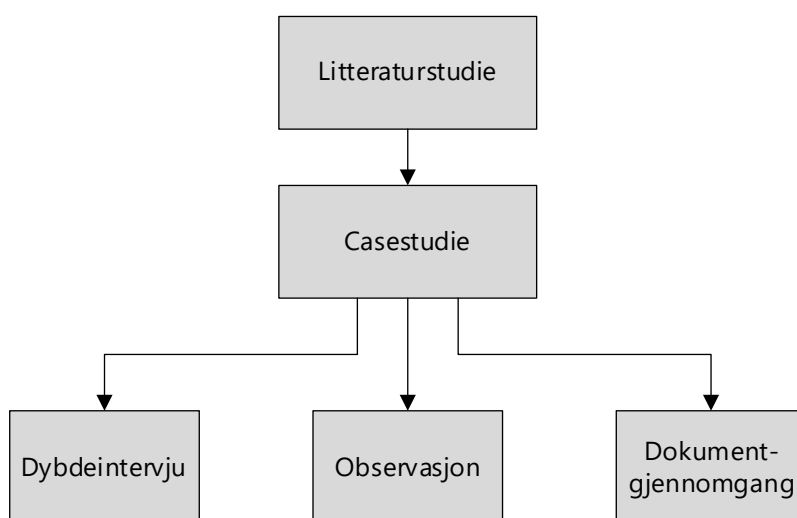
Metodelæren skiller mellom forskjellige måter å trekke slutninger på, og et sentralt skille går mellom uttrykkene deduksjon og induksjon. Forskjellen mellom de to begrepene er at den *induktive tilnærmingen* trekker slutninger fra det mer spesifikke til det allmenne, mens den *deduktive tilnærmingen* undersøker noe utfra allerede utviklet teori, for å teste holdbarheten til generelle påstander, teorier eller hypoteser (Johannessen, Tufte, & Christoffersen, 2016).

Oppgaveforfatter har i bacheloroppgaven hatt en induktiv tilnærming. Slutningene har blitt tatt på et begrenset datagrunnlag, og konklusjonen vil av den grunn i mindre grad kunne overføres til å gjelde andre aktører i bygg- og anlegg bransjen utover Veidekke.



## 2.2 Utvalgte forskningsmetoder

Forskningsmetodene som er valgt for å besvare oppgaven er litteraturstudie og casestudie, hvor casestudiet innebærer dybdeintervju, observasjon, og dokumentgjennomgang. En av hensiktene med å kombinere alle disse metodene er triangulering. Triangulering kommer ordinært fra landmåling og navigasjon, og brukes i metodologien som et verktøy for å avdekke eventuelle skjevheter, ufullstendig eller direkte feil. Dette gjøres ved å kombinere ulike metoder eller data fra forskjellige kilder (Olsson, 2011). Figur 1 gir en oversikt over benyttede metoder, disse vil i følgende delkapitler bli mer detaljert beskrevet.



Figur 1: Oversikt over valgte metoder (Egenprodusert)

## 2.3 Litteraturstudie

Det ble i begynnelsen av studiet gjennomført en litteraturstudie for å finne relevant faglitteratur til oppgaven. Dette ble gjort for å tilegne seg tilstrekkelig med kunnskap og en bedre oversikt over valgt tema. En litteraturstudie som forskningsmetode baserer seg på en gjennomgang av vitenskapelig faglitteratur aktuelt for å kunne belyse og besvare valgt problemstillingen. (Befring, 2020).

## Gjennomføring

Søket etter aktuell faglitteratur kan foregå usystematisk eller systematisk (Halvorsen, 2008). Det er i oppgaven benyttet et systematisk søk, for å sikre at metoden som ledet til resultatet er tydelig. Søkeprosessen som ble benyttet baserer seg på Arksey og O'Malley sine fem faser (2005):

- 1) Identifisering av problemstilling og forskningsspørsmål
- 2) Identifisering av relevant litteratur
- 3) Studere utvalgt litteratur
- 4) Kartlegging av data
- 5) Sortering, sammenfatting og presentere resultatene

Problemstilling og forskningsspørsmål (1) ble utviklet tidlig i prosessen sammen med ekstern veileder fra Veidekke, Sigmund Aslesen. Det ble satt opp en liste over en rekke aktuelle forskningsspørsmål. Gjennom studiet snevret oppgaveforfatter seg inn på de tre mest sentrale forskningsspørsmålene, og valgte å utelukke de andre. Se kapittel 1.3 for valgt problemstilling og forskningsspørsmål. Det ble innledningsvis gjennomført en rekke søk for å kunne få et inntrykk over tilgjengelig mengde litteratur innenfor emnet. Resultatet viste at det var lite tilgjengelig dokumenterte studier på lignende problemstilling.

Før det systematiske søket etter relevant litteratur (2) startet ble det utarbeidet en søkeprofil. Dette er en formulering av aktuelt emneområde. Profilen ble utarbeidet med utgangspunkt i forskningsspørsmål og problemstilling. Det ble i søket benyttet kombinasjonssøking, eller såkalt boolsk søking, ved at søkeordene ble kombinert med OR (eller) og AND (og). Dette ga muligheten til å styre søket ved at AND kun ga treff dersom alle søkeordene forekom, og OR kun ga treff dersom ett eller flere av ordene forekom (Halvorsen, 2008).

Det ble under søkeprosessen med hensyn til arbeidsmengde og begrenset tid kun valgt å benytte seg av søkemotoren Oria. Oria er en søketjeneste som gir tilgang på det meste av NTNU-universitetsbiblioteket og det Norske fagbibliotek sine vitenskapelige verk. Videre er søkemotoren en av VIKO sine anbefalte databaser (NTNU, 2021). Ved å kun benytte seg av Oria unngikk oppgaveforfatter mange duplikater mellom de ulike databasene, og sparte av den grunn tid i søkeprosessen. En ulempe med strategien er at det risikeres å overse relevant litteratur, og muligheten til å kvalitetssjekke utvalgt litteratur oppimot annen nærliggende

litteratur tilgjengelig i andre databaser. Under studering (3) og kartlegging (4) av relevant litteratur ble det opprettet en søkematrise, se Tabell 1.

Tabell 1: Søkematrise (Egenprodusert).

Søketerm		Treff før avgrensing	Treff etter lest overskrift/abstrakt	Utvalgt
Søkeord	Boolske operatører			
Forskaling		86	-	-
	AND Bygg	14		1
Betong		5763	-	-
	AND forskaling	18	8	3
Plasstøp	AND betong	26	5	3
Betongteknologi		172	-	-
	AND betong		8	2
Glidestøp	OR Glideforskaling	16	4	3
Byggeplass		290	-	-
	AND produksjon	54	2	2

For å få tilgang på mer relevant litteratur utover de vitenskapelige verkene identifisert gjennom søkeprosessen, ble det også benyttet kjedesøking (Halvorsen, 2008). Til slutt ble det gjennomført en sortering, sammenfatning og presentasjon (5). Opphavet til benyttet litteratur i teorien stammer fra søkematrisen over. Data innhentet under prosessen ble vurdert utfra TONE-prinsippet, etter anbefalinger fra NTNU sin kildeguide. Prinsippet innebar en vurdering av kildens troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet, derav TONE (NTNU, 2021).

## 2.4 Casestudie

Ordet *case* stammer fra det latinske ordet *casus*, som betyr tilfelle. En casestudie som forskningsdesign innebærer en prosess hvor oppgaveforfatter utformer problemstilling, foretar valg av case, valg av data innsamling og ulike kriterier for å analysere og tolke innsamlet data. Hensikten med casestudiet er å gi ny innsikt, eller utvikle nye prinsipper som kan føre til bedre forståelse av tilfellet. Gjennom studiet utforskes en eller noen få enheter over kortere eller lengre tid. Det ble i oppgaven benyttet et *flercasedesign*, som åpner for sammenligning mellom to prosjekter (Johannessen, Tufte, & Christoffersen, 2016). Hovedvekten er naturlig nok på Ulven prosjektet, og bakgrunnen for å inkludere prosjektet på Løren er for å identifisere forskjeller og likheter fra den mer tradisjonelle driften.

## 2.4.1 Dybdeintervju

I casestudien var en av metodene for innsamling av data gjennom kvalitative intervjuer. Dette er strukturerte samtaler med et formål, hvor det legges vekt på å studere holdninger, meninger eller erfaringer. Det er registreringen av svarene til informanten som er data, hvor hensikten er en dypere forståelse. De kvalitative intervjuene i oppgaven ble brukt for å sikre en dybdekunnskap om hendelsesforløpet, vurderingene og erfaringene som nøkkelpersoner rundt prosessen har gjort og tilegnet seg. For å gjennomføre intervjuer med en god gyldighet og pålitelighet, ble det på forhånd definert et klart formål for hva de ulike intervjuene skulle svare på (Johannessen, Tufte, & Christoffersen, 2016).

For å gjennomføre et intervju, trengs det intervjupersoner. Dalland (2017) definerer en intervjuperson som en person med kunnskap som svarer på spørsmålene fra forsker. I dette tilfellet var det mest aktuelt å benytte fagfolk med kjennskap til feltet, og det ble derfor tidlig i prosessen gjennomført en kartlegging over aktuelle intervjupersoner som hadde vært involvert i byggeprosjektet på fortrinnsvis Ulven, men også Løren. Det ble opprinnelig kun valgt å intervju 6 personer, men etter hvert som oppgaveforfatter kom inn i oppgaven, ble det identifiserte to nye nøkkelpersoner som også ble valgt å inkludere. For å sikre at det ble unngått intervjuer med irrelevante personer, ble valg av intervjupersoner gjort sammen med eksterne veileder. Ettersom prosjektet på Løren ble benyttet kun som referanseprosjekt ble det valgt å starte og avslutte intervjuene på dette prosjektet, vist i Tabell 2. Hovedvekten av intervju er gjennomført på Ulven ettersom det er dette prosjektet som er mest relevant for å besvare problemstillingen. Oversikten over involverte personer i oppgaven er illustrert under i Tabell 2. Grunnet personvern er ikke intervjupersonene navngitt.

Tabell 2: Oversikt over intervjupersoner (Egenprodusert).

Nummer	Intervjuperson	Prosjekt	Dato	Sted
1	Betongformann	Løren	27.10.2021	Byggeplass
2	Betongformann	Ulven	10.11.2021	Byggeplass
3	Betongteknolog	Ulven	26.01.2022	Teams
4	Betongformann	Ulven	29.01.2022	Teams

5	Prosjektleder Veidekke Interform	Ulven	14.02.2022	Teams
6	Prosjektleder elektro Bravida	Ulven	24.03.2022	Byggeplass
7	Betongbas	Ulven	31.03.2022	Byggeplass
8	Betongformann	Løren	27.04.2022	Byggeplass

### Gjennomføring

«Et vellykket intervju er avhengig av at du har forberedt deg godt» (Dalland, 2017, s. 77).

Forberedelsene til et intervju er avhengige av ønsket grad av struktur (Johannessen, Tufte, & Christoffersen, 2016). I begynnelsen av studiet var oppgaveforfatter lite belyst på emnet og intervjuene ble i liten grad forberedt. De første intervjuene bar derfor mer preg av en samtale, hvor spørsmålene var korte og svarene til intervjuobjekt var bredere og gikk mindre i dybden. Etter hvert som oppgaveforfatter tilegnet seg mer kunnskap fikk intervjuene en mer strukturert form. Spørsmålene ble derfor i større grad forberedt og standardisert, og det ble etter hvert tatt i bruk intervjuguiden, som er en beskriver oppskrift over temaene som skal gjennomgås under intervjuet, se vedlegg A for intervjuguidene benyttet i oppgaven (Olsson, 2011).

Gjennomføring av intervjuene skjedde via Teams eller fysisk deltakelse. Det ble i gjennomføringen valgt å ta utgangspunkt i Nils Olssons (2011) «Praktisk rapportskrivning». Innledningsvis i intervjuet ble det informert generelt om oppgaven, hvem oppgaveforfatter var og hva problemstillingen gikk utpå. Videre ble det gitt informasjon om hvordan opplysningene som ble innhentet ville bli behandlet, samt hvordan anonymiteten til intervjuobjektet ble håndtert. Det ble under intervjuet tatt enten personlige notater eller lydopptak ved hjelp av diktafon. I tilfellene med lydopptak ble det gitt samtykke av intervjuperson før intervjuet startet. Oppgaveforfatter valgte å forholde seg til intervjuguiden for å hindre avsporing, men var åpen for å bevege seg bort fra manus dersom intervjuperson brakte nye aktuelle temaer inn på banen.

Etterarbeidet bestod av en renskrivning av notatet eller transkribering av lydopptak.

Transkriberingen gikk utpå å skrive ned ord for ord det som ble sagt. Arbeidet var strevsomt,

men ga mulighet til å gjenoppleve intervjuene. Deretter ble teksten bearbeidet fra en muntlig til skriftlig form, og tematisert. Tematiseringen innebar en oppmerking av de ulike temaene som ble tatt opp gjennom intervjuet, og kartla de i forhold til forskningsspørsmålene. Dette gjorde det enklere å analysere og sammenligne resultatene (Dalland, 2017).

## **2.4.2 Observasjon**

En observasjon handler om å avdekke, registrere eller kartlegge hvordan samhandlingen mellom mennesker foregår, og hvordan de forholder seg til de fysiske miljøet (Lund & Haugen, 2006). Metoden krever at det som observeres lagres gjennom notater eller video, og at innsamlet data deretter må analyseres og tolkes for å gi mening. I motsetning til et intervju, hvor forsker selv skaper situasjonen, skal en observatør påvirke situasjonen minst mulig. Observasjon og intervju som metoder henger nært sammen, og ved å kombinere de to metodene kan den ene bidra til å utfylle den andre, samt gjennomføre en metodetriangulering (Dalland, 2017). Formålet med observasjonen var å kunne tilegne seg et mer helhetlig bilde over innvirkninger forskningsmetoden hadde på arbeidet ute på byggeplass. Det ble derfor valgt å benytte en form for kvalitativ observasjon. Dokumenteringen av innsamlet data ble foretatt gjennom bilde, og observasjonsnotat. Se vedlegg B for observasjonsnotat.

### **Gjennomføring**

I forberedelsen av observasjonen ble det tatt utgangspunkt i hvilken struktur som skulle benyttes. Dalland (2017) skiller her mellom ustrukturert og strukturert observasjon, hvor den ustrukturerte observasjonen kjennetegnes av liten grad av planlegging, mens den strukturerte krever en mer detaljert planlegging over hva som skal vektlegges.

En fordel med sommerjobben i 2021 var at oppgaveforfatter hadde muligheten til å gjøre seg kjent med miljøet. Dette gjorde at det i ettertid ble lettere å finne egnede situasjoner som belyste problemstillingen. Det ble under sommerjobben tatt en rekke bilder og videoer under glideperioden, som i senere tid viste seg å ha stor nytte. Med bakgrunn i den ustrukturerte observasjonen som ble gjennomført under sommerjobben, ble det sammen med eksternveileder planlagt når den strukturerte observasjonen skulle foregå, og hva som burde vektlegges. Av observasjoner som ble gjennomført var alle utført på slutten av 2021, da både prosjektet på Ulven og Løren var i råbyggfasen under denne perioden. Råbygget var av den grunn ferdigstilt under oppgaveperioden. De ulike strukturerte observasjonene som er gjennomført er listet opp under

- *Observasjon 1*: Ulven, gjennomført 22.09.2021.
- *Observasjon 2*: Ulven, gjennomført 20.10.2021.
- *Observasjon 3*: Løren, gjennomført 27.10.2021.

En viktig del av en observasjon er å ta stilling til hvilken grad av deltakelse observatør skal ha. Johannessen, Tuft og Christoffersen skiller mellom de fire ulike variantene *fullstendig deltaker*, *deltaker som observatør*, *fullstendig observatør* og *observatør som deltaker*, hvor forskjellen mellom de ulike variantene ligger i graden av deltakelse (Johannessen, Tuft, & Christoffersen, 2016). Oppgaveforfatter valgte å inntre i rollen *observatør som deltaker*, og engasjerte seg derfor i liten grad i samhandlingen mellom de ulike deltakerne ute på byggeplassen.

### 2.4.3 Dokumentgjennomgang

I tillegg til intervju og observasjon ble det gjennomført dokumentgjennomgang ved begge prosjektene. En dokumentgjennomgang er en analyse av data som er utviklet for andre formål enn forskning (Thagaard, 2018). Dokumentgjennomgangen baserte seg på prosjektrelatert informasjon, og innhenting foregikk ved at oppgaveforfatter etterspurte intervjupersoner eller eksterne veiledere. Oppgaveforfatter fikk på Ulven Vest også tilgang til prosjektmappene i databasen Dalux. Under er innhentede dokumenter listet opp:

Ulven Vest:

- *Veileder i plass-støpt betong*, PDF. Tilsendt av ekstern veileder.
- *Effektivisering av plasstøping (Sintef-rapport)*, PDF. Tilsendt av ekstern veileder, med tillatelse fra forfatter.
- *Basplaner betong*, PDF. Hentet fra Dalux.
- *Hovedfremdriftsplan*, MS Project, Tilsendt av betongformann.
- *Arbeidstegning glideform*, PDF. Hentet fra Dalux.
- *Oversikt over pris, og bemanning*, PDF. Tilsendt av betongformann
- *Evalueringsmøte av glid*, PDF. Tilsendt av ekstern veileder.

Løren Botaniske:

- *Arbeidstegning systemforskaling*, PDF. Tilsendt av betongformann
- *Syklusplan*, PDF. Tilsendt av betongformann

- *Syklusoversikt*, PDF, Tilsendt av betongformann
- *Plantegning*, PDF. Tilsendt av betongformann
- *Riggplan*, PDF. Tilsendt av betongformann
- *Oversikt over pris, og bemanning*, Excel. Tilsendt av betongformann

## 2.5 Andre informasjonskilder

I forbindelse med BYGG2352 «*Betongteknologi*» ble oppgaveforfatter tipset av emneansvarlig om heldagskurs i prosjektering, planlegging og gjennomføring av glidestøp. Kurset baserte seg på Norsk Betongforenings publikasjon nr. 25. «*Veiledning for prosjektering og utførelse av konstruksjoner utstøpt med glideforskaling*», og inneholdt den seneste teknologiutvikling av produksjonsteknikken. Oppgaveforfatter deltok på kurset som ble arrangert den 18.januar 2022 av Norsk Betongforening i regi av Tekna.

## 2.6 Kvalitetsvurdering

### 2.6.1 Litteraturstudie

#### Reliabilitet

Litteraturstudiet sin etterprøvnbarhet styrkes gjennom den strukturerte gjennomgangen, dokumentert med søkematriksen. En svakhet er kjedesøkingen som er benyttet, og i mindre grad dokumentert. Vurdering av innhentet litteratur er gjort i henhold til TONE-prinsippet, noe som styrker studiets pålitelighet, gjennom en tydeliggjør av oppgaveforfatter sin kildekritikk. En svakhet er allikevel det subjektive utvalget som er gjennomført. *Totalt sett ansees reliabiliteten til litteraturstudie som middels-sterk.*

#### Validitet

En tidligere nevnt svakhet ved litteraturstudiet er databasegrunnlaget, som er redusert til kun én, for å redusere arbeidsmengden. Dette er med på å svekke studiets validitet. Litteratursøket som er utført ansees også å ha en middels grad av validitet, ettersom oppgaveforfatter ikke lyktes fullstendig med å finne direkte relevant litteratur. Høyst sannsynligvis skyldes dette en



mindre mengde tilgjengelig dokumentasjon fra tidligere studier. *Totalt sett ansees validiteten til litteraturstudie som middels-svak.*

## **2.6.2 Casestudie**

### **Reliabilitet**

Kvalitative intervjuer og observasjoner vil alltid være umulig for andre å duplisere (Johannessen, Tufte, & Christoffersen, 2016). Det er gjort et forsøk på å øke studiets pålitelighet gjennom en strukturert intervjuguide, observasjonsnotater og bilder. En svakhet er at det i begynnelsen av oppgaven ikke ble benyttet en strukturert guide, og intervjuene bar derfor mer preg av en samtale. Selv om det benyttes en guide, vil intervjuet som oftest styres av samtalen, og av den grunn intervjupersonen. Datainnsamlingen gjennom intervjuer ansees derfor å være situasjons bestemt. Det ble gjennom observasjonene tatt både bilde og ført observasjonsnotater, svakheten med observasjon som innsamlingsmetode er at den er kontekstavhengig og verdiladet. Et annet aspekt er at oppgaveforfatter bruker seg selv som instrument, tolkningen vil av den grunn bli påvirket av bakgrunns kunnskapene. *Totalt sett ansees reliabilitet til casestudiet som middels-svak.*

### **Validitet**

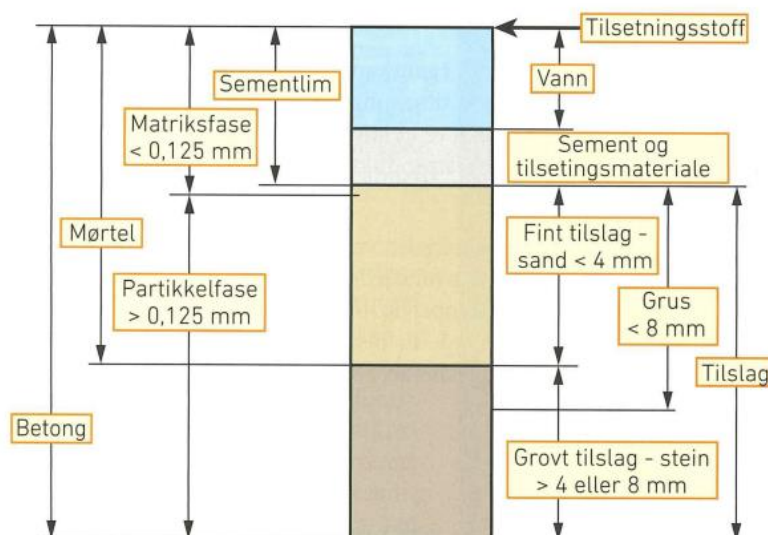
Oppgaveforfatter hadde gjennom sommerjobben en vedvarende observasjon, hvor det ble investert mye tid til å gjøre seg kjent med feltet. Dette gjorde at det under innhenting av data ble enklere å skille mellom relevant og ikke relevant informasjon. En annen styrke ved den interne validiteten er at intervjuene i starten bar mer preg av en samtale. Dette gjorde at oppgaveforfatter raskt fikk en mer helhetlig oversikt over evne, og lettere kunne identifisere hvilke sider av problemstillingen som var viktigst å belyse. En svakhet ved den interne validiteten er at oppgaveforfatter ikke har tilbakeført resultatet fra intervjuene til informant for å bekrefte det. Resultater er kun kontrollert av ekstern veileder. Dette skyldes hovedsakelig tidspresset i slutten av oppgaveperioden. Casestudiets eksterne validitet (overførbarhet) er styrket gjennom fyldige beskrivelser, slik at andre selv kan bedømme om studiets resultat kan overføres til andre kontekster (Johannessen, Tufte, & Christoffersen, 2016). *Totalt sett ansees validitet til casestudie som middels-svak.*

# 3 Teori

Hensikten med teorikapittelet er å gi en kort innføring, samt danne et teoretisk grunnlag å forankre oppgavens casestudie til. Kapittelet beskriver teori forankret i eksisterende litteratur, og er utarbeidet gjennom litteraturstudien.

## 3.1 Betong som materiale

Betong er sammen med tre og stål et av våre viktigste byggematerialer. Det er i volum det mest benyttede konstruksjonsmaterialet i vår tid. Byggematerialet har vært brukt i flere tusen år, og forskere antar at historien til betongen startet for ca. 10 000 år siden, riktig nok med et annet bindemiddel. Materialet er et komposittmateriale, som vil si at det er sammensatt av ulike bestanddeler. Bestanddelene i betong utgjøres av bindemiddel, tilslag, vann, og mindre mengder av tilsetningsmaterialer og tilsetningsstoff. Det er delmaterialenes komplementære egenskaper som gir egenskapene til betongen. Betong som konstruksjonsmateriale har av den grunn egenskaper som ingen av delmaterialene har hver for seg. Omtrentlig volumfordeling av betongens bestanddeler er illustrert under i Figur 2, (Maage, et al., 2019):



Figur 2: Betongens bestanddeler (Maage, et al., 2019, s. 13)

### **3.1.1 Bindemiddel**

Bindemiddel er materialer som benyttes til å lage sementlim. For at betongen skal kunne oppnå styrke, tetthet og god bestandighet kreves det et sementlim med gode egenskaper. Det mest brukte bindemiddelet er sement, men det benyttes også tilsetningsmaterialer som pozzolaner, og nedmalt jernslag (Sandaker, Sandvik, & Vik, 2019).

#### **Sement**

Sement er et hydraulisk bindemiddel, som vil si at det ikke har bindeegenskaper før det kommer i kontakt med vann (Maage, et al., 2019). Sement som bindemiddel streker seg tilbake til oldtiden. Arkeologiske funn tyder på at både grekere og romere blandet knust keramikk, og andre brente kalkinnholdige materialer tilbake til 3650 før Kristus. I senere tid lagde romerne et sammenlignbart materiale av vulkansk jord og vulkanske bergarter (Engelsen & Aarstad, 2016). Forløperen til sementen slik den kjennes i dag ble oppfunnet i England 1824 av Joseph Aspdin, og ble navngitt «*portlandsement*» etter den engelske portlandsteinen. Portlandsementen har etter den tid endret seg vesentlig. I dag benyttes ordet portlandsement som et fellesbegrep på alle sementer som inneholder 95-100% «portlandklinker» og maks 5% tilsetningsmaterialer (Maage, et al., 2019).

#### **Vanninnhold**

Forholdet mellom effektiv vannmengde og bindemiddel (sement og eventuelle tilsetningsmaterialer) kalles for masseforholdet. I betong med bindemiddel kun bestående av vann og ren sement betegnes blandingsforholdet på vektbasis mellom vann og sement, og kalles v/c-tallet. Masseforholdet eller v/c-tallet er faktoren som har størst innvirkning på limkvaliteten, og styrer betongens bestandighet- og mekaniske egenskaper (Maage, et al., 2019).

#### **Kjemisk sammensetning**

De fleste rene portlandsementer består av en rekke oksider, hvor disse stort sett finnes som fire hovedmineraler. De fire hovedmineralene utgjør 90-95% av en ren portlandsement. De resterende 5-10% består av fri kalk, magnesiumoksid, tilsatt gips, og alkaliene kalium og natriumoksid, hvor alle disse er viktige for sementens egenskaper. Egenskapene til sement varieres ved å endre på den kjemiske sammensetningen, eller ved å male den til forskjellige finheter. Den kjemiske sammensetningen endres ved å justere mengdeforholdet mellom de fire hovedmineralene. Ved justering endres egenskaper som; varmeutvikling,

fasthetsutvikling, fasthetspotensiale og bestandighet. De fire hovedmineralene er her listet opp i Tabell 3: De fire hovedmineralene i portlandsement , (Maage, et al., 2019, s. 83):

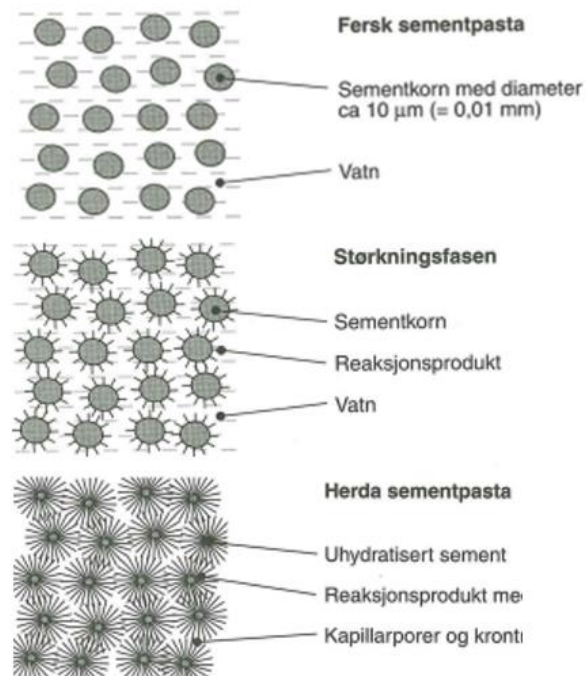
Tabell 3: De fire hovedmineralene i portlandsement (Maage, et al., 2019, s. 83)

Navn	Kjemisk formel	Symbol
Trikalsiumsilikat	$3CaO * SiO_2$	$C_3S$
Dikalsiumsilikat	$2CaO * SiO_2$	$C_2S$
Trikalsiumaluminat	$3CaO * Al_2O_3$	$C_3A$
Tetrakalsiumaluminatferritt	$4CaO * Al_2O_3 * Fe_2O_3$	$C_4AF$

### Hydratasjon

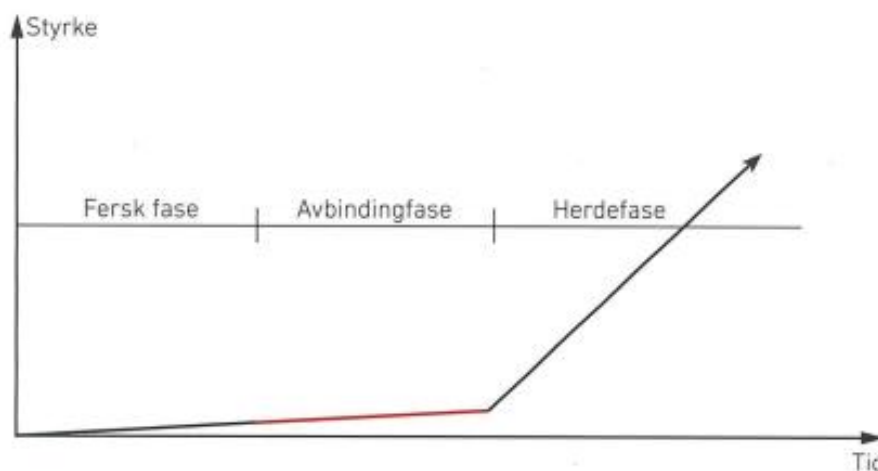
Når sementen blandes sammen med vann til sementlim starter en kjemisk prosess kalt hydratasjon. Under hydratasjonen stivner og herder sementlimet, og det dannes et fast og bindende reaksjonsprodukt kjent som sementgel. Dette skjer som følger av at det vokser nålformet reaksjonsmasse utfra overflaten av sementkornene (Gjerp & Opsahl, 1998).

Utviklingen av reaksjonsproduktet kan sees i Figur 3.



Figur 3 Illustrasjon av hydratasjon (Gjerp & Opsahl, 1998, ss. 9-10).

Maage (2019) deler betongen inn i tre faser med hensyn på styrke og tid; *fersk fase*, *avbindingsfase* og *herdefaser*, her illustrert under i Figur 4. Denne kan sees i sammenheng med Figur 3. Grunnet en tilsatt mengde gips skjer ikke hydratasjonen momentant, og betongen får derfor en fersk fase hvor støpligheten til betongen kan benyttes. Etter at gipsen er nedbrutt starter hydratasjonen, og betongen går fra å være flytende til fast og mister derav støpligheten. Dette er avbindingsfasen. Avbindingsfasen skjer ikke momentant, og tar ved en temperatur på 20 grader ca. 2-4 timer. Etter avbindingsfasen går betongen inn i herdefasen hvor det aller meste av hydratasjonen, varmeutviklingen og styrkeutviklingen skjer.



Figur 4: Betongens ferskfase, avbindingsfase og herdefase (Maage, et al., 2019, s. 57)

### 3.1.2 Tilsetningsmaterialer

#### Pozzolaner

Pozzolaner har i motsetning til sementen ikke hydrauliske egenskaper, og herder derfor ikke med vann. Gjennom pozzolanreaksjonen reagerer materialet med restproduktet fra herding av sementen og danner et bindemiddel som gir bedre styrke, tetthet og bestandighet. Silikastøv og flygeaske er de mest brukte pozzolanene i Norge (Maage, et al., 2019).

*Silikastøv* er et restprodukt fra produksjon av silisium- og ferrosilisiummetall. Restproduktet oppstod på begynnelsen av 1970-tallet som et resultat av et innført miljøkrav, som krevde at industrier renses støvet fra røykgasser ved produksjon. Støvet var i begynnelsen svært billig, noe som førte til at store mengder sement ble skiftet ut med pozzolanet. Prisen har siden den

gang steget vesentlig og doseringsmengde ligger i dag mellom 3-5% av sementmengden (Maage, et al., 2019).

*Flygeaske* er et restprodukt som fremstilles ved rensing av røykgassen i kullfyrte varmekraftverk, og blir for det meste brukt ved framstilling av norske FA-sementer. I tillegg kan også restproduktet bli tilsatt betongen på blandeverket under blanding. Partiklene til flygeaske er omtrent på størrelse med sementkornene, og ved tilsetning under sementproduksjon blir partiklene knust i sementmølla. Flygeaske som tilsettes ved blanding av betong er grovere, og har en større spesifikk overflate enn flygeasken tilsatt under sementproduksjon. Det vil derfor være en liten forskjell mellom betongen utfra når flygeasken tilsettes (Maage, et al., 2019).

### **3.1.3 Tilslag**

Tilslag er en fellesbetegnelse for naturlig oppdelt eller mekanisk knust sand- og steinmateriale. Det utgjør ca. 60-70% av betongens volum, men deltar ikke kjemisk i betongens størkning og herding. Tilslagets egenskaper har stor innvirkning på betongens egenskaper, spesielt betongens stivhet og støpelighet i ferskfasen. Egenskapene i ferskfasen er avgjørende for at betongen skal kunne fylle forskalingen, omslutte alt av armeringsjern og holde seg stabil nok til at separasjon av vann eller mørtel unngås. (Gunnarsjaa, 2021; Maage, et al., 2019).

### **3.1.4 Tilsetningsstoffer**

Tilsetningsstoff er et fellesbegrep på en stor sammensatt gruppe med ulike produkter som kan tilsettes betongen i små mengder. De ulike tilsetningsstoffene benyttes til å oppnå eller forbedre egenskaper ved betongen i fersk og/eller herdet tilstand. For at stoffene skal kunne benyttes i betongen må de tilfredsstillende kravene i NS-EN 934-2. Stoffene deles inn i fem klasser utfra hvilken hovedvirkning de har på betongen (Sandaker, Sandvik, & Vik, 2019). De fem forskjellige hovedtypene med tilsetningsstoffer og deres tilhørende egenskaper er beskrevet i Tabell 4 på neste side. Det eksisterer også en rekke andre tilsetningsstoffer utover de beskrevet i tabellen, som benyttes i en mindre grad ved mer spesielle forhold (Maage, et al., 2019).

Tabell 4: Tilsetningsstoffer, og tilhørende egenskaper (Sintef, 2010; Maage, et al., 2019).

Klasse	Egenskaper	Effekt
Luftinnførende (L)	Danner ørsmå luftbobler ved innblanding. Boblene fordeler seg jevnt i betongen.	Øker betongens motstand mot frysing og tining i herdet tilstand, bidrar til smidigere og mer stabil betong, men reduserer normalt fastheten 5% for hver prosentenhett luft.
Plastiserende/-vannreducerende (P)	Dispergerer sementkornene i vannet ved å redusere overflatekrefter og friksjon mellom sementpartiklene.	Øker støpbarheten til fersk betong uten å øke vanninnholdet, eller opprettholder ønsket støpbarhet med redusert vanninnhold. Kan ved store doseringer retardere størkningsforløpet.
Akselererende (A2)	Påvirker reaksjonshastigheten mellom vann og de fire hovedmineralene, slik at hydratiseringen går raskere.	Gir enten en forkortelse av størkningstid, forgang i fasthetsutvikling, eller begge deler.
Størkningsretarderende (R1)	Påvirker reaksjonshastigheten mellom vann og de fire hovedmineralene i sementen, slik at den avtar.	Gir enten en forlenget størkningstid, langsommere fasthetsutvikling, eller begge deler.
Injeksjonsstoffer (I)	Består som oftest av en rekke typer tilsetningsstoffer med ulike egenskaper.	Reduserer separasjon, øker flyteevne, og ekspanderer.

### 3.1.5 Armert betong

Strekkfastheten til betong er som oftest 3-5MPa, og tilsvarer ca. 10% av trykkfastheten.

Uarmert betong brukes av den grunn kun i rent trykkpåkjennte konstruksjoner, og bruksområde avgrenses til enkle konstruksjoner som for eksempel plate på flatmark. Dette danner grunnlag for at det ved praktisk dimensjonering antas at betongen ikke tåler strekk i det hele tatt. For å holde sammen betongen under strekkbelastning støpes det derfor inn armering med evne til å ta opp de aktuelle strekkbelastningene. Armering tilfører betongkonstruksjonen duktilitet og strekkstyrke, og armert betong kan dermed betraktes som en kompositt. Det finnes tre hovedtyper armering i betong (Sandaker, Sandvik, & Vik, 2019; Maage, et al., 2019):

- *Spennarmering*: Brukes for å gi betongen trykkspenninger før konstruksjonen belastes med nyttelast. Prinsippet bygger på at innførte trykkrefter kompenserer for strekkreftene som oppstår ved bøyning.
- *Fiberarmering*: Stålfibre eller fibre i andre materialer som blandes inn i betongen, benyttes spesielt i tynne betongtversnitt der tradisjonell stengarmering ikke er egnet.
- *Slakkarmering*: Armeringsstål i form stålstenger, skjøtejernskassetter og/eller stålnett som støpes inn i konstruksjonen uten å bli påført ytre krefter.



## 3.2 Plasstøpt betong

### 3.2.1 Forskaling

Forskaling er avstivende og bærende former som benyttes ved utstøping av betong. Hensikten til forskalingen er å forme og holde betongen på plass til tilstrekkelig fasthet er oppnådd.

Valget av forskaling baseres på hvilke type konstruksjon som skal støpes, og innebærer som oftest valg av forskalingssystem, tilhørende komponenter, avstivningssystem, samt smøremiddel til formhud. Beslutning av forskalingsmetode tas i henhold til aktuelle funksjonskrav, og gjøres som oftest så rasjonelt og økonomisk som mulig (Hanna, 1999; Ekeløf & Arve, 1995). NS-EN 13670 stiller følgende generelle krav til forskalingen (Standard Norge, 2010):

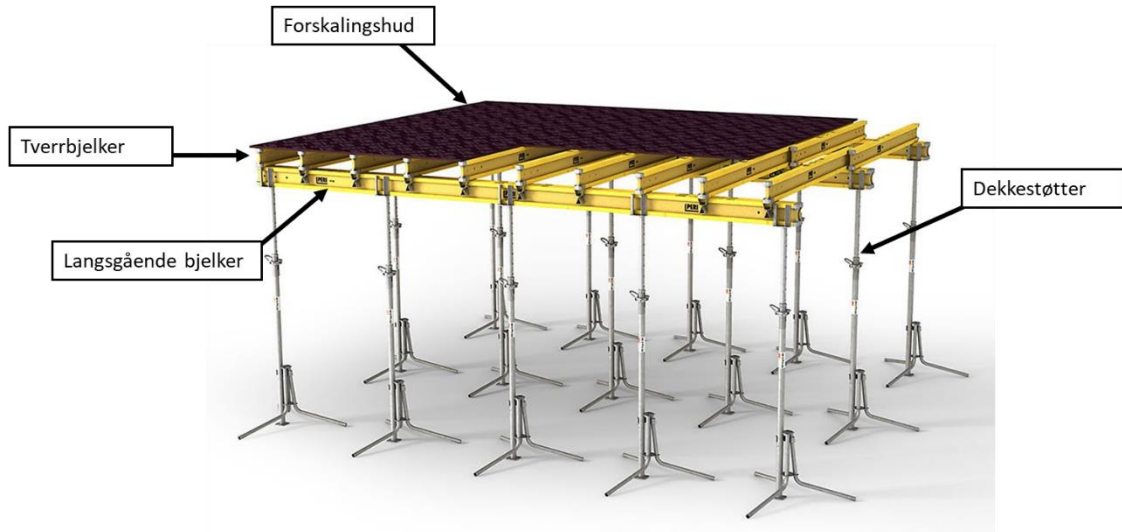
- Være sterk nok til å motstå de forutsigbare lastene gjennom byggeperioden.
- Være stiv nok til at de spesifiserte geometriske toleransene for konstruksjonen overholdes, og konstruksjonen ikke skades.
- Ikke medføre til at betongkonstruksjonens form, funksjon, utseende, eller bestandighet blir forringet.
- Forskalingen og eventuell tilhørende understøttelse samsvarer med NS-EN 13670+NA, og den aktuelle europeiske standarden.

Det skilles primært mellom to typer forskalinger; bærende (*dekkeforskaling*) og støttende forskaling (*veggforskaling*) (Jacobsen, 2014).

### 3.2.2 Dekke og etasjeskiller

#### Dekkeforskaling

Dekkeforskalingen skal bære vekten av den ferske betongen, materialer, utstyr og bemanning (Jacobsen, 2014). Lastene som påføres dekkeforskalingen er ofte mindre enn støpetrykket som oppstår under en veggstøper. Kritisk for dekkeforskalingen er en eventuell nedbøying ved påstøp. Prinsippet med forskalingen er at lastene overføres fra overflaten av forskalingen til den bærende strukturen. Den *tradisjonelle dekkeforskalingen* bygges opp med forskalingshud, tverrbjelker, langsgående bjelker og dekkestøtter. Dette vises i Figur 5.



Figur 5: Illustrasjon av dekkeforskaling (Peri, u.d.)

I boligblokkprosjekter benyttes normalt *plattendekke*. Plattendekke er en hybridløsning mellom plass-støp og prefabrikkert betongelement. Elementene prefabrikkeres i egen fabrikk og transporteres til byggeplass. Platene monteres i underkant dekke, og fungerer som dekkeforskaling til den ferske betongen som støpes ut over. Hovedarmeringen er støpt inn i det ferdige dekket, og fordeling- og topparmering monteres på armeringsryttere i forskalingsplaten. Dette sikrer at påstøpen og den prefabrikkerte platen får et fullstendig samvirke. Tykkelsen på påstøpen er avhengig av tiltenkte egenskaper relatert til bæreevne, spennvidde, brann- eller lydkrav (Maage, et al., 2019; Varvin Hjelseng, 2014). Plattendekke kan legges over sandwichvegger, lecavegger, hatteprofiler, betongvegger eller lignende, og støttes opp ved hjelp av tverrgående dekkestøtter, også kalt dekkereis. Metoden reduserer normalt byggetiden ved at man slipper å legge underkantarmering, og rive forskaling etter støp. Dekkene sparer også plass da de monteres forløpende ved levering (Jacobsen, 2014).

### Produksjonsprosess dekke

Jacobsen (2014) skiller primært mellom to metoder for å forankre dekke til vegg. Det første er at *veggene støpes i forkant*, og det monteres skjøtearmering dit dekkene skal. Når veggene er støpt til toppen av bygget starter dekkedriften. Det andre alternativet er å *støpe veggene og dekkene sekvensielt*. Ved en sekvensiell etasjedrift støpes veggene først, deretter dekket for etasjen over. Når dekket over er herdet, kan veggdriften i overliggende etasje starte.

Dekkeproduksjon med plattendekke kan deles inn i følgende fire trinn (Wethelund, 2011; Jacobsen, 2014; Deraas, Boye, & Miland, 2019):

1. *Plattendekke*: Plattendekke ankommer byggeplassen, og heises direkte på plass ved levering, se Figur 6 hentet fra casestudiet.



*Figur 6: Leveranse av plattendekke (Egenprodusert)*

2. *Sikring*: Det vil alltid være en viss fare ved dekkereis, spesielt tilknyttet til store fallhøyder ettersom dekke reises oppover i etasjene. Dekket må av den grunn sikres før arbeidet kan påbegynne. Tradisjonelt benyttes fallsele og kantsikringer.
3. *Armering/El- montering*: Fordelingsarmering, tekniske føringer, sprinkler, topparmering og eventuelt prefabrikkerte balkonger monteres.
4. *Støp*: Støpen opp på dekke gjennomføres i to steg, først støp av badenedsenk til badekabiner, så dekkestøp. Se Figur 7.
5. Betongen herder.



*Figur 7: Påstøp på plattendekke (Deraas, Boye, & Miland, 2019)*

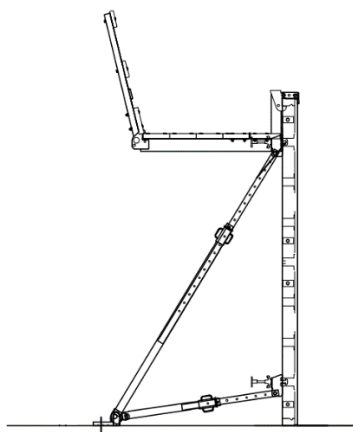
### 3.2.3 Vegger

#### Veggforskaling

En veggforskaling er en støpeform oppbygd av to forskalingssider som holdes sammen av gjennomgående stag eller andre type bindere. Stagene finnes i ulike lengder og dimensjoner alt utfra veggtykkelsen som er prosjektert. Hensikten med veggforskalingen er å motstå betongtrykket som virker vertikalt på innsiden av forskalingsformen. Innenfor veggforskaling benyttes det som oftest enten en tradisjonell veggforskaling eller en systemforskaling (Ekeløf & Arve, 1995).

Ved en *tradisjonell veggforskaling* bygges forskalingen opp fra bunnen av. Den tradisjonelle forskalingen benyttes oftest når geometrien er kompleks, eller konstruksjonen er en engangsforeteelse og ikke skal gjentas innen rimelig tid. Forskalingen brukes som oftest ved spesielle arkitektoniske utforminger, fundament eller ved krevende tilpasninger mot grunn (Jacobsen, 2014).

En *systemforskaling*, vist i Figur 8, er oppbygd av flere standardiserte forskalingskassetter. Kassettene fås i ulike bredder og høyder, og kan ved hjelp av et låsesystem kombineres og tilpasses til ønskede formål. Dimensjoneringen av systemforskalingen gjøres oftest av leverandør. Forskalingen er lett å montere og rive, men krever kran ettersom at den er veldig tung. I boligbygging og annen drift hvor betongarbeidet er mindre komplekst er denne forskalingen dominerende. I likhet med den tradisjonelle forskalingen avsluttes veggen med endesteng. Dette er oftest tre bjelker som monteres på enden av der veggen skal avsluttes. (Jacobsen, 2014; Ekeløf & Arve, 1995).



Figur 8: Forskalingsflak (Vedlegg E)

## **Produksjonsprosess vegg**

Veggproduksjonen med systemforskaling deles tradisjonelt inn i følgende seks trinn (Wethelund, 2011; Jacobsen, 2014; Maage, et al., 2019):

1. *Enkling*: Første forskalingsflaket settes opp. Hvilken side som settes opp først avgjøres utfra ulike praktiske hensyn. På forhånd gjennomføres det nøyaktige målinger, og merkes opp med avstandsklosser eller tilsvarende produkter hvor forskalingen skal stå. Før montering renses og smøres formen.
2. *Armering/ El – montering*: Etter en enkling monteres armering, eventuelle utsparinger, tekniske anordninger og innstøpningsgods. Tradisjonelt monteres armeringen først for å unngå å rive eller ødelegge andre detaljer. Dette skyldes at armeringen kan være vanskelig å manøvrere under heising. Armeringen monteres etter armerings tegninger, og posisjonen sikres ved å binde armeringstengende sammen med ståltråd ved hjelp av jernbindermaskin, eller jerntang. Overdekningen sikres med avstandsklosser, som bindes til armering, og spikres fast i forskalingshuden. Dette sikrer at all armering holder overdekningen som er prosjektert.
3. *Dobling*: Når alt av innstøpningsgods, armering, og utsparinger er ferdig montert kan forskalingen lukkes. Dette gjøres ved å stille den andre siden av forskalingssystemet inntil, og kalles for en dobling. Før dobling påføres olje på forskalingshuden. Ved bruk av systemkassetter er det viktig å få disse rett i forhold til hverandre, slik at hullene til stagen blir rett og stagen kan føres igjennom.
4. *Støping*: Vegger og søyler støpes lagvis. Ved oppstart legges betonglagene med en tykkelse på mellom 20-30 cm. De øvrige lagene har som oftest en høyde på 40-50 cm og maks tilsvarende lengde som vibratoren. Normal stige-hastighet ved veggstøp basert på standard betong med 4-5 timer avbindingstid ligger mellom 0,5 til 0,8 m per time. Ved veggstøp egner selvkomprimerende betong (SKB) seg godt. Veggstøp med SKB gjennomføres enten med samme stighøyde som vanlig betong, neddykket rør hvor veggen fylles opp med en gang, eller støp med ventiler i bunn av forskaling. Forskalingen tåler normalt 70-80 kN/m<sup>2</sup> som tilsvarer ca. 3 meter med fersk SKB.
5. Betongen herder.
6. *Nedrigging /pussing*: Før forskalingen kan rives, må betongen ha tilstrekkelig med fasthet. Vanligvis rives forskalingen dagen etter en veggstøp.

### 3.2.4 Plasstøpt betongproduksjon

Ved planlegging av plasstøpt betongproduksjon deles det normalt inn i sykluser, hvor målet er å oppnå en regelmessig gang og et repeterbart mønster. En syklus representerer som oftest en etasje. Varigheten bestemmes primært av antall vegger, tilgjengelig arbeidskraft og krankapasitet. Praktisk erfaring er derfor nøkkelfaktorer for å kunne lage realistiske planer. For å oppnå en regelmessig gang benyttes det en syklusplan, som beskriver den daglige driften og aktivitetene som skal gjennomføres (Deraas, Boye, & Miland, 2019).

Syklusplanen er en såkalt aktivitetsplan med en rekke arbeidsoppgaver som skal gjennomføres. Av aktiviteter direkte tilknyttet betongdriften i syklusplanen skilles det mellom etasjeskiller- og veggproduksjon. Hvor arbeidsoppgavene tilknyttet disse aktivitetene er skildret tidligere i kapittelet (Deraas, Boye, & Miland, 2019).

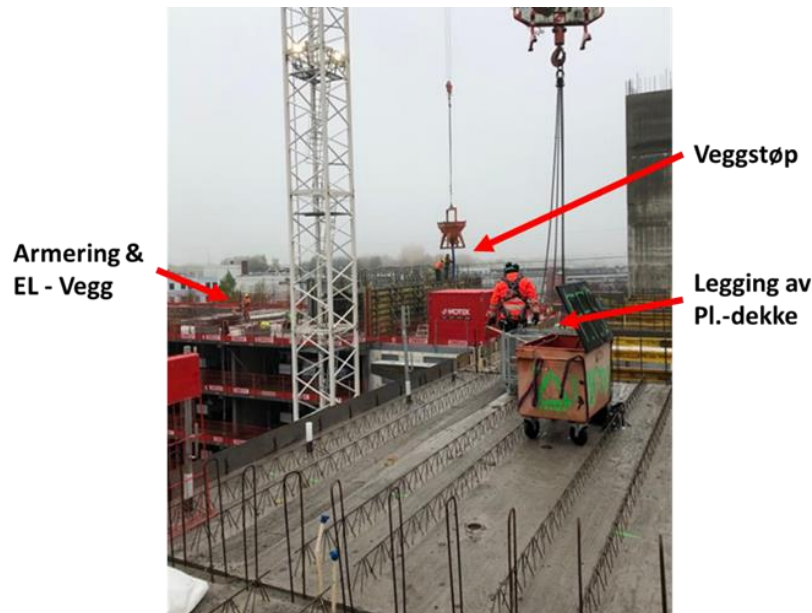
Tradisjonelt benyttes det to forskalingssystemer i veggproduksjonen. Grunnet betongens herdebehov gjennomføres veggstøper som oftest i siste halvdel av dagen. Dette gjøres for at herdetiden kan foregå over natten. Under syklusen flyttes forskalingen fra den ferdigstøpte veggen etter gårdagensproduksjon til ny veggplass for preparering. Målet er at veggforskalingen skal benyttes hver dag, og kontinuerlig produksjonen er nøkkelen for en optimal drift (Wethelund, 2011). Figur 9 under viser en syklusplan hentet fra Veidekke sin «Veileder i plass-støpt betong» (Deraas, Boye, & Miland, 2019).

2. etg										
Syklusplan betong hus A	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4	Dag 5	Dag 6	Dag 7	Dag 8	Dag 9	Dag 10
Armering vegger	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	
Støp vegger		STØP	STØP	STØP	STØP	STØP	STØP	STØP	STØP	STØP
El Vegg	EL VEGG	EL VEGG	EL VEGG	EL VEGG	EL VEGG	EL VEGG	EL VEGG	EL VEGG	EL VEGG	
<b>Dekke over 2. etg</b>										
Plattendekker						PLATTEN 1/2			PLATTEN 3	
Armering dekke						ARMERING 1	ARMERING 1	ARMERING 1	ARMERING 1/2	ARMERING 2
El på dekket							EL DEKKE 1	EL DEKKE 1	EL DEKKE 1	EL DEKKE 2
Rør på dekket							RØR DEKKE 1	RØR DEKKE 1	RØR DEKKE 1	RØR DEKKE 2
Trykking av sprinkler									TRYKK D1	
Støp badenedsenk									BADENEDSENK	
Montering prefab balkonger								BALKONG D1		
Støp dekke										STØP D1

Figur 9: Eksempel på betongsyklus (Deraas, Boye, & Miland, 2019)

Produksjonsrekkefølgen til veggene har en stor betydning, da det ofte må foretas skjøter. Ved veggskjøter benyttes som oftest skjøtearmeringskassetter, som muliggjør tilskjøtning av tilstøtende vegger. I syklusen må det derfor tas stilling til hvilken vegg som skal produseres først og hvilken vegg som skal kobles på den andre. Produksjonen av vegger skaper som

oftest en logisk rekkefølge som ikke nødvendigvis er kronologisk. Optimal drift oppnås dersom veggproduksjonen og dekkeproduksjonen arbeider på forskjellige steder, og danner en «trappeproduksjon» der veggproduksjonen legger til rette for at dekkeproduksjonen kan gjennomføres uavbrutt (Wethelund, 2011). Figur 10 viser et eksempel på en slik trappeproduksjon, og er hentet fra casestudiet.



Figur 10: Trappeproduksjon på Ulven Vest (Egenprodusert)

### 3.2.5 Valg av utførelsesmetode

En betongkonstruksjon kan bygges på utallige måter, hvor alle fremmer forskjellige muligheter og begrensninger. Vanligste skille går mellom plass-støpt eller prefabrikkert betong, men de samme rammebetingelsene vil også være gjeldende for valg mellom ulike forskalingsmetoder av plass-støpt betong. Hvorvidt en byggemetode kan representere en reel valgmulighet for driften eller ikke, må avgjøres med hensyn til ulike påvirkningsfaktorer (Varvin Hjelseng, 2014).

#### Entrepriseformer

Entrepriseformen har en vesentlig påvirkning på hvilken rolle og ansvar entreprenøren sitter på i byggeprosjektet (Deraas, Boye, & Miland, 2019). Tradisjonelt skilles det mellom de to hovedformer; *totalentreprise* og *utførelsesentreprise*. Forskjellen ligger i hvor ansvaret for prosjekteringen er plassert (DIBK, 2008).

Ved en *totalentreprise* er det entreprenør som påtar seg ansvaret til å gjennomføre både prosjektering og utførelse av kontraktens omfang. Entreprenøren har av den grunn total frihet til å velge ønskede tekniske løsninger og byggemetode så lenge løsningene tilfredsstillende de gjeldende funksjon og byggherrekravene. I en *utførelsesentreprise* har byggherre ansvaret for hele eller vesentlige deler av prosjekteringen, og kan utføre denne på egenhånd eller inngå kontrakter med arkitekter og konsulenter. Ved en slik entrepriseform skjer som oftest valget mellom bæresystemer før entreprenør er kontrahert. Utførelsesentreprisen kan deles inn ytterligere i *delte entreprise*, *hovedentreprise* og *generalentreprise* etter hvor mye ansvar over koordinering av entreprenør og fremdrift byggherre ønsker å ha i prosjektet (DIBK, 2008).

### **Byggetid**

Byggeprosjektet vil alltid ha et bestemt sluttidspunkt. For å kunne klare tidsfristen er entreprenøren avhengig av å holde tidskravene som settes til de ulike delene av driften (Tyrén, 2019). Byggetiden av råbygget er av den grunn avgjørende ettersom det påvirker de etterkommende fasene av byggeprosjektet (Deraas, Boye, & Miland, 2019).

### **Byggets utforming**

Entreprenør vil alltid foretrekke de mest produksjonsvennlige arbeidsmetodene. Dette vil variere stor utfra byggverkets utforming og tekniske løsninger. Det mest ideelle er byggverk med enkel geometri, og redusert antall unike konstruksjonsdeler. Her oppnås som oftest en repetisjonseffekt hvor samme støpeform, metode og personale brukes oppover i etasjene. Ved mindre produksjonsvennlig planløsning vil mye av tiden gå med til tilpasning (Tyrén, 2019).

### **Plass**

For at produksjonen ute på byggeplass skal kunne utføres uhindret med riktig kvalitet og på en sikker måte, er en av de viktigste faktorene arbeidsstedet, også kjent som riggområdet. Ved siden av betongarbeidet under råbyggsfasen foregår det en rekke andre aktiviteter som også er avhengig av denne plassen. En plass-støp forutsetter at det er disponibel plass til lagring av ulike materialer og utstyr, samtidig som ulike tilkomster opprettholdes. Mange av komponenter som skal tilføres et bygg lagres som oftest midlertidig på riggområdet. Et fåtall komponenter som for eksempel plattendekkerne heises direkte på plass ved levering. For at driften skal kunne foregå så effektivt og sikkert som mulig er det derfor viktig å unngå at tilkomster blir sperret. (Varvin Hjelseng, 2014; Deraas, Boye, & Miland, 2019).



### 3.3 Glideforskaling

Glideforskaling er en konstruksjonsteknikk som har vært brukt i flere tiår ved produksjon av betongkonstruksjoner. Teknikken tillater kontinuerlig utstøping ved hjelp av en bevegelig forskaling, og benyttes både i vertikale og horisontale sammenhenger. En av nøkkelfaktorene for å lykkes med en glidestøp er kontinuitet, og glideprosessen utføres derfor oftest med døgndrift. Problemer som oppstår under glideprosessen må løses umiddelbart, og operasjonen ansees derfor som en krevende konstruksjonsteknikk i forhold til andre teknikker (Fosså, 2001; Norsk Betongforening, 2017).

Utførelsesmetoden er svært effektiv ved støping av høye konstruksjoner som brutårn, siloer, tårn, trappehus og heissjakter. Metoden har vært dominerende innen offshoreinstallasjoner, og betongplattformene i Nordsjøen har bidratt til løpende utvikling av glide teknologien (Norsk Betongforening, 2017). Nevneverdig for denne utviklingen var Ekofisk 2/4 T, vist i Figur 11, bedre kjent som Ekofisktanken. Tanken var den første store betongkonstruksjonen bygd for oljeutvinning i Nordsjøen, og ble bygget i Stavanger mellom 1971 og 1973. Store deler av konstruksjonen ble utført med glideforskaling, og har i senere tid blitt fulgt av en rekke andre glidestøpte betongplattformer av stadig større dimensjoner, derav bla. Troll A. (Øye Gjerde, Jøssang, & Sellevold, 1996; Kvendseth, 1989). I senere tid er metoden også blitt populær i produksjon av vegger og sjakter innenfor bygg (Maage, et al., 2019).

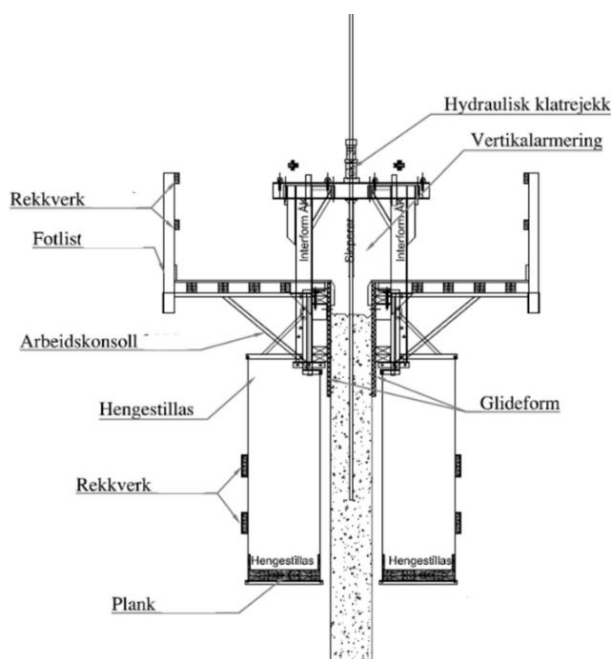


Figur 11: Glidestøp av Ekofisk 2/4T (Kvendseth, 1989, s. 73)

### 3.3.1 Oppbygning

Forskalingsformen, vist i Figur 12, består av glidepaneler på ca. 1-1,2 m høyde som omslutter betongtversnittet. Panelet er normalt av stålkaseter eller tre/finerplater, og holdes på plass av horisontale bueskiver som spenner mellom løfteåkende av stål. Sentralt for formen er løftåkene. Disse holder sidene på gildeformen i posisjon i forhold til hverandre under glideoperasjonen, tar opp støpetrykket, overfører horisontale krefter i forbindelse med formens totale stabilitet, samt overfører alt av vertikale belastninger til de hydrauliske jekkene. Både arbeidsplattformen og hengestillaset tilknyttes løfteåkene. Hengestillaset henger under forsikalingen og benyttes til inspeksjon eller arbeid/tiltak i forbindelse med støpen (Norsk Betongforening, 2017).

De hydrauliske jekkene er montert over åkene og klatrer på klatrestål. Dette er stålstenger eller rør som kan trekkes eller støpes inn i veggversnittet. Over glideforsikalingen er det montert armeringsføringer som holder vertikalarmeringen på plass i veggversnittet. Disse føringene monteres som oftest slik at de presser armeringen ut til siden. Dette er for å sikre at armeringen ikke blir trykket for langt inn i tverrsnittet, slik at overdekning blir for stor. Nede på arbeidsplattformen foran støpefronten er det normalt og montert armeringsavvisere som presser armeringen inn igjen, og sikrer tilstrekkelig overdekning (Norsk Betongforening, 2017).



Figur 12: Snitt av en glideforsikaling (Hentet fra vedlegg D)

For at glideformen i mindre grad skal påvirke det nystøpte betongtversnittet under løftene monteres formen med et *slipp*. Dette vil si at forskalingen monteres noe skråstilt slik at det skiller en 2-3 mm fra åpningen i toppen til bunnen. Trykket fra betongen bidrar til at denne forskjellen forsterkes (Norsk Betongforening, 2017).

### 3.3.2 Fordeler og ulemper

Et alternativ til glideforskaling som også benyttes ved høye betong konstruksjoner er klatreforskaling. Dette er en lemmeforskaling, hvor utstøpningen foregår med faste forskalingsformer som står i ro under støpingen. Konseptet bygger på tidligere beskrevet systemforskaling, og forskalingsflakene heises enten med kran, eller er selvklatrende (Kompen, 1994). Forskjellen mellom forskalingsflakene og glideforskalingen er at flakene holdes i samme posisjon helt til formen kan demonteres, mens glideforskalingen vil sakte bli løftet samtidig som den holdes nærmest full med betong (Fosså, 2001). Under er noen klare fordeler og ulemper med døgnkontinuerlig glideforskaling, kontra en faste forskalingsformer listet opp.

Fordeler (Kompen, 1994):

- Ingen horisontale støpeskjøter, utenom ved utilsiktede stopp
- Utstøpningen foregår i tynne lag og stighastighet er lav. Dette gir gunstig revibrering av betong. Samtidig som det blir en god spredning av hydrasjonsvarmen, lavere maks temperatur og lavere herdespenning.
- Ingen gjennomgående stagg.
- Totalt sett raskere fremdrift, relativt uavhengig av værforhold.
- God visuell kontroll av armering og betong i formen.

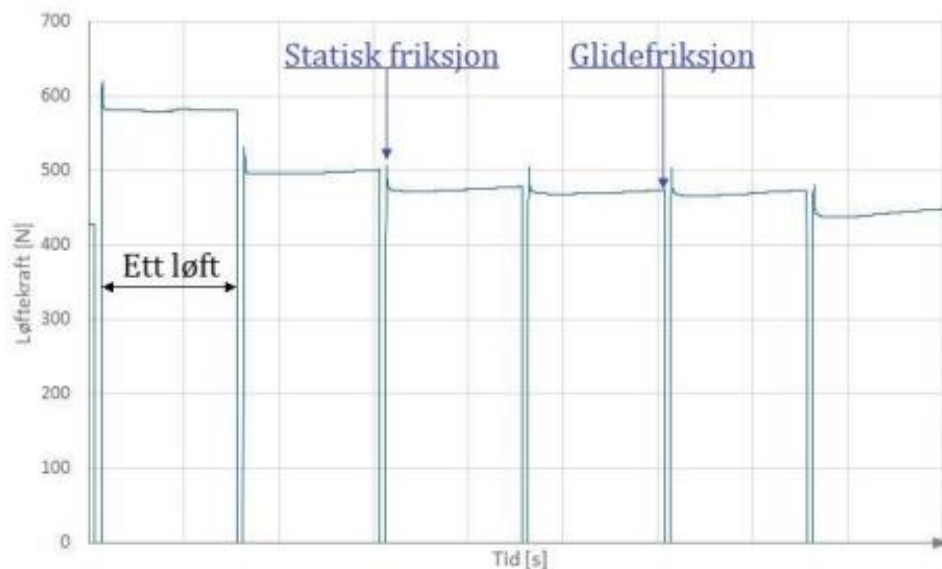
Ulemper (Kompen, 1994):

- Det oppstår vertikale krefter mellom betongen og forskalingens overflate. Dette kan endre eller ødelegge komprimeringen av betong, og gi riss av ulike størrelse.
- Eventuell betong eller andre materialer som blir hengende på formen gir vertikale striper og sår.
- Tiden for å vurdere og gjennomføre utbedring på betongoverflaten er begrenset.

- Vibreringen på armering er vanskelig å unngå når armeringen er tett, og forårsaker hulrom langs armeringen.
- Tidspress for rekke alt arbeid som skal utføres.

### 3.3.3 Friksjon

Under en glidestøp oppstår det friksjon som følge av at glidepanelet blir løftet langs betongen med jevne tidsrom. Friksjonen er avhengig av ruheten til formhuden, kontaktflaten mellom betongen og panelet, effektivt trykk fra betongen, løftehøyde per løft og tid mellom de successive løftene. Friksjonen kan deles inn i statisk friksjon og glidefriksjon. Den statiske friksjonen er friksjonen løftekraften må overgå for å kunne begynne å gli. Glidefriksjonen er minimumsfriksjonen som opptrer under glidingen, se Figur 13. Forskjellen mellom de to formene for friksjon er forårsaket av at kohesjon, som er en molekylær attraksjon som oppstår mellom kontaktflaten til like eller ulike stoff (Fosså, 2001; Bjerkestrand, 2017).



Figur 13: Statisk friksjon og glidefriksjon (Bjerkestrand, 2017, s. 14)

### 3.3.4 Utførelse av glidestøp

#### Kompetanse

En glidestøp krever kompetanse utenom de kravene som er nødvendige ved tradisjonelle støpemetoder, og utførende entreprenør inngår som oftest samarbeid med spesialiserte

glideaktører når en glidestøp skal utføres. Det det skilles oftest mellom to måter å gjennomføre et samarbeid mellom entreprenør og glideaktør på:

1. Glideaktør stiller med alt av forskaling, armering og betongarbeid.
2. Glideaktør lever kun forskalingsutstyr og glidekjørere.

Sistnevnte metode er vanlig på større konstruksjoner med økt kompleksitet. Her stiller hovedentreprenøren med egne eller innleide arbeidere og tar ansvar for koordineringen samt det ferdige produktet. Totalansvar og roller fordeles i henhold til NS-EN 13670 (Norsk Betongforening, 2017).

### **Planlegging**

I forkant av en glidestøp kreves det omfattende og nøye planlegging, hvor prosjektet identifiserer og reduserer risikoen for avvik. Noen av de viktige punkter som må tas hensyn til under planlegging av en glidestøp er (Norsk Betongforening, 2017):

- *Kartlegging av prosjektets grunnlag:* Dette innebærer å skaffe oversikt over prosjektets nøkkelinformasjon.
- *Glidelister og hjelpetegninger:* Utarbeidelse av nøyaktige oversikter over hvor ulike elementer som innstøpningsgods, utsparinger og armeringer skal inn i veggverrsnittet.
- *Kollisjonskontroll:* Gjennomgang av plantegninger hvor det kontrolleres at elementer i veggverrsnittet ikke kolliderer med hverandre eller løfteåkenes posisjon.
- *Riggplan:* Oversikt over disponibelt areal, produksjonsutstyr, trafikk og sikkerhetsutstyr på byggeplass.
- *Organisering av glideoperasjon:* Utarbeidelse av organisasjonskart, bemanningsplan med skiftansvarlig, kontaktinfo til nøkkelpersoner og prosedyrer.
- *Glidediagram:* Oversikt over ulike glidehastigheter og avbindingstider.

Glidehastigheten planlegges utfra konstruksjonens kompleksitet, tilgjengelig bemanning, ferdigheter til arbeidsstyrken og begrensninger i material tilgang. Avbindingstiden tilpasses planlagt glidehastigheten, og vil være avhengige av temperatur, betongen eller bindemiddelets sammensetning. Det er også mulig å redusere eller akselerer hastigheten med størkningsretarderere eller størkningsakselererende tilsetningsstoffer, som tidligere nevnt i teorikapittel 3.1.1 om betong (Fosså, 2001).

## **Utførelse**

Under utførelse løftes glideforskalingen trinnvis opp ved hjelp av de hydrauliske jekkene over gitte tidsintervaller. Glideforskalingen sin hastighet er middelhastigheten som forskalingen forflytter seg med. Normal glidehastighet ligger mellom 2 til 4 meter/ døgn. Det mest gunstige er at gliden holder en jevn hastighet fra start til slutt. Ved lav glidehastighet øker sannsynligheten for groing på glidepanelet. Høy hastighet gir lett uønskede konsekvenser ved små driftsforstyrrelser. Det vil alltid være ulike faktorer som setter begrensinger for driften, og av oftest opptreende er; betongtilførsel, kapasitet på utstøpning, inntransport, innstøpningsgods eller armeringsmengde (Norsk Betongforening, 2017).

Ved oppstart av glidestøp legges betongen i en lagtykkelse på 250-300 mm, og øvrige lag under utstøpningen legges som oftest med en lagtykkelse på rundt 150-200 mm. Disse vibreres øyeblikkelig. For at herdefronten skal være lik over hele formen, må lagene legges så komplett som mulig gjennom hele formen. Det bestilles av den grunn betong tilstrekkelig til ønsket lagtykkelse for hele formen. Som følge av slippet på formen skiller betongen gradvis fra forskalingsformen etter hvert som formen klatrer oppover. Det er derfor essensielt at betongen har oppnådd tilstrekkelig stivhet før den passerer slippets begynnelse. Herdefronten ligger normalt 20-30 cm over underkant av forskalingen, her er betongen som oftest mellom 4-5 timer gammel, og har en trykkfasthet på 5Mpa (Newman & Seng Choo, 2003; Norsk Betongforening, 2017; Fosså, 2001).

### **3.3.5 Stopp under glidestøp**

#### **Kortvarige stopp**

Ved kortvarig stopp kjøres glideforskalingen med en lav løftehastighet, og formen stopper derfor ikke helt opp. De hydrauliske jekkene stilles til en løftehøyde på minimum 10 mm hvert 15 min, noe som tilsvarer en løftehastighet på 4 cm/time. De kortvarige stoppene skyldes som oftest en av de begrensende faktorene, nevnt i forrige kapittel. Kortvarige stopp er mulig på inntil 24 timer med god planlegging, og bruk av retarderende tiltak. Ved stopp på inntil 2 timer kreves ingen spesielle forholdsregler (Norsk Betongforening, 2017).

#### **Midlertidige støpestopp**

Ved et midlertidig støpestopp frikjøres glideformen. En frikjøring innebærer at de hydrauliske jekkene justeres til minimum slaglengde, og tidsintervallet mellom hver jekk økes i den grad

at det er mulig å løfte uten at friksjonen mellom formen og betongen blir for stor. Frikjøringen følger samme løfte- og kontrollprosedyre som ved normalløftingen. Hensikten med frikjøringen er at glideformen ikke skal brenne seg fast til betongen, slik at den kan startes opp igjen ved senere tidspunkt. For å oppnå en god støpeskjøt bør betongen legges så høyt oppe i formen som mulig. Det må her gjøres en avveining i forhold til rengjøringen av formen, ettersom at en betongoverflate høyt oppe i forskalingen begrenser muligheten for rengjøring. Under oppstart er det anbefalt å gjøre ett løft for å konstatere at formen er løs fra betongvegg. Ved normale forhold gjennomføres frikjøringen i løpet av en oppløftning på 15-25 cm (Norsk Betongforening, 2017).

### **Avslutning/demontering**

En glideforskaling kan avsluttes med eller uten frikjøring. Under *avslutning med frikjøring* justeres løftehastighet og evt. høyde på siste betonglag for at øvre del av formen skal kunne rengjøres. Frikjøringen følger samme løft og kontrollprosedyre som under normal glidedrift, men tidsintervaller mellom hvert løft er mye lengre. Det er spesielt viktig å påse at deler av det siste betonglaget ikke trekkes med opp under frikjøringen. Ved *avslutning uten frikjøring* stanses formen på nivå med overkant av prosjektert betongkonstruksjon. Armerings avvisere må demonteres før støping. Utseendemessig vil betongen som har kontakt med formen etter stop få en annen overflatestruktur (Norsk Betongforening, 2017).

### **3.3.6 Periodisk glid**

Periodisk glid, også kjent som dagglid, ble introdusert for ca. 30 år siden av «Slipform International Ltd». Dette for bruk i lydsensitive områder, eller hvor tilførselen av betong viste seg å være vanskelig eller kostbar. Konseptet baserer seg på midlertidige støpestopp, slik beskrevet i forrige kapittel. Den periodiske gliden er hovedsakelig blitt brukt til bygging av kjernekonstruksjoner. Metoden baserer seg på utstøping i glideformen gjennom dagen i normale arbeidsskift, for å unngå en rekke merkostnader. Denne typen glidestøp gir kaldskjøter, og er ikke velegnet for væskeholdene strukturer eller andre utsatte overflater. Selv om arbeidsprosessen kun foregår på dagtid er metoden fortsatt raskere enn systemer som klatreforskalingen (Newman & Seng Choo, 2003).

### 3.3.7 Overflateskader

De vanligste skadene ved en glidestøp er *løfteriss*, *utglidning* og *sår* som følge av *groing* på formen. *Løfteriss* er riss som oppstår på tvers av glideretning, og skyldes at friksjonen mellom betongoverflaten og forskalingen blir for stor. Betongen vil da bli løftet opp, og forårsake horisontale riss. Årsaker til at dette kan skje er lav løftefrekvens, negativt slipp eller at formen går skjevt. Rissene vil ikke oppstå i den ferske betongen, kun nedenfor herdefronten. Det er derfor viktig at herdefronten ikke kommer for langt opp i formen. En annen type riss som kan minne om løfterissene oppstår ved utglidning. *Utglidningen* skyldes at hastigheten er stor sammenlignet med avbindingstiden til betongen. Dette fører til at betongen siger litt ned etter at den er kommet ut av forskalingen, og det dannes et riss litt under hvert horisontale armeringsjern.

*Groing* har en tendens til å oppstå når det er tørkevær, og foregår ved at små sementklumper fester seg til glidepanelet. Etter hvert som glidestøpen pågår vokser (gror) disse klumpene og forårsaker sår i betongoverflaten. For å unngå slike sår må formen holdes ren, og reparasjon er avhengig av påkjenning og bruksområdet til konstruksjonen (Maage, et al., 2019; Norsk Betongforening, 2017).

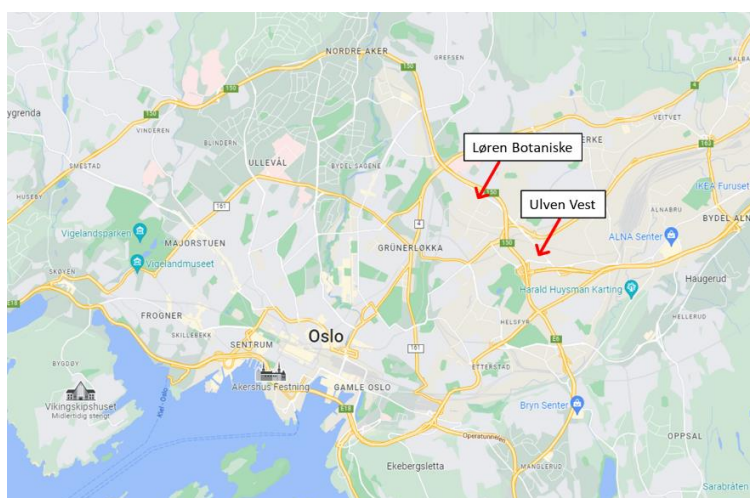


## 4 Caser

Gjennom oppgaven har oppgaveforfatter hatt tilgang på to ulike prosjekter som er blitt benyttet til å besvare problemstillingen. Hovedstudie er Ulven prosjektet, mens prosjektet på Løren er brukt som et referanseprosjekt. Referanseprosjektet er kun brukt for å danne en kontrast, og ble valgt ut sammen med eksternveileder. En sentral grunn til at prosjektet på Løren ble valgt, var at det i likhet med prosjektet på Ulven ble utført som en totalentreprise. Videre har de to prosjektene en rekke andre likhetstrekk som relativt gjentakende planløsning og standardiserte løsninger, som prefabrikkerte betongelementer, badekabiner og plattendekke. Tabell 5 gir en oversikt over nøkkelinformasjonen, mens Figur 14 en illustrasjon av lokasjonen til de to prosjektene.

Tabell 5: Nøkkelinformasjon over prosjektene (Egenprodusert).

Prosjekt	Byggherre	Entreprise	Relasjon	Forskalingsmetode heis- og trappesjakter
Ulven Vest	OBOS Ulven As	Totalentreprise	Case-prosjekt	Glidestøp
Løren Botaniske	OBOS	Totalentreprise	Ref.-prosjekt	Systemforskaling



Figur 14: Oversiktsbilde over caseprosjektene (Google maps, 2022)

## 4.1 Ulven Vest

Ulven Vest (B4) er andre byggetrinn for Veidekke på Ulven området i Oslo. Et illustrasjonsbilde over Ulven Vest er presentert i Figur 15. Prosjektet utgjør en boligblokk med 182 leiligheter fordelt over 14800 m<sup>2</sup> BRA, garasjeanlegg under bakken og uteanlegg. Kontraksverdien er på 365 mill. NOK eks. MVA. Prosjektet er en videreføring av tidligere konsept utviklet under innovasjonskonkurransen fra første byggetrinn Ulvenparken (B2) (Veidekke, 2020).



*Figur 15: Illustrasjonsbilde av Ulven Vest (Veidekke, 2020)*

## 4.2 Løren Botaniske

Referanse-prosjektet, illustrert under i Figur 16, omfatter første byggetrinnet (Hus 1) på Løren botaniske. Trinnet innebærer 67 leiligheter fordelt på 8 etasjer, infrastruktur, garasjeanlegg under bakken og uteanlegg. Boligbygget er ett av syv frittstående bygg som til sammen danner ca. 390 leiligheter, noen næringslokaler og en barnehage. Prosjektet hadde byggestart første kvartal av 2020, og er planlagt ferdigstilt høsten 2022. Kontrakten har en verdi på 252 mill. NOK eks. MVA (Byggeindustrien, 2020).



Figur 16: Illustrasjonsbilde av Løren Botaniske (Byggeindustrien, 2020)

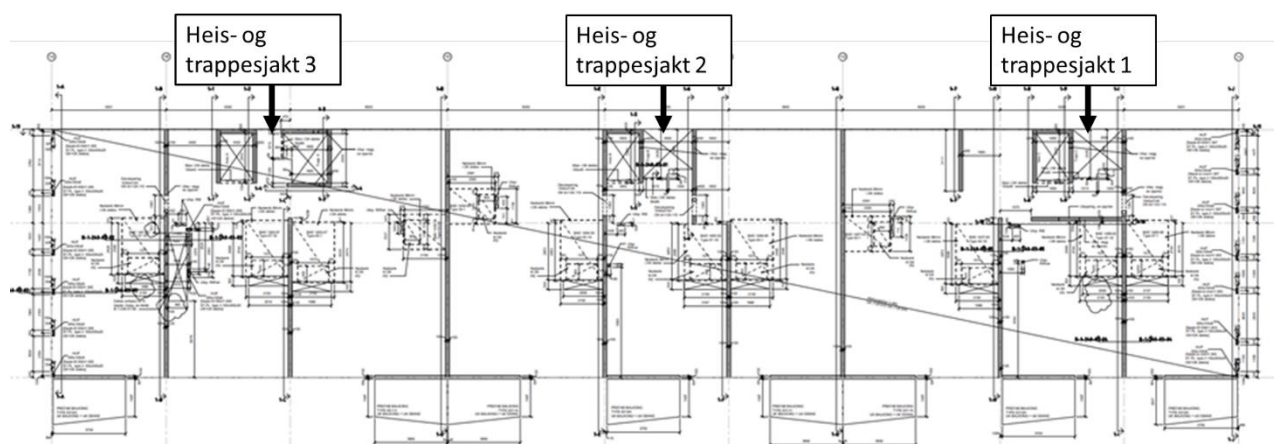
# 5 Resultater

*Dette kapitlet representerer resultatene innhentet fra dokumentstudiet, intervjuer og observasjoner som er gjort i forbindelse med casestudien.*

## 5.1 Løren Botaniske

### 5.1.1 Generelt

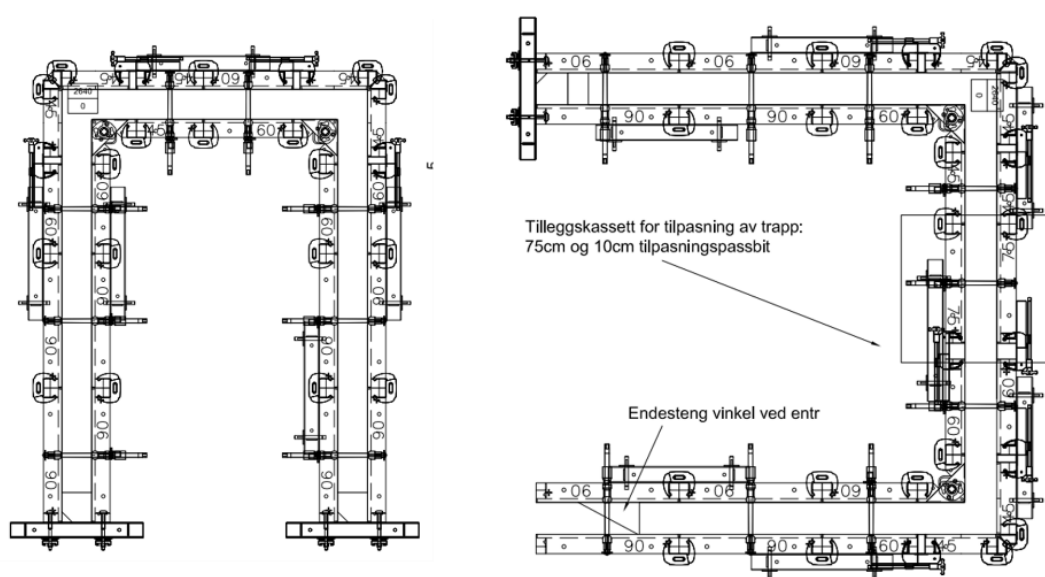
Figur 17 ble tilsendt av intervjuperson 1, og viser et oversiktsbilde over planløsningen som ble benyttet fra andre til åttende etasje. Se vedlegg G, Planløsning Løren, for større bilde. Av dokumentgjennomgangen kom det frem at boligblokken er i planet ca. 760 kvadratmeter BRA. Heissjaktene utgjør den minste sjakten og trappesjakten den største. De to første heis- og trappesjaktene (1 og 2) i Figur 17 er tilliggende og det benyttes et vindu imellom. Den tredje (3) består av to separate sjakter. Intervjuperson 8 fortalte at total byggetid på råbygget fra dekke over første underetasje til ferdigstilt råbygg tok ca. 85 dager. På papiret besto betonglaget av 13 personer, derav 4 jernbindere og 9 forskalingsnekkere.



Figur 17: Planløsning Løren Botaniske (Vedlegg G)

## 5.1.2 Systemforskaling

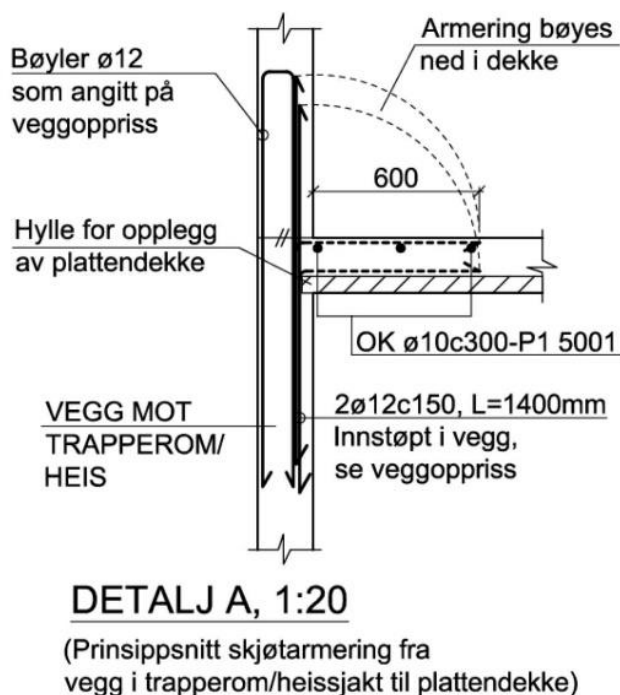
Intervjuperson 8 forklarte at prosjektet hadde to forskalingsformer for langvegg, en forskaling for heissjakten samt noen ekstra forskalingskassetter. Valget av forskalingsmetode baserte seg på kostnader. Ifølge intervjuperson 1 tillot systemforskaling utstøpning av hele heissjakten i en prosess. Formen besto av to flak med ulike tilskjøtningsmuligheter. Ved heissjakt 2 ble en av langveggene koblet sammen med sjaktforskalingen. Flakene hadde også mulighet for å skjøte inn tilleggskassetter i bakkant. Dette ble gjort ved den tredje trappesjakten, ettersom heisen var litt mindre enn trapperommet. Prosessen innebar en splitting av eksisterende flak, montering av en ekstra kassett og festing. Hele skjøteprosessen tok i underkant av en halvtime. I ettertid av intervjuet med intervjuperson 1 fikk oppgaveforfatter tilsendt en arbeidstegning av forskalingsformen som ble benyttet. Arbeidstegningen er vedlagt som vedlegg E. Figur 18 er et utklipp hentet fra vedlegget og illustrerer forskalingsformen. Her fremvises det hvordan flakene er skjøtet i bakkant.



Figur 18: Arbeidstegning av forskalingsform på Løren (Vedlegg E)

Observasjon viste at forskalingsprosessen med systemforskalingen innebar; armering med nett, enklings hvor ytterformen ble plassert og lukking. Prosessen ble utført fortløpende med etasjedriften. Veggene i sjakten ble støpt over terskel til planlagt gulv. Intervjuperson 1 forklarte at det i forkant av veggstøpen var montert forankringsarmering i armeringsnettet til vegg. Forankringsarmeringen ble så ført inn bak utsparing til etasjeskiller. Etter at betongen var herdet og forskalingen revet, ble armeringen brettet ned og bundet til plattendecke i

forkant av dekkestøpen. Løsningen fungerte som en skjøtejernkassett, men var ifølge intervjuperson 8 enklere å jobbe med da den ble bøyd ned og ikke ut. Det ble påpekt at en fordel med metoden var at den reduserte antall skjøter, og dermed risikoen for hakk i overgangene mellom etasjeskiller. Metoden var noe nytt prosjektet hadde begynt med. Figur 19 tilsendt av intervjuperson 8 viser detaljtegning av løsningen. Detaljtegningen illustrerer hvordan armingen brettes ned og forankres i under- og overarmering i etasjeskiller.



Figur 19: Etasjeskiller løsning Løren

### 5.1.3 Etasjesyklus

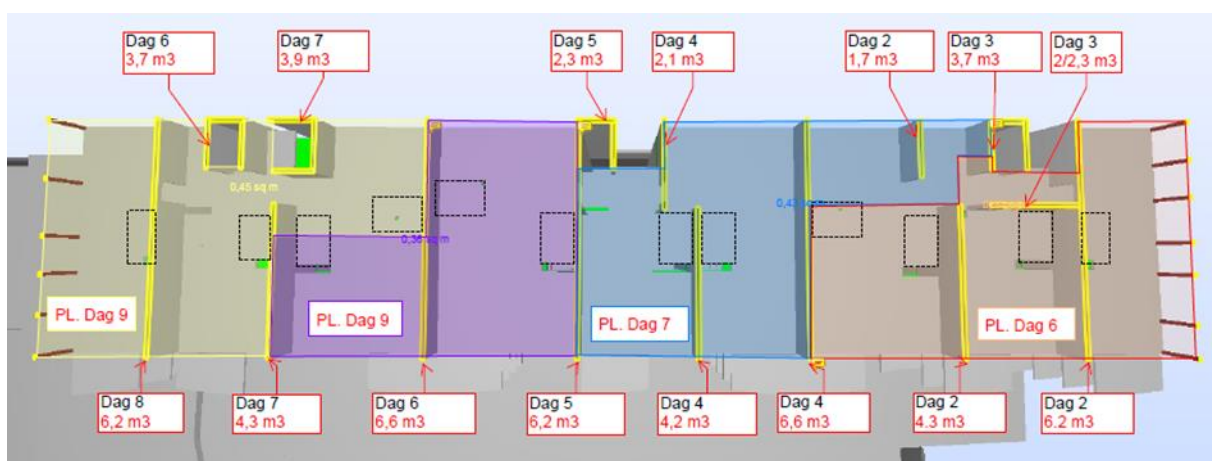
Det ble med utgangspunkt i syklusplanen på Løren, tilsendt av intervjuperson 1, utarbeidet en forenklet oversikt som er presentert i Figur 20. Syklusplanen kan studeres nøyere i vedlegg D. Etasjesyklusen er fra de gjentakende etasjene (2-8. et.). Av planen presentert i Figur 20 fremkommer følgende resultater:

- Veggproduksjon har tatt 8 dager. Dette innebærer aktivitet 1, 2 og 3.
- Dekkeproduksjon har tatt 8 dager. Dette innebærer aktivitet 6, 7, 8, 9, 10 og 11.
- Total syklustid har tatt 10 dager. Dette innebærer start aktivitet 1 til start aktivitet i overliggende etasje.

Del	#	Aktivitet:	Dag:															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	1	Armering vegger																
	2	Elektro vegger																
	3	Støp og forskaling vegger																
	4	Montering bad																
	5	Dekke reis																
	6	Lev. / montering pl-dekke																
	7	Forskaling/sikring dekke																
	8	Elektro dekke																
	9	Rør dekke																
	10	Støp badenedsenk																
	11	Støp dekke																
Overliggende etasje																		
1	1	Armering vegger																
	2	Elektro vegger																
	3	Støp og forskaling vegger																
	4	Montering bad																
	5	Dekke reis																
	6	Lev. / montering pl-dekke																

Figur 20: Syklusplan Løren Botaniske (Egenprodusert)

Intervjuperson 8 fortalte at prosjektet benyttet SKB under alle veggstøpene, og at forskalingsformen ble fylt i et lag. Leveransen av betong til veggstøp varierte utfra hvor mange vegger som ble produsert per dag, og kunne svinge mellom 6 til 14 kubikk. Etter intervjuet med intervjuperson 8 ble oppgaveforfatter tilsendt en illustrasjon av betongsyklusen, presentert i Figur 21. Figuren viser hvordan utstøping av vegger og leveranse til plattendekke har foregått, samt den daglig leverte mengden med betong tilknyttet veggproduksjonen.



Figur 21: Illustrasjon av syklusplan – Løren Botaniske

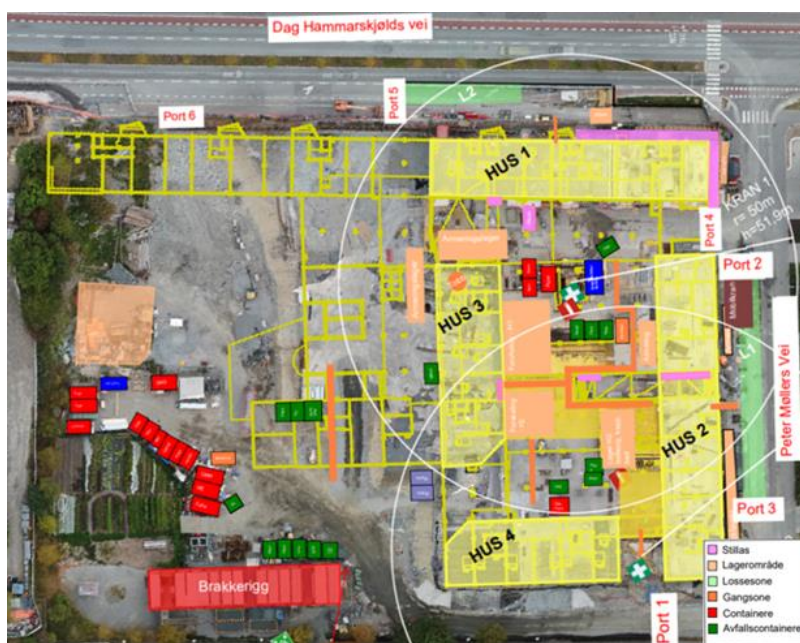
Intervjuperson 8 fortalte at valg av soner til plattendekke gjøres i samarbeid med elementleverandør, og baserer seg på plass- og vektbegrensninger under transport.

Intervjupersonen påpekte at løsning på Løren var ugunstig med tanke på fremdrift ettersom soneinndelingen ikke utgjorde komplette soner/rom. Ved oppfølgingsspørsmål på hvorfor det ble valgt å gjennomføre to leveranser med plattendekke på én dag, svarte intervjuperson 8 følgende:

*«Dette ble gjort for å få mere flate for jernbindere, elektrikere og rørleggere oppe på dekket. En bil utgjør to, til to og et halvt rom. To rom er ingen ting å jobbe på, så det er mer gunstig med tanke på arbeidsplass.»*

### 5.1.4 Byggeplass

I etterkant av intervjuet med intervjuperson 1 fikk oppgaveforfatter tilsendt et bilde av riggplanen på Løren. Riggplanen viser hvordan prosjektet på Løren administrerte byggeplassen. Under intervjuet med intervjuperson 1 ble det forklart at prosjektet kun hadde adgang til byggeplassen gjennom port 4 under bygging av hus 1. Port 5, 3 og 2 ga kun tilgang til de ulike lossesonene, og port 1 og 6 hadde ikke veier inn. Intervjuperson 8 fortalte at det på riggdekke ble satt av egne soner til lagring av forskalingsflakene til sjaktene, og at forskalingsflakene som tilhørte de rette skilleveggene alltid var i bruk. Ved mellomlagring av forskalingen ble formene forankret bak med kjetting eller tilsvarende. Figur 22 viser hvordan det har blitt sikret tilkomst til de ulike etasjene gjennom stillas på yttersiden av boligblokken (rosa), og at prosjektet kun har hatt tilgang på en kran.



Figur 22: Riggplan fra Løren Botaniske



## 5.2 Ulven Vest

### 5.2.1 Generelt

Dokumentgjennomgangen på Ulven viste at arealet av en full etasje utgjorde ca. 2100 m<sup>2</sup>. Hele planløsningen er vedlagt i vedlegg H. Av dokumentgjennomgangen kom det frem at den totale byggetiden til råbygget var på ca. 120 dager. Intervjuperson 2 fortalte at betonglaget besto av 12-13 forskalingssekkere og 3-4 jernbindere. Bemanningen ble begrenset av krankapasiteten. Prosjektet hadde tilgang på to kraner, og hver kran kunne ta 8-12 personer.

### 5.2.2 Påvirkningsfaktorer

#### Byggetid

Videre fortalte Intervjuperson 2 at betongproduksjonen på Ulven var presset på tid, og at det i syklusplanleggingen ble beregnet at dagsproduksjonen av vegger ikke var tilstrekkelig til å holde ønsket fremdrift. Fra tidligere prosjekter var det kjent at produksjonen av rette skillevegger kunne presses, men at sjakter og ulike hjørneløsninger i enkelte tilfeller representerte flaskehals i syklusen. Dette skyltes ifølge intervjuperson 4 at produksjonen av hjørner må gjennomføres stegvis, ved at en vegg blir tilkoblet en annen. Grunnet herdetid tar derfor et hjørne normalt to dager.

Prosjektet på Ulven benyttet en sjaktløsning hvor heissjakten og trappesjakten var tilliggende og adskilt med en skillevegg. Dette er illustrert i Figur 23, som er et utklipp av planløsningen i vedlegg H. Intervjuperson 7 forklarte at en slik skillevegg tradisjonelt løses med en stegvis utstøpning hvor ytterformen støpes først (markert rød), og det monteres skjøtearmeringskassetter ved ønsket skillevegg. Etter betongen har herdet og formen er revet, brettes armeringen ut og danner forankringen mellom ytter- og skilleveggen. Skilleveggen forskales og støpes til slutt (markert grønn). Ved en stegvis utstøpning kan produksjonen av skilleveggen samkjøres med nærliggende vegger i betongsyklusen.



Figur 23: Illustrasjon av stegvis utstøping (Egenprodusert)

Det ble gjennom oppfølgings spørsmål til intervjuperson 2 avdekket at løsning med helform, tilsvarende den benyttet på Løren, ikke var et alternativ. Dette skyltes skilleveggen og størrelsen på sjakten. Sjaktforskalingen på Ulven ville krevd tre forskalingsflak, og vesentlig mer tilpasningstid som følge av de ekstra innvendige hjørnene. Samtidig ville denne løsningen føre til liten arbeidsplass mellom støttebeina til flaket og arbeidsplattformen. Den stegvise utstøping ble av den grunn anset som et bedre alternativ.

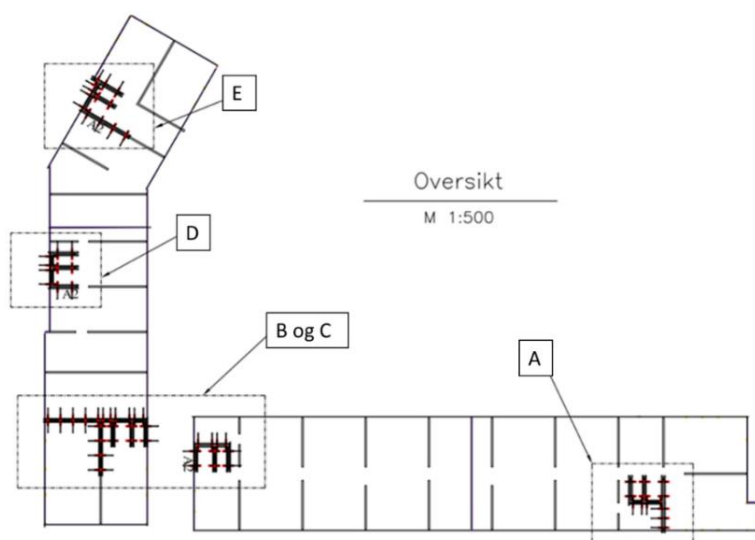
Med utgangspunkt i den korte byggetiden og valgt sjaktløsning ble det sett på alternative løsninger, hvor sjaktene kunne produseres i en mer kontinuerlig og komprimert prosess enn ved den stegvise produksjonen. Av resterende forskalingsmetodene var glide- eller klatreforskaling de mest aktuelle, fortalte intervjuperson 4.

### Kostnader

Intervjuperson 3 påpekte at etter hvert som beslutningen falt på glideforskaling, ble det tidlig i prosjekteringen jobbet med å kutte kostnader. Det var spesielt kostnader ved helg- og nattarbeid som var drivende for valg av periodisk glidestøp.

Normalt tidsforbruk på leveranser er 30 min. Ved glidestøp tar dette lengre tid, og det må derfor beregnes et tillegg per kvarter som bilen benyttes på byggeplass. I tillegg til kostnadene relatert til oppmøte per bil, foreligger det et minstelasstillegg som påløper per kubikk under lass på 6 m<sup>3</sup> (Unicon, 2022). Intervjuperson 5 påpekte at ettersom stighøyden ved en glidestøp er svært lav, vil betongleveransen til mindre sjakter kunne være ned mot 0,5 m<sup>3</sup>. Det var derfor hensiktsmessig å få med seg så mye betong per leveranse som mulig, for å unngå minstelasstillegget og redusere antall oppmøter per bil.

Figur 24 er hentet fra arbeidstegningen over glideforskalingen som oppgaveforfatter tilegnet seg gjennom dokumentgjennomgangen. Arbeidstegningen kan studeres nærmere i vedlegg C. Figuren viser hvordan volumet på betongleveransen er økt ved å inkludere flere vegger ved sjakt A, B og E. Intervjuperson 5 forklarte at det i tillegg ble valgt å koble B og C sjakten sammen, og utføre dette som én forskaling. Observasjon som ble gjort under glideperioden viste at ettersom B sjakten kun strekte seg til 5. etasje, ble C sjakten frikoblet og støp opp til 8. etasje.



Figur 24: Arbeidstegninger fra glideaktør (fra Vedlegg C)

I tillegg til å inkludere vegger under sjaktproduksjonen ble glidestøpen kjørt parallelt i to ulike puljer. Dette ble ifølge intervjuperson 4 gjort med hensyn til tid og kostnad. Gjennom et dokument tilsendt av ekstern veileder fra evalueringsmøtet i etterkant av gliden ble det utarbeidet en oversiktstabell, Tabell 6, over organiseringen. Tabellen gir en oversikt over hvilke sjakter som var involvert i de ulike puljene, gjennomføringsdato og antall etasjer som ble glid.

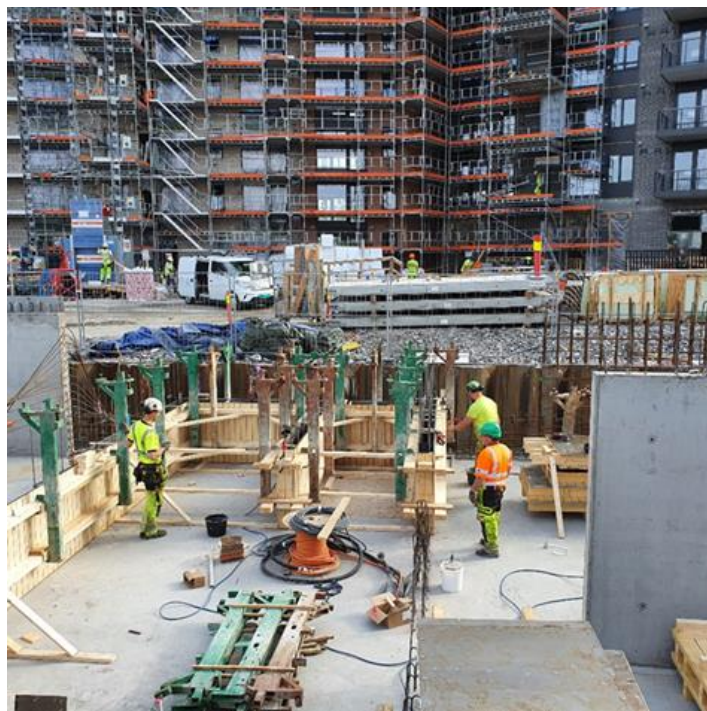
Tabell 6: Oversikt over organiseringen av glidestøp (Egenprodusert).

Sjakt	Pulje	Glideperiode	Etasje
D	1	14. juni – 28. juni	8
E			8
A	2	30. juli – 16. juli	8
B			5
C			8

### **Tilgjengelig plass**

Av observasjonen under glideperioden kom det frem at glideforskalingen på Ulven ble montert direkte på bunnarmering av glideentreprenør etter anvisning fra stikker. Dette tok 5 dager. Glideforskalingen til andre pulje (sjakt A, B og C) ble montert parallelt med glidestøpen på første pulje (sjakt D og E). Etter endt glid ble formene heist ned på riggdekket med heisekranen og demontert forløpende. Dette tok 2 dager. Total produksjonstid inkludert bygging av plattformer og demontering av utstyr var på 5,5 uke, jamfør Tabell 6.

Det ble påpekt av intervjuperson 4 at fordelene med den direkte monteringen og demonteringen var at forskalingen i mindre grad okkuperte unødvendig plass på riggdekket. Dette ble av intervjuperson 2, 3 og 4 trukket frem som en påvirkningsfaktor for valg av forskalingsmetode. Videre påpekte de samtlige personene at disponibel plass var en av årsakene til at klatreforskaling ble utelukket. Figur 25 viser monteringen av glideriggen ved sjakt E.



*Figur 25: Montering av glideforskaling ved sjakt E (Egenprodusert)*

### **Støfølsom bebyggelse**

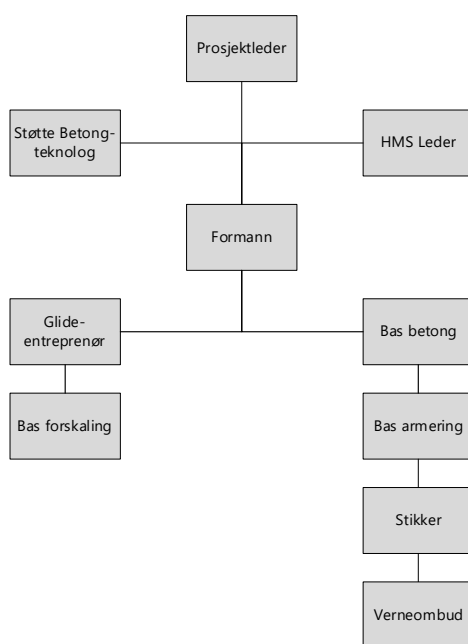
Fra tidligere kapittel med casebeskrivelse ble prosjektens lokasjon presisert og illustrert i Figur 14. Observasjon som ble gjort under sommerjobben viste at mange av naboileilighetene fra forutgående prosjekt (Ulvenparken) hadde blitt overlevert til kunder. I tillegg hadde også

prosjektet annen nabobebyggelse. Intervjuperson 2, 3, 4 og 5 påpekte at nattestøy ovenfor nabobebyggelse var en av grunnene for at det ble valgt å gjennomføre gliden periodisk. Videre forklarte intervjuperson 3 at en døgkontinuerlig glid ville krevd dispensasjon for arbeid på kveld, natt og i helgedager. Ved dispensasjon for kveld og nattarbeid må det foreligge et spesielt behov, som må være tungtveiende for tillatelse under stilleperioden. Fra tidligere prosjekt hadde det oppstått situasjoner tilknyttet støy og nabobebyggelse, som var ønskelig å unngå. Det ble derfor istedenfor å gjennomføre en rekke resurskrevende tiltak knyttet til døgndriften, valgt å unnvike den.

### 5.2.3 Periodisk glidestøp

#### Organisering

En vesentlig påvirkningsfaktor for glidestøp var Veidekke sin kompetanse innad i konsernet, gjennom Veidekke Interform. Intervjuperson 5 fortalte at Veidekke Interform deltok i prosjektet på lik linje som en annen underentreprenør. Ansvar ble fordelt slik at Veidekke entreprenør påtok seg byggeledelsen, samt alt av arbeid og koordinering tilknyttet glidestøpen. Veidekke Interform stilte med glidesjåfører, utstyr til gliden, prosjekterte glideforskalingen og bisto i valg av betong. Figur 26 er et egenprodusert organisasjonskart over glidestøpen på Ulven, og ble utarbeidet fra intervjuperson 3 sin forklaring.



Figur 26: Organisasjonskart glidestøp Ulven (Egenprodusert)

Gjennom dybdeintervjuene ble det påpekt av samtlige intervjupersoner at en av de største utfordringene ved Ulven prosjektet var fordelingen av arbeid og arbeidsledelse mellom glide- og totalentreprenøren. Intervjuperson 5 fortalte at glideentreprenøren helst ønsket arbeidsledelsen på gliden, samt muligheten for å kunne stille med utvalgt personell.

Begrunnelsen var at samarbeidet mellom glidesjåfører og arbeidspersonell oppe på gliden var sentralt, og at det derfor var fordelaktig at mannskapet hadde kjennskap til hverandre i forkant av arbeidet. Det var i dette tilfellet totalentreprenøren som satt med ledelsen, slik tidligere beskrevet. Dette gjorde ifølge intervjuperson 3 at glidesjåføren som styrte oppjekkingen av formen delvis mistet oversikten over arbeidet som hadde blitt utført. Det var stor enighet mellom intervjuperson 3 og 5, og intervjuperson 5 la til at det helt klart var fordeler med valgt arbeidsledelse og fordeling, men at det skapte forstyrrelser som gjorde koordineringen oppe på arbeidsplattformen vanskelig.

Intervjuperson 4 forklarte at totalentreprenøren ønsket å ha arbeidsledelsen over hele byggeplassen for å lettere ha en helhetlig oversikt over alt arbeid som ble utført. Parallelt med gliden foregikk det en rekke andre aktiviteter som skulle samkjøres. Videre var det ønskelig å benytte seg av egne leverandører, og allerede involverte underentreprenører av betongarbeidere. Både intervjupersonene 2 og 4 hadde erfart at det oppstod koordineringsproblemer som følge av valgt fordeling av arbeidsledelse, men påpekte viktigheten av å ha kontroll over hele plassen. Intervjuperson 2 mente at koordineringsproblemene i større grad skyltes dårlig definerte linjer mellom entreprenør og glideaktør.

Intervjuperson 5 påpekte at en annen utfordring med organiseringen var at påtenkt underentreprenør for jernbindere med tilstrekkelig kompetanse grunnet covid-19 ikke hadde mulighet til å ta på seg arbeidet. Dette førte til at totalentreprenøren måtte leie inn bemanning på anbefalinger fra glideaktør, noe som gjorde situasjonen mindre oversiktlig. I etterkant av møte fikk oppgaveforfatter tilsendt en liste over bemanningen tilknyttet de to glidestøpene, her listet opp under:

Pulje 1:

- Glidekjører: 4 personer (2 per. form)
- Jernbindere: 9 personer
- Betong: 3 personer

- Rør og elektro: 2 personer

#### Pulje 2:

- Glidekjører: 4 personer (2 per. form)
- Jernbindere: 12-10 personer (avhengig av etterarbeidet)
- Betong: 3 personer
- Rør og elektro: 2 personer

#### **Betong**

Ifølge intervjuperson 3 var betongen benyttet ved periodisk glid lik som ved en tradisjonell døgnglid. Prosjektet på Ulven var igjennom tre bindemiddelsammensetninger i betongen, hvor endringen skyltes mangler fra sementleverandør. Sammensetningen prosjektet på Ulven hadde vært igjennom var Aalborg, Norcem Standard FA og Aalborg FA. På oppfølgings spørsmål om det ga noe utslag på resultatet svarte intervjuperson 3:

*«Det ble litt forskjell på overflatene, det skal vi ikke underskrive. Dette kan også skyldes en rekke faktorer, som den ferske betongens temperatur eller vær temperaturen.»*

Videre påpekte samme person at en utfordring tilknyttet betongen var at været noen dager fort gikk fra overskyet til sterk sol. Værskifte gjorde at temperaturen på overflaten til betongen økte betraktelig, og avbindingsperioden ble kortere. For å forhindre at betongen størknet for raskt og grodde på formen på de varmeste dagene, hadde driften en rekke tiltak som; solskjerming, styring av temperatur på betong, størkningsretarderende stoff eller vanning oppe på form.

Det ble forklart at et annet alternativ, og det mest benyttede, var å kjøre glideforskalingen med høyere tempo, enten ved raske små jekk-knepp eller lengre avstand per jekk-knepp. Et høyere tempo ville påvirke betongleveransen, ved at rytmen eller mengden måtte skrues opp. Det ble her påpekt at en større leveranse var ugunstig, da muligheten til å korrigere ble redusert og store leveranser fører til at mer betong størkner samtidig. Spesielt temperaturer over 20-25 °C hadde stor innvirkning.

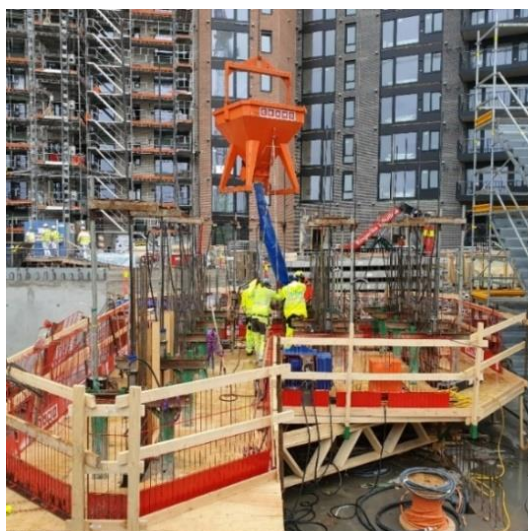
## Periodiske stopp

Ifølge intervjuperson 5 var den eneste forskjellen i utførelsen fra den døgkontinuerlige gliden de periodiske natt- og helgestoppene. Gliden på Ulven baserte seg på 12-timer dagskift, og legging av betong i from varte mellom tidligst kl. 07:00, til senest kl. 19:00. Etter siste lag med betong ble formen fri-kjørt til ca. kl. 22:00. Under fri-kjøringen ble glideformen løftet ca. 30-40 cm opp fra siste flod. Dette ble gjort med små knepp, for å sikre at de to siste lagene med betong hadde fått tilstrekkelig med kontakt. Ved frikjøringen ble også det øverste sjiktet renoverert til oppstart dagen etter.

Dagen etter ble det begynt med fersk betongflod på herdet betong, i motsetning til en døgkontinuerlig glid hvor det er lagvis stivere betong nedover i formen. Intervjuperson 3 sammenlignet dette med den tradisjonelle støpen, hvor det oppstod kaldskjøter som følge av at betongen herdet. En erfaring intervjuperson 5 hadde var at den døgkontinuerlig glid var lettere å planlegge, som følge av kontinuitet i betongdistribusjonen. I tillegg påpekte intervjupersonen at det ble noen kvalitetsforskjeller på overflaten i områdene ved stoppene. Dette var noe samtlige intervjupersoner hadde bemerket seg.

## Glidehastighet

Erfaringer intervjuperson 3 hadde var at fremdrift og flyten var god med 30-32 cm flod. Daglig betongleveranse under de to puljene med glidestøp lå mellom 4-4,5m<sup>2</sup>, med en rytme på 1,5 time. Det ble i alt levert 7-8 lass per dag. Utlegging av betong ble gjennomført på 45 min. Figur 27 viser støpen på Ulven som ble gjennomført med tobbe.



Figur 27: Utstøping ved hjelp av tobbe (Egenprodusert)



Tabell 7 er utarbeidet fra dokumentgjennomgangen, og viser glidehastigheten til de ulike glidestøpene.

Tabell 7: Oversikt over glidestøp (Egenprodusert).

Sjakt	Varighet	Overflate i kvadratmeter	Omkrets	Høyde	Gjennomsnittshastighet
E	11	920m <sup>2</sup>	36,8m	25m	2,27m/dag
D	11	725m <sup>2</sup>	29m	25m	2,27m/dag
A	10	895m <sup>2</sup>	35,8m	25m	2,5m/dag
B	9	480m <sup>2</sup>	29m	16,7m	1,86m/dag
C	13	1500m <sup>2</sup>	60m	25m	1,92m/dag
Totalt	24	4520m <sup>2</sup>	-	-	2,16m/dag

### Montering av armering, innstøpningsgod og utsparinger

Intervjuperson 4 forklarte at alt skjer kontinuerlig under glidestøpen, og det er begrenset med tid til å løse problemer som oppstår. Det var svært hektisk i bunn av sjaktene, ettersom det var mer armering, tettere mellom jernene, grovere jern og mere bøylar. I boligetasjene var det mindre armering, og et svært repeterbart mønster gjennom etasjene. Jernbinderne fikk med det en bedre kjennskap til når de ulike detaljene skulle inn i forskalingen. Kjennskapen gjorde at hastigheten og flyten opp gjennom etasjene ble forbedret. Her pekte intervjuperson 3 på at gliden burde ha avsluttet ved gitte høyder, og at det mest gunstige ville vært å alltid gli litt inn i neste etasje. På denne måten ville gliden få et mer repeterbart mønster, enn når det ble avsluttet på tid.

En erfaring intervjuperson 4 hadde tilegnet seg var at hastigheten på de enkle sjaktene fint kunne ligge mellom 2 til 2,3 meter per dag, men at dette ble problematisk for jernbinderne på de større sjakten. Under glidestøpen på C sjakten var det vesentlig mye mer armering, innstøpningsgoods og utsparinger som skulle inn i sjakten. Mengden med detaljer som skulle inn i veggversnittet gjorde det vanskelig å opprettholde hastigheten. Det var spesielt

krevende i punktene rundt etasjeskiller hvor skjøtearmeringskassetene ble montert, her vist i Figur 28.



*Figur 28: Hektisk punkt ved montering av skjøtearmeringskassetter (Egenprodusert)*

### **Montering av teknisk**

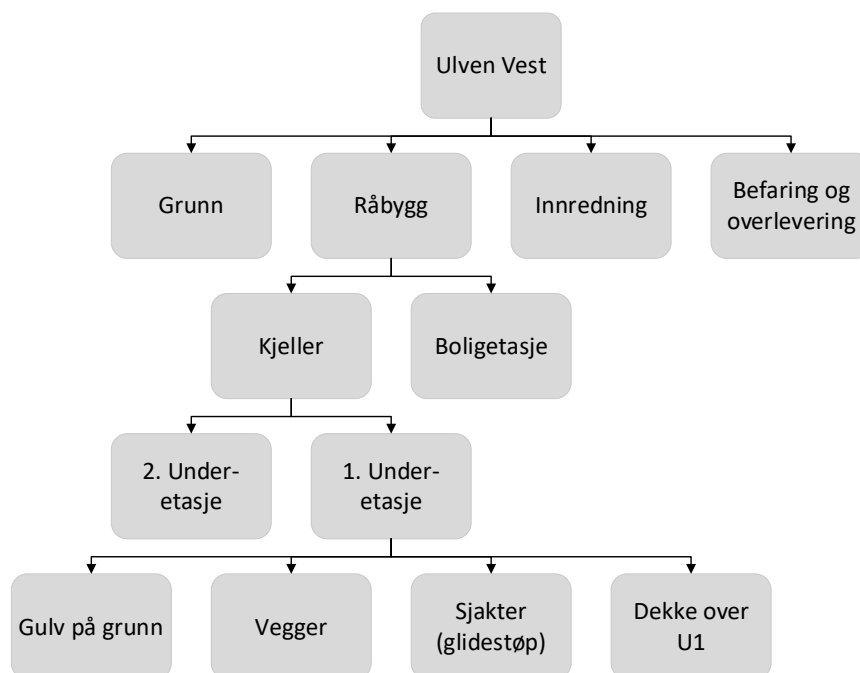
Ifølge intervjuperson 4 ble det i tillegg til armering, innstøpningsgod og utsparinger montert teknisk i sjaktveggene. Dette var trekkerør og koblingspunkter fra elektriker, samt sprinkler fra rørlegger. Den jevne farten gjorde at fagene hadde et forhold til når de måtte montere de neste rørlengdene. Intervjuperson 6 bekrefter dette og la til at på de enkleste glidestøpene var det overskudd av tid, men at overskuddet ble mindre etter hvert som de større sjaktene ble påbegynt.

Videre ble det lagt til at de tekniske fagene kun jobbet fra kl. 07:00 til kl. 15:00, og det var derfor nødvendig å få plassert rørene ganske langt opp på armeringen før arbeidsdagen var over. Det var derfor viktig at fagene som var igjen holdt et øye med det tekniske. Det ble påpekt at en av ulempene med glideforskalingen var at el-boksene ikke kunne trykkes inntil formhuden, og at gliden derav ga et dårligere sluttresultat for overflater der disse var plassert. En utfordring var derfor at det ikke fantes gode tekniske EL-løsninger for glidestøp som intervjupersonen kjente til.

## 5.2.4 Innvirkning på produksjon

### Forflytning av aktiviteter

Figur 29, utarbeidet gjennom dokumentgjennomgangen, viser hvordan aktivitetene relatert til sjakten og inkluderte vegger er flyttet fra den gjentakende produksjonen i boligetasjene, til en kontinuerlig prosess i kjelleren.



Figur 29: Prosjektnedbryting av Ulven Vest (Egenprodusert)

Intervjuperson 2 forklarte at råbygget ble kjørt tradisjonelt gjennom andre underetasje, men at det ble gjort noen forberedelser parallelt med driften. Forberedelsen innebar å produsere opp utsparinger som skulle inn under gliden, gjennomgang av armering og støpejernkassetter mm.. I første underetasje ble det lagt gulv mot grunnen og støpt vegger. Enkelte vegger og deler av vegger ble holdt igjen for å få plass til glideforskalingen. Intervjuperson 4 la til at ved å stoppe veggproduksjonen i en midlertidig periode, stoppet også dekkeproduksjonen over den første underetasjen til sjaktene var ferdig, og de resterende veggene var støpt. Under den ustrukturerte observasjonen ble bildet i Figur 30 tatt. Bilde viser oppstarten på sjakt E, og delene rundt som er holdt igjen for å få plass til glideforskalingen (rød firkant).

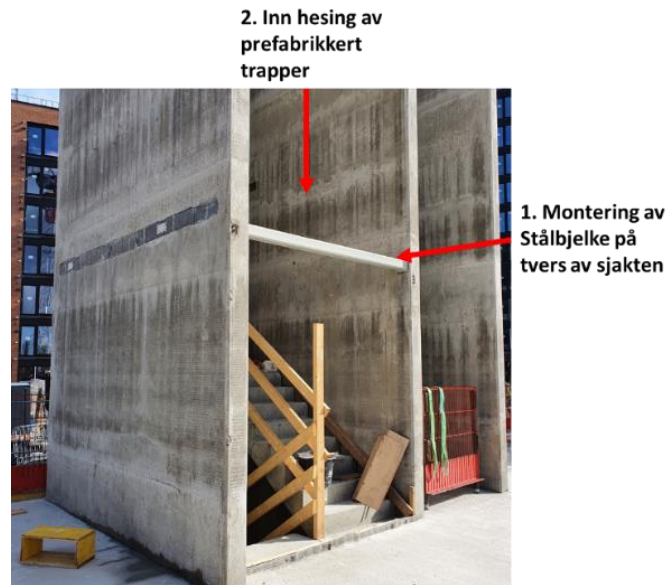


*Figur 30: Glidestøp på sjakt D (Egenprodusert)*

Intervjuperson 5 forklarte at under en glideprosess er det ønskelig med forutsigbarhet til krana. For å holde planlagt hastighet må alt av armering, innstøpningsgods, utsparinger, betong og diverse utstyr heises opp i tide. Selv om det ble lagt betong med perioder på 45 min, med tilsvarende pauser, ble det i forbindelse med de største glidestøpene knapphet på krankapasitet i oppholdet. Observasjon viste at ved siden av glidestøpen var det lagt opp til parallelle betongaktiviteter i kjelleren, samt gjennomført tekking og dekkestøp på riggdekket. Intervjuperson 7 opplevde at den parallelle aktiviteten i kjelleren ble hemmet som følge av at glideforskalingen tok opp mye krankapasitet. Dette var spesielt ved de største glidestøpene, og samtlige intervjupersoner var enig i dette.

### **Tilkomster**

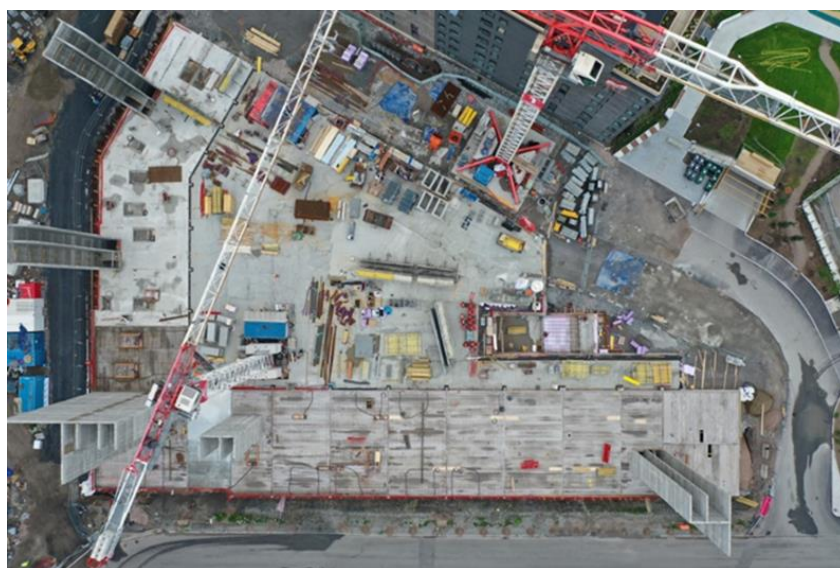
Intervjuperson 4 fortalte at det under glidestøpen ble det lagt inn stålplater i veggen til senere montering av prefabrikkerte trapper. Dette gjorde at trappene kunne monteres fortløpende med etasjedriften. Trappene ble montert fra etasjen under og gjorde at det alltid var en trygg og sikker adkomst til etasjen over. Figur 31 illustrerer hvordan trappene ble montert fortløpende i etasjeproduksjonen. Intervjuperson 2 utfylte dette med at en tilleggseffekt av de ferdig produserte sjaktene var at prosjektet ikke lengre var avhengig av stillaser eller trappetårn på utsiden av bygget, ettersom det var tilgang til etasjene gjennom sjaktene.



Figur 31: Ferdig monterte trapper (Egenprodusert)

## Plass

Figur 32 viser et dronebilde tilsendt av prosjektet, og er tatt av byggeplassen på Ulven Vest. Bildet er fra forkant av etasjedriften, før mellomlagring av badekabiner og annet materiell. Observasjon utført under etasjedriften viste at majoriteten av leveransene ble heist direkte på plass ved levering, men at noe ble mellomlagret. Ved siden av midlertidig lagrede byggevarer, ble plassen benyttet til lagring av utstyscontainere, søppelcontainere og annet utstyr som ble brukt i driften. Ifølge intervjuperson 2 var en klar fordel med å flytte aktivitetene til sjaktproduksjonen frem i tid, at utstyr og materiell tilknyttet sjaktproduksjonen ikke lengre tok opp plass under etasjesyklusen.

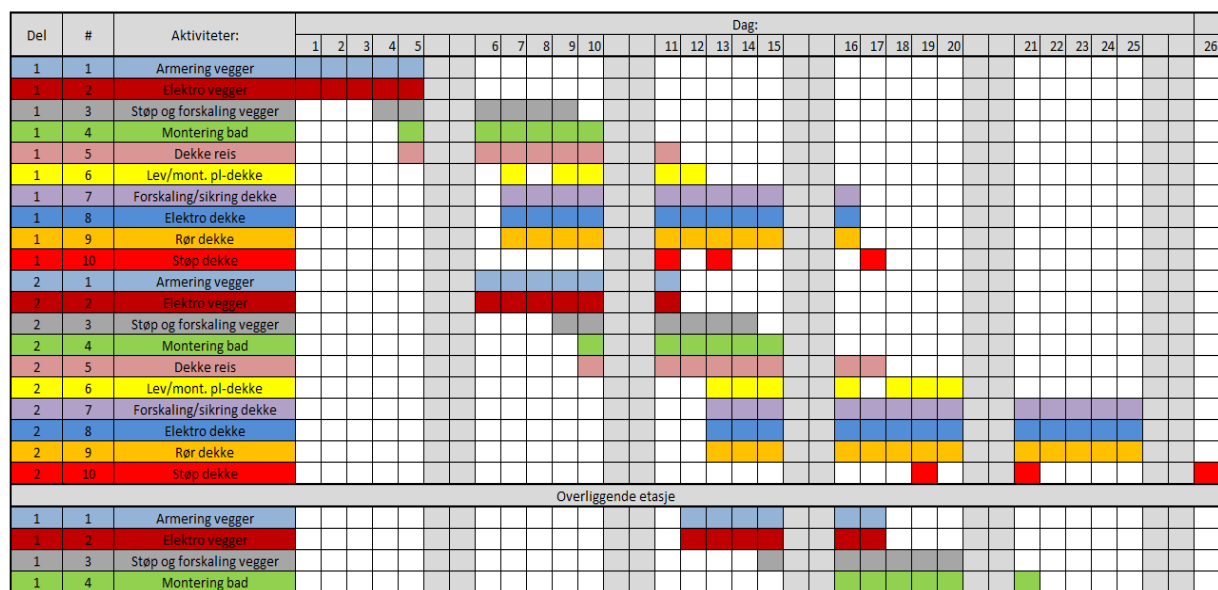


Figur 32: Dronebilde av Ulven

## 5.2.5 Etasjesyklus

Figur 33 gir en oversikt over den planlagte betongsyklusen på Ulven, og er utarbeidet fra dokumentgjennomgang av prosjektet. Se vedlegg D for syklusplan. Intervjuperson 4 fortalte at det opprinnelig ble beregnet en 12 dagers syklus på etasjene, men at driften landet fast på 11 dager. Driften hadde også vært nede i 10 dager, men da var tilbakemeldingen fra betongarbeiderne at tempoet var for høyt. Veggproduksjonen basert på systemforskaling av de ulike sjaktene var ifølge samtlige intervjupersonene fra Ulven estimert til 17 dager. Av planen kan det sees at:

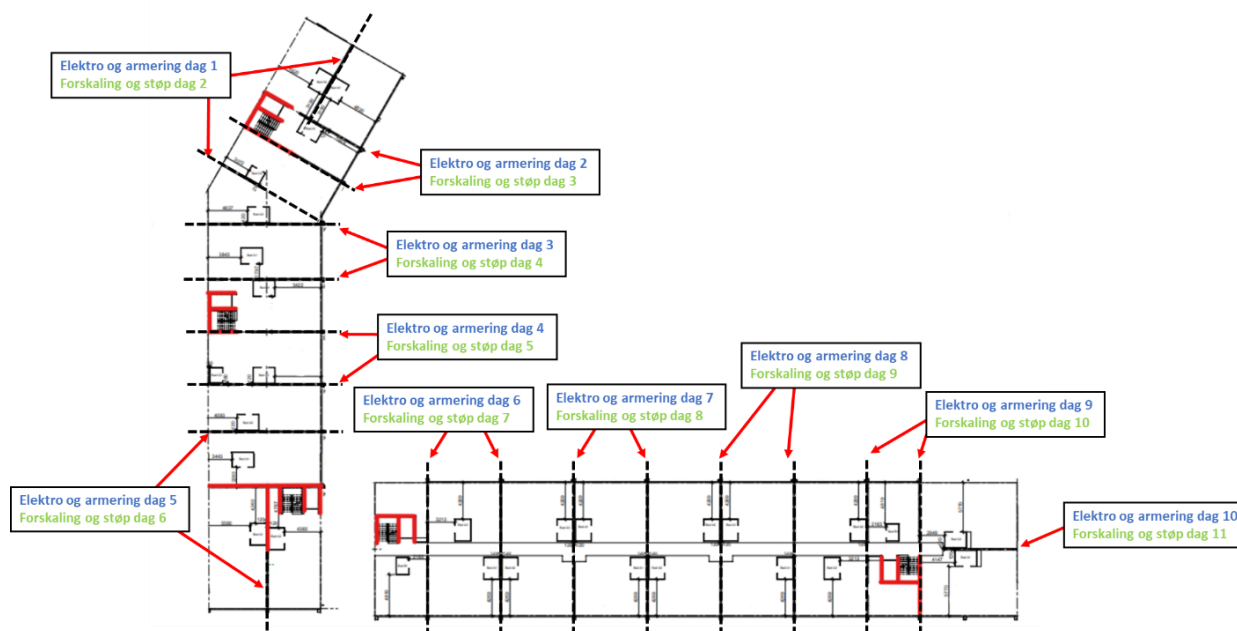
- Veggproduksjon har tatt 11 dager. Innebærer aktivitetene 1, 2 og 3, for del 1 og 2.
- Dekkeproduksjonen har tatt 20 dager. Innebærer aktivitetene 6, 7, 8, 9 og 10 for del 1 og 2.
- Total syklustid har ligget på 11 dager. Dette innebærer start aktivitet 1 til start aktivitet i overliggende etasje.



Figur 33: Syklusplan Ulven (Egenprodusert).

Det ble utfra dokumentgjennomgangen av basplanene og observasjon av driften utarbeidet en illustrasjon av veggproduksjonen prosjektet endte opp med, se Figur 34. Det ble påpekt av intervjuperson 7 at den største tidsbesparelsen lå ved C sjakten, og at dette i all grad skyltes hjørneløsningene. Observasjon viste at det eneste som ble støpt under betongsyklusen var de rette skilleveggene, og at utstøpingen foregikk hver dag. Prosjektet hadde to langvegger i

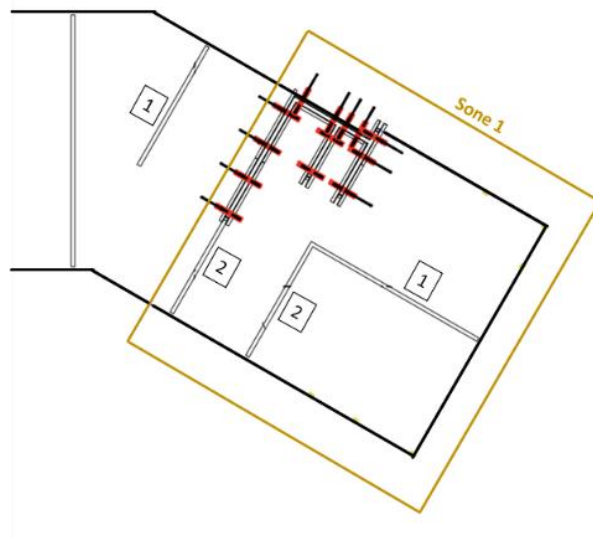
drift, og noen forskalingskassetter liggende. En erfaring intervjuperson 2, 5 og 7 hadde gjort seg var at sjaktproduksjonen i forkant av etasjedriften gjorde at driften unngikk mellomagring i etasjedriften.



Figur 34: Betongsyklus - veggproduksjon (Egenprodusert)

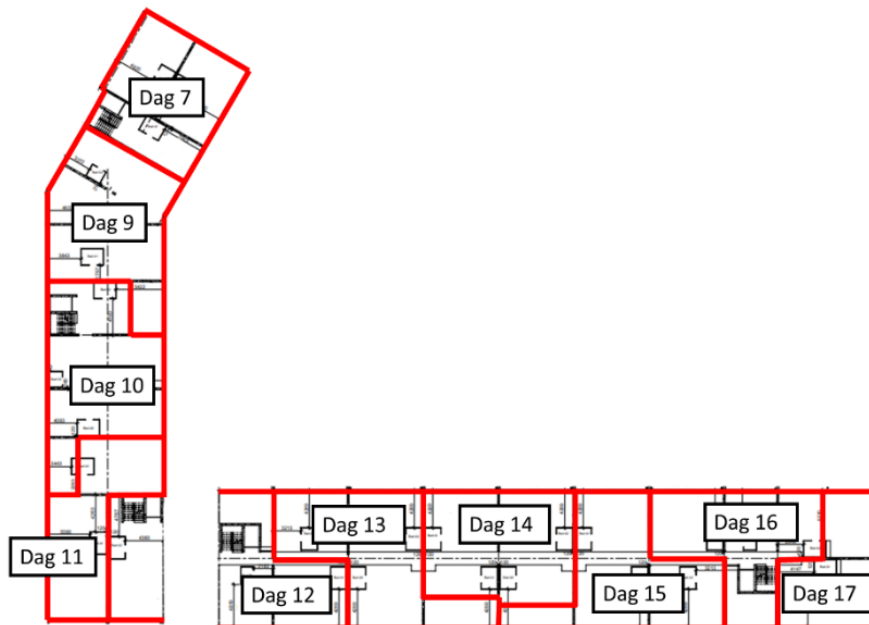
Intervjuperson 4 kommenterte at flyten under etasjesyklusen hadde blitt jevnere, som følge av at veggproduksjonen ikke lengre stagnerte ved de ulike hjørneløsningene. Det ble gitt følgende eksempel fra driften ute på Ulven, her hengitt og illustrert under i Figur 35:

*«Ved sjakt E ble det første lasset med plattendekke lagt bort til sjakten. For å gjøre ferdig denne plattendekke sonen må det støpes tre vegger. Dette innebar to vegger dagen etter dekkstøp, og to vegger dagen etter det. Da var du ferdig med sonen og kunne heise inn gips, vinduer, og badekabiner»*



Figur 35: Plattendekke celle 1 på Ulven (Egenprodusert)

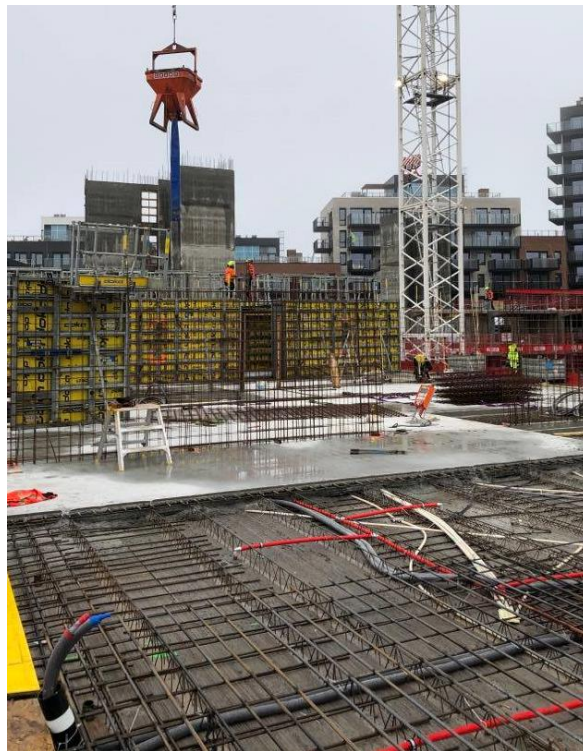
Videre fortalte samme person at en tilleggseffekt av dette var at prosjektet fikk en veldig jevn leveranse med plattendekke. Intervjuperson 7 fortalte at leveranser av plattendekke foregikk nesten hver dag. Av dokumentgjennomgangen ble det med utgangspunkt i basplanene utviklet en oversikt over soneinndelingen for leveranse til plattendekke, og de tilhørende leveransedagene i syklusen, se Figur 36.



Figur 36: Leveransedager for plattendekke (Egenprodusert).



En oppfatning samme intervjuperson (7) hadde var at det fint kunne ha blitt produsert flere vegger om dagen, men at veggproduksjonen etter hvert delvis ble begrenset av dekkeproduksjonen. Arbeidet på dekke tok i snitt to dager. På oppfølgingsspørsmål til intervjuperson 2 fikk oppgaveforfatter forklart at dette var en tendens tidligere observert på prosjekter med enklere planløsning, og skyltes at veggproduksjonen gikk hurtigere enn dekkeproduksjonen. Grunnen til dette var at veggproduksjonen hadde mange standardiserte løsninger som gjorde at produksjonen gikk hurtigere. Figur 37 er et bilde fra observasjonen utført på Ulven prosjektet og viser at veggproduksjonen ligger godt foran dekkeproduksjonen.



Figur 37: Trappeproduksjon Ulven Vest (Egenprodusert).

### 5.3 Kostnadsforskjeller

Tabell 8 baserer seg på dokumentgjennomgang fra Ulven, og tilsendt dokument fra Løren. Kostnaden er anslåtte og prosjektspesifikk. Totalkostnaden innebærer alt av utstyr, betong, armering og arbeidet som er involvert i produksjonen av sjaktveggene. Det regnes her med kvadratmeter per hudflate, som er overflaten til formhuden på forskalingsflaket.

Tabell 8: Kostnader kvadratmeter med vegg (Egenprodusert)

Prosjekt	Forskalingsmetode	Totalkostnad/m <sup>2</sup> hudflate (NOK)	Leiekost/m <sup>2</sup> hudflate (NOK)
Ulven Vest	Glideforskaling	1260,-	614,-
Løren Botaniske	Systemforskaling	302,-	5,13,-

## 5.4 Oppsummering

For å få et oversiktsbilde over de viktigste resultatene presenteres disse i Tabell 9, for henholdsvis Løren Botaniske og Ulven Vest.

Tabell 9: Identifiserte forskjeller ved de to prosjektene (Egenprodusert)

Løren Botaniske	Ulven Vest
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 11 vegger og 4 sjakter</li> <li>• 4 plattendekke lass per etasje</li> <li>• 750 kvm BRA</li> <li>• 10 dagers etasjesyklus</li> <li>• 8 dagers dekkeproduksjon</li> <li>• 8 dagers veggproduksjon</li> <li>• 9 forskalingssekkere og 4 jernbindere</li> <li>• 1 kran</li> <li>• 85 dager byggetid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 19 vegger</li> <li>• 10 plattendekke lass per etasje</li> <li>• 2100 kvm BRA</li> <li>• 11 dagers etasjesyklus</li> <li>• 20 dagers dekkeproduksjon</li> <li>• 11 dager veggproduksjon</li> <li>• 12-13 forskalingssekkere og 3-4 jernbindere</li> <li>• 2 kraner</li> <li>• 120 dager byggetid</li> </ul>

## 6 Diskusjon

*Følgende kapittel diskuterer resultatene fra kapittel 5 i lys av forskningsspørsmålene og tidligere litteratur presentert i teori. Kapitlet innebærer drøfting, og oppgaveforfatters egne meninger og tanker vil være fremtreende. Dette kapitlet er strukturert etter rekkefølgen til forskningsspørsmålene.*

### 6.1 Hvilke faktorer har påvirket valget for periodisk glidestøp?

Fra teorien ble det kjent at alle byggeprosjekter har sine omstendigheter som påvirker løsningene. Dette delkapitlet diskuterer påvirkningsfaktorene som fra resultatet av casestudien fremtrer som drivende for valg av periodisk glidestøp. Det er valgt å gjøre noen sammenligninger med prosjektet på Løren for å gi diskusjonen noen kontraster, og lettere kunne identifisere de ulike faktorene.

Intervjuene tilsier at den drivende påvirkningsfaktor for valgt forskalingsmetode på Ulven var reduksjon av byggetid. Fra dokumentgjennomgangen på Ulven Vest kommer det frem at gjennomsnittlig glidehastighet per glid under de to puljene tilsvarer daglig 80% av en full etasje i bygget. Tas det i betraktning at de to glidepuljene er gjennomført med henholdsvis to og tre sjakter samtidig, inkluderte vegger, danner dette grunnlag for å si at glideforskaling benyttet på Ulven isolert sett har vært en effektiv måte å gjennomføre denne delen av produksjonen på.

Sammenlignes sjaktløsningen mellom de to prosjektene er det en vesentlig størrelsesforskjell. Litteraturen deler oppfatning av forskalingsprosedyrene som ble beskrevet gjennom intervjuene på begge prosjektene. Resultatene tyder på at løsning med helform ved større og mer komplekse sjakter er mindre gunstig med tanke på tilpasningstid, og arbeidsmuligheter mellom forskalingsveggene. Ved en stegvis utstøping av vegger innføres det flere sett med arbeidsaktiviteter inn i den løpende produksjonen. Lengden på syklusen vil av den grunn øke desto flere hjørneløsninger bygget har. I lys av litteraturen tyder mye på at dette i større grad

vil være uavhengig av bemanning, da det er herdetiden som i all hovedsak begrenser fremdriften. Et vesentlig poeng er at en stegvis utstøping kan tilpasses betongsyklusen ved at skilleveggen tas med under støp av nærliggende vegger. Allikevel fremkommer det av intervjuene og dokumentgjennomgangen at estimert stegvis veggproduksjon på Ulven Vest basert på en lik inntransport ville tatt 5-6 dager ekstra, og at gliden derav ut fra estimatet til prosjektet har bidratt til 35% tidsbesparelse per fulle etasje under etasjedriften.

Intervjuene tilsier at tidsbesparelsen har vært størst ved hjørnet av bygget (sjakt C). Sees dette i lys av dokumentgjennomgangen er dette sjakten med flest hjørneløsninger og inkluderte vegger. Dette gir en indikasjon på at dersom glidestøp av heis- og trappesjakter skal være tidsbesparende, må sjakten ha en viss størrelse og kompleksitet. Mye tyder på at det spesielt fordelaktig ved muligheter for å inkludere ekstra vegger, også med hensyn til kostnader.

Hvor mye gliden har bidratt til å redusere byggetiden på hele råbygget er uklart, ettersom veggproduksjonen er stanset en kort periode under glidestøpen. Samtidig tyder resultatet fra intervjuene på at gliden krevde en vesentlig del av krankapasiteten, og derfor hemmet parallell drift. Det antas derfor at reduksjon av byggetiden vil være avhengig av hvordan den parallelle driften under glideperioden legges opp. Hvorvidt løsningen er tidsbesparende eller ikke vil endre seg fra prosjekt til prosjekt, og mye tyder på at antall etasjer vil være avgjørende for utslaget. Dette ettersom tidsbesparelsen per etasje vil akkumulere oppover i bygget.

Studien lyktes ikke med sikkerhet å gi en indikasjon på hvor mange dager driften på Ulven ble forsinket med i denne delen av produksjonen. Sammenlignes byggetiden til de to prosjektene, og deres respektive størrelser kan mye tyde på at det har foreligget en tidsbesparelse på Ulven. Imidlertid er det umulig å fastslå en eksakt tidsbesparelse grunnet en høyere bemanning, og at prosjektet har hatt en større krankapasitet.

Av teorien kommer det frem at glideforskalingen er oppbygd rundt løfteåker av stål, og at majoriteten av forskalingen som oftest består av trevirke ved enklere konstruksjoner. Observasjonen er sammenfallende med teorien, og viser at glideformen ble bygget fra bunn av som en tradisjonell forskaling. Kompen (1994) viser til at det er to metoder å produsere høye betongkonstruksjoner i en mer sammenhengene prosess; glideforskaling eller klatreforskaling. Intervjuene tyder på at glideforskalingen krever mindre plass enn

klatreforskalingen, og at plassmangel var en grunnene for å ekskludere klatreforskalingen som alternative metode å gjennomføre sjaktproduksjonen på.

Newman og Seng Choo (2003) påpekte at den periodiske glidstøpen ble introdusert for bruk i lydsensitive områder, eller hvor tilførselen av betong viste seg å være kostbar eller vanskelig. Resultatet fra casestudien samsvarer med teorien, og de to identifiserte påvirkningsfaktorer for valg av periodisk glideforskaling på Ulven ansees å være reduksjon av kostnad og støyfølsom bebyggelse.

## **6.2 Hva er de mest åpenbare fordelene og ulempene med metoden?**

### **6.2.1 Fordeler**

Resultatet fra observasjon viser at prosjektet på Ulven hadde mer utsyr og materiale på plassen i en tidligere fase av råbygget, som følge av glidestøpen. Til gjengjeld har forflyttelsen av aktivitetene relatert til sjaktveggene gjort at behovet for ulikt utstyr og materiale i en senere fase er redusert. Prosjektet har som følge av dette et mindre behov for plass under etasjedriften enn prosjektet på Løren. Av merkbare forskjeller er plassen tilknyttet lagring av forskalingsflak og sjaktarmering. Sees dette i lys av den oftest gradvise økningen av aktiviteter inn i et prosjekt, og allerede liten disponibel plass, antas det at forflyttelsen av aktiviteter har vært en klar fordel for prosjektet på Ulven.

En annen vesentlig forskjell mellom de to prosjektene er tilgjengeligheten til de ulike etasjene. Gjennom intervju og observasjon på Ulven ble det avdekket at prosjektet ikke lengre var avhengig av stilas for å få tilgang til de ulike etasjene, slik som på Løren. Dette skyldes at trappene ble montert fortløpende under etasjedriften til prosjektet, og sikret tilgang til de ulike etasjene. Resultatet gir en indikasjon på at forskalingsmetoden vil være gunstig på byggeplasser hvor disponibel plass er redusert, og bla. muligheten for stillas er liten. Av tilbakemeldingen fra de ulike intervjupersonene på Ulven tyder mye på at prosjektet har hatt en god erfaring med de ferdigproduserte sjaktene.

Sammenlignes resultatene av intervju og observasjonen relatert til arbeidet under sjaktproduksjonen mellom de to prosjektene, er en klar fordel ved gliden at monteringen av forskalingen kun foregår en gang per sjakt. Ved systemforskalingen benyttet på Løren bevegde bemanningen seg i større grad frem og tilbake for å løse arbeidsoppgaver på byggeplass. På Ulven sto arbeidslaget som utførte sjaktene (utenom i pausene) fast oppe på glideplattformen, og tilførte veggsnittet «verdi». Gliden kan sammenlignes med et vertikalt samleband, hvor variasjonen av arbeidet er minimal og svært gjentakende. Et vesentlig poeng som ble trukket frem under intervjuene var at gliden burde avslutte på høyde, og ikke etter tid. Dette ville trolig ha ført til at de ulike faggruppene ville fått en bedre kjennskap til når ting skal plasseres inn i formen, noe som sannsynligvis ville bidratt til en jevnere og mer oversiktlig produksjon.

Videre viser resultatet fra observasjonene utført på Ulven at forflyttelsen av sjaktproduksjonen har gjort at alle hjørneløsningene er produsert i forkant av etasjedriften. Dette har ført til at prosjektet kun produserer rette skillevegger senere i driften. Tas det utgangspunkt i prosjektets totale etasjesyklus er den av tilsvarende lengde som veggproduksjonen, noe som tyder på at formen har vært i kontinuerlig drift. Dette er noe som bekreftes i intervjuene. Dokumentgjennomgangen til de to prosjektene indikerer at Ulven Vest har hatt en forenklet syklus med en større grad av repetisjon i aktivitetene. De ulike erfaringene til intervjupersonene på Ulven er sammenfallende med dokumentgjennomgangen.

En tilleggseffekt av den jevne veggproduksjonen er at leveransen av plattendekke også har blitt mye jevnere for prosjektet. Dette skyldes trolig at veggproduksjonen ikke har stagnert ved de ulike hjørneløsningene, og alltid ligget i forkant av dekkedriften. Prosjektet på Ulven har hatt et mye lengre strekk på plattendekkesonene, noe som har gitt de ulike faggruppene større arbeidsflate. Betraktes prosjektet på Løren har leveranseflyten av plattendekke vært mere ujevn, noe som har ført til at de ulike faggruppene har mindre arbeidsflate. Imidlertid tilsier intervjuene at dette skyldes ugunstig soneinndeling, som følge av transportbegrensninger. Det kan derfor antas at tilleggseffekten også vil være avhengig av prosjektets planløsning, og mulig soneinndeling av plattendekke.

Sammenlikning av antall kaldskjøter på heis- og trappesjakter viser at prosjektet på Løren kommer best ut, ettersom gliden ikke ble kjørt en full etasje. Imidlertid kommer det frem gjennom intervjuene at løsningen på Løren ikke er allment kjent i bransjen, og noe nytt som prøves ut. Systemforskalingen tradisjonelt sett støpes fra overkant til underkant dekke for

overliggendeetasje, slik beskrevet i tidligere teori av Jacobsen (2014). Dette gir to kaldskjøter per etasje, og økt risiko for ujevnheter/hakk i veggoverflaten. En klar fordel med periodisk glid er at forskalingen gir færre kaldskjøter, og ingen forskyvninger ved de ulike kaldskjøtene.

Isolert sett er kostnadene relatert til sjaktveggen vesentlig høyere, som følge av at forskalingen er dyrere og krever større bemanning. Sees det imidlertid på potensialet metoden har for å redusere byggetiden kan ikke forskalingsmetoden utelukkes ved å kun se på de direkte kostnadene. En reduksjon av byggetiden fører til at driften kan avvikles før, og at bemanningen kan trappes ned tidligere. Dette er med på å redusere prosjektets totale kostnader. Trolig er en av årsakene til at gliden ikke benyttes oftere knyttet til at beslutningene i større grad er basert på de direkte kostnadene til veggene.

### **6.2.2 Ulemper**

Resultatene fra observasjon og intervju tilsier at produksjonen på Ulven har vært mer følsom for feil. Gjennom intervjuene kom det frem at det forelå en risiko for hekt, og at detaljer kunne bli dratt med inn eller opp i veggtersnittet. Dette gjør at bemanningen alltid må være på vakt. Det økte tidspresset som følge av formens kontinuerlige bevegelse gjør at tiden å kontrollere og rette på eventuelle feil blir mindre. Spesielt hektisk er punktene rundt etasjeskiller, hvor det meste av skjøtearmering skal inn. Forholdet til når detaljer skal monteres, kontrolleres og eventuelt utarbeides fra hengeplattformen under glideriggen, danner et grunnlag for å si at glideformen trenger kompetanse utover det som kreves ved en systemforskaling. Dette bekreftes av litteraturen. Resultatet er tydelig på at driften også er mer avhengig av stikker, og at arbeidsmengden for stikkeren har vært mer enn prosjektet først forespeilet. Intervjuene fra Løren tilsier at ved utstøpning med systemforskaling er det mer tid og større mulighet til å kontrollere og rette opp i feil under monteringen. Oppdages feil etter lukking av systemforskaling kan dette lettere rettes på, men krever at forskalingen demonteres og flaket fjernes.

Spesielt fremtredende er følsomheten ovenfor varme, som ifølge intervjuene har vært en vesentlig utfordring. Prosjektet hadde en rekke styringsparametere for å regulere avbindingen til betongen. Ved værskifte fra overskyet til sol, gjelder de mer umiddelbare tiltakene, ettersom det er vanskeligere å korrigere avbindingstiden ute på byggeplass. Et av de umiddelbare og det mest benyttede tiltaket for å forhindre at herdefronten trekker seg for langt

opp i formen, er å kjøre gliden hurtigere. Kombinasjonen høy glidehastighet og varmt arbeidsmiljø vil mulig kunne føre til flere feil, med tanke på økt stress.

Høy hastighet gir større eller hyppigere betongleveranser, og vil føre til mer trafikk på byggeplassen en planlagt. Det antas at dette vil redusere krankapasiteten ytterligere, og hemme den parallelle driften enda mer. I lys av teorien vil store betongleveranser også kunne påvirke overflatekvaliteten ved at mer betong inne i formen brenner av samtidig, noe som fører til økt friksjon mellom betong og formhuden. Tas observasjonen fra prosjektet på Løren i betraktning har ikke prosjektet disse problemene ettersom armeringen monteres i forkant, og flakene holdes i samme posisjon helt til betongen har herdet. Det oppstår dermed ikke noe friksjon mellom betongoverflaten og forskalingen. Trolig vil glideforskalingen vært mer gunstig i måneder med en jevnere døgntemperatur.

Litteraturen trekker frem viktigheten av tilstrekkelig kompetanse og planlegging ved utførelse av glidestøp. I lys av casestudien på Ulven har dette gjort driften mer avhengig av underentreprenører med tilstrekkelig kompetanse. I tillegg til glideaktøren har totalentreprenøren vært avhengig av å leie inn jernbindere og betongarbeidere. Av intervjuene kommer det frem at totalentreprenør grunnet bortfall i påtenkt underentreprenør måtte leie inn arbeidskraft via et bemanningsbyrå på anbefaling av glideaktør. Dette gir en indikasjon på at driften blir mer sårbar som følge av at det kun er et knippe aktører med tilstrekkelig kompetanse innenfor dette feltet. Tas prosjektet på Løren i betraktning krever ikke betongdriften noe spesiell kompetanse utenom det vanlige.

Resultatet tyder på at det er lite som skiller utførelsen ved en periodisk glid fra en døgnglid. Det ble gjennom intervjuene avdekket at den eneste vesentlige forskjellen er de midlertidige stoppene på natt og i helger. I lys av teorien vil disse stoppene kunne ha en betydning på resultatet, ettersom friksjonen mellom betongen og formen vil antas å være noe høyere. Dette er noe samtlige intervjupersoner hadde bemerket seg. Trolig vil derfor en døgkontinuerlig glid være mer ideelt for overflateresultatet.

En klar ulempe med forskalingen er at selv om kostnadene tilknyttet døgndriften er unngått, er det en anslått kostnadsforskjell i fordel av systemforskalingen på 904,- kr per kvadratmeter med hudflate. Dette skyldes ifølge dokumentgjennomgang og observasjon at medgått tid og bemanning er vesentlig høyere ved glideforskalingen, ettersom arbeidsmengden er større. I tillegg er leie av glideutstyr dyrere enn leie av systemforskaling, og utnyttelsen av transporten



fra betongleverandør dårligere. Tas det i betraktning at det er første gang Veidekke har gjennomført en slik glidestøp vil trolig økt erfaring og tilspising ved videre utvikling kunne redusere kostnadene. Imidlertid vil kostnadene isolert sett trolig aldri kunne konkurrere med systemforskalingen, ettersom denne krever vesentlig mindre ressurser.

Resultatet fra intervjuene viser at normal stighøyde lå på mellom 30 – 32 cm, og at den gjennomsnittlige betongleveransen har ligget på mellom 4-4,5 m<sup>3</sup>. Dette utgjør litt over en halv betongbil (7-8 m<sup>3</sup>). En ulempe med sjaktproduksjonen er at betongbilens fulle kapasitet ikke blir utnyttet. Av prosjektet på Løren kommer det fram at veggstøp utført med SKB tillater at hele formen fylles i en omgang, og derav vesentlige større lass. Dette er både økonomisk og mer miljømessig. Dette bygger oppunder tidligere påstand tilknyttet påvirkningsfaktor, om at det vil være fordelaktig ved inkludering av flere vegger og større sjakter.

Hovedsakelig ansees resultatet fra casestudien som sammenfallende med litteraturstudien når det gjelder ulempene tilknyttet glidestøp. Utfordringene som de ulike intervjupersonene opplever er under glideperioden, mens de fleste av fordelene er tilknyttet etasjedriften i ettertid. Gjennom forflyttelsen av aktivitetene relatert til sjaktproduksjonen tyder mye på at driften har byttet til seg flere utfordringer i en tidligere fase av byggingen, for fordeler senere i etasjedriften.

### **6.3 Hva er eventuelle forbedringspotensialer?**

Gjennom intervjuene ble det klart at begge prosjektene hadde mange standardiserte løsninger tilknyttet veggproduksjonen, og at det i mindre grad var utviklet løsninger som forenklet dekkedriften. En effekt av dette var at dekkedriften i prosjekter med enklere planløsning ble hengende bak veggproduksjonen, og derav begrenset fremdriften. Sees dette i sammenheng med resultatet fra dokumentgjennomgang på Ulven, krever veggproduksjonen som følge av gliden vesentlig mindre dager enn dekkeproduksjonen. Dette tyder på at dekkeproduksjonen henger bakpå, som bekreftes gjennom intervjuene. Trolig vil en ytterligere standardisering og effektivisering av dekkedriften derfor kunne føre til at byggetiden per etasje vil bli redusert. Tas prosjektet på Løren i betraktning har både veggproduksjonen og dekkeproduksjonen ligget på 8 arbeidsdager, og produksjonen er derfor mer balansert. En

effektivisering av dekkeproduksjon vil derfor antas å være mindre hensiktsmessig ettersom veggproduksjonen vil begrense driften. Mye tyder derfor på at prosjektet på Ulven har et potensiale til en ytterligere tidsbesparelse i etasjesyklusen ved en effektivisering av dekkeproduksjonen.

Det ble gjennom intervjuene avdekket at en klar utfordring med glidestøp av heis- og trappesjakter i boligblokkproduksjon er arbeid- og ansvarsfordelingen. Løsningen som ble valgt på Ulven tilsvarer et av alternativene beskrevet i tidligere teorikapittel 3.3.4. Resultatet tilsier at totalentreprenøren ved valgt samarbeidsavtale er avhengig av å koordinere alle faggruppene relatert til aktiviteten oppe på gliden, og de parallelle aktivitetene nede på riggdekke. Opplevelsen de ulike intervjupersonene har er at dette har svekket oversikten, spesielt oppe på glideformen. Mye tyder på at ansvaret oppe på formen har vekslet mellom glidekjører og betongformann, ettersom det er naturlig å henvende seg til glidekjører når betongformannen ikke er til stede. Trolig vil dette kunne være en av årsakene til at linjen mellom hvem som styrer blir mindre klare.

Mye tyder på at beslutningsmyndigheten oppe på formen burde ligge hos glideaktør. Dokumentgjennomgangen tilsier at sjaktene på Ulven er mindre kompliserte konstruksjoner å gli. Utfra tidligere teori kan det derfor tenke seg at prosjektet ville vært mer tjent med at hele sjaktproduksjonen hadde blitt satt bort til glideaktør. Samtidig er det en fordel for samarbeidet oppe på form ettersom glideaktør selv kan velge arbeidslag og sammensetning. Resultatet av intervju og dokumentgjennomgang tyder også på at glideaktør burde stille med stikker, ettersom kjennskapen til når de ulike detaljene må inn i tverrsnittet er sentralt.

Et annet argument som taler for at glideentreprenøren burde sitte på ansvaret og arbeidsledelsen for utførelsen av glidestøpen, er videre utvikling. Dette vil trolig kunne føre til at Veidekke Interform kan spesialisere seg ytterligere mot sjaktproduksjon, og tilpasning av parallell drift. Trolig vil det også kunne åpne for en lettere utveksling av kunnskap, og overførbarhet til nye prosjekter. Dilemma er likevel om entreprenør skal gi fra seg arbeidsledelsen på gliden eller ikke, ettersom dette fører til redusert oversikt ute på byggeplass.

## 7 Konklusjon

*I følgende kapittel oppsummeres resultatene og diskusjonen for å besvare problemstillingen. Det er her valgt å besvare problemstillingen ved hjelp av oppgavens forskningsspørsmål.*

Resultatet fra intervjuene tilser at de drivende påvirkningsfaktor for valgt forskalingsmetode på Ulven var: *tidspress, lite tilgjengelig plass, kostnadsreduksjon og støyfølsom bebyggelse*. Identifikasjoner gjennom intervju og dokumentstudiet tyder på at gliden har bidratt til en tidsbesparelse av den totale byggetiden til råbygget på Ulven, og at forskalingsmetoden er gunstig på byggeplasser med lite tilgjengelig plass. Imidlertid tyder resultatene på at forskalingsmetoden isolert sett er vesentlig dyrere enn systemforskalingen som tradisjonelt benyttes, selv om døgndriften er unngått.

Trolig har forskalingsmetoden et vesentlig potensial til å redusere byggetiden ved prosjekter med større og mer komplekse sjakter. Redusert byggetid vil kunne føre til at produksjonen kan avvikles tidligere, og derav at de totale kostnadene blir mindre. Valget rundt forskalingsmetoden kan derfor ikke kun baseres på de direkte kostnadene knyttet til sjaktproduksjonen, og det må fortas en avveining. Det kan tenkes at dette er en hindring for videre utvikling av denne forskalingsmetoden.

Det ble gjennom utførte intervju, observasjon og dokumentgjennomgang identifisert en rekke fordeler og ulemper ved bruk av periodisk glidestøp på Ulven Vest. Fordelene og ulempene som studien har avdekket er listet opp under i Tabell 10:

*Tabell 10: Identifiserte fordeler og ulemper med periodisk glid, (Egenprodusert).*

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bedre plass under etasjedriften</li><li>• Økt krankapasitet under etasjedriften</li><li>• Ikke avhengig av stilas/trappetårn i etasjesyklusen</li><li>• Forenklet og mer repeterbar veggproduksjon.</li><li>• Mindre skjøter ved etasjeskiller, og</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hele produksjonen blir mer ømfintlig for ytre forhold under glideperioden.</li><li>• Økt krav til kompetanse</li><li>• Flere aktører å forholde seg til</li><li>• Tidspress under sjaktproduksjonen</li><li>• Isolertsett veldig dyrt</li><li>• Krever mye krankapasitet under</li></ul>

null risiko for hakk.	glideperioden. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mindre betongleveranser.</li> <li>• Dårligere kvalitet på overflaten enn ved døgnglid</li> </ul>
-----------------------	--

Resultatet tyder på at de fleste ulempene tilknyttet glidestøpen er under gliden, og mye tyder på at produksjonen på Ulven har vært mer sårbar under denne perioden. Sees det på råbyggsproduksjonen i ettertid tilsier både intervju, observasjon og dokumentgjennomgang at driften har hatt en rekke fordeler. Trolig ville en effektivisering av dekkeproduksjonen bidra til en ytterligere tidsbesparelse.

Noe som ansees som et vesentlig forbedringspotensial er arbeids- og ansvarsfordelingen mellom glideaktør og glideentreprenør. Mye tyder på at totalentreprenøren er mer tjent med å gå fra seg ledelsen i forbindelse med gliden, selv om dette fører til en mindre oversikt over betongdriften. Det kan tenkes at det også vil være gunstig for videre utvikling.

Konklusjonen er at glidestøp kan representere en alternativ forskalingsmetode for heis- og trappesjakter i boligblokkproduksjon, og at mye tyder på at forskalingsmetoden har et vesentlig potensial når det kommer til effektivisering.

## 8 Videre arbeid

Oppgaveforfatters oppfatning er at studien gjennomført i denne bacheloroppgaven kan danne grunnlag for videre utvikling innen gitte tema. Da glidestøp benyttet i boligblokkproduksjon er relativt lite kjent, vil ytterligere kartlegginger kunne bidra til å forbedre dagens praksis, men også lede til ny kunnskap og erfaring. Dette ansees som gunstig i og med at boligblokkproduksjon stadig er i utvikling.

# Litteraturliste

- Anton, Y. M., & Kjellmark, G. (2020). *Effektivisering av plasstøping*. Oslo: Sintef.
- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). *Scoping studies: towards a methodological framework*. International Journal of Social Research Methodology.
- Ballard, G., & Howell, G. (1998). What kind of production is construction. *6th Annual Conference of International Group for Lean Construction*. Guarujá, Brazil.
- Befring, E. (2020). *Sentrale forskningsmetoder* (2. utg.). Oslo: Cappelen Damm AS.
- Bjerkestrand, S. B. (2017). *Glidestøp - løftefrekvens effekt på friksjon*. Stavanger: Det Tekniske-Naturvitenskaplige Fakultet.
- Byggeindustrien. (2018, oktober 10). *bygg.no*. Hentet fra <https://www.bygg.no/veidekke-kjoper-interform-fra-ncc/1370023/>
- Byggeindustrien. (2020, November 4). *bygg.no*. Hentet fra <https://www.bygg.no/veidekke-fikk-nytt-boligoppdrag-pa-loren-i-oslo/1449123/>
- Dalland, O. (2017). *Metode og oppgaveskriving 6.utg.* Oslo: Gyldendal akademisk.
- Deraas, T. A., Boye, G., & Miland, F. (2019). *En veilder i plass-støpt betong*. Oslo: Veidekke.
- DIBK. (2008, juni 27). *Direktoratet for byggkvalitet*. Hentet fra [https://dibk.no/saksbehandling/kommunalt-tilsyn/temaveiledninger/tilsyn/del-3--vedlegg/vedlegg-3.2/3.2.5.-entrepriserformer/?\\_t\\_q=entrepriser](https://dibk.no/saksbehandling/kommunalt-tilsyn/temaveiledninger/tilsyn/del-3--vedlegg/vedlegg-3.2/3.2.5.-entrepriserformer/?_t_q=entrepriser)
- Ekeløf, O., & Arve, L. (1995). *Forskalingsboka - landsforeningen for bygg og anlegg* (1. utg.). Oslo: Universitetsforlaget.
- Engelsen, C. J., & Aarstad, K. (2016). *Sementer. Typer, egenskaper og bruksområder [572.204]*. Oslo: SINTEF.
- Fosså, K. T. (2001). *Slipforming of Vertical Concrete Structures*. Trondheim: The Norwegian University of Science and Technology.
- Gjerp, P., & Opsahl, M. (1998). *Betongkompetanse*. Oslo: BA forlaget.
- Google maps. (2022, Mai 17). *google.com*. Hentet fra <https://www.google.com/maps/@59.9218044,10.7825272,11.59z>
- Grenness, T. (1997). *Innføring i vitenskapsteori og metode*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Gunnarsjaa, A. (2021, november 23). *Store norske leksikon*. Hentet fra [snl.no](https://snl.no/tilslag)

- Halvorsen, K. (2008). *Å forske på samfunnet - en innføring i samfunnsvitenskapelig metode* (5. utg.). Oslo: Cappelen Akademiske Forlag.
- Hanna, A. S. (1999). *Concrete formwork systems* (2. utg.). New York: Marcel Dekker.
- Jacobsen, T. (2014). *Kompendium TBA4130*. Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
- Johannessen, A., Tufte, P. A., & Christoffersen, L. (2016). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode* (5.. utg.). Oslo: Abstrakt forlag.
- Kalsaas, B. T., Bølviken, T., & Klakegg, O. J. (2017). Produksjon og prosjekter - flyt og verdiskaping i bygg- og anleggsnæringen. I B. T. Kalsaas, T. Bølviken, O. J. Klakegg, K. Bonnier, O. Seppänen, S. Aslesen, . . . A. O. Ose, *Lean Construction - Forstå og forbedre prosjektbasert produksjon* (ss. 19-28). Bergen: Fagforlaget.
- Kompen, R. (1994). *Intern rapport nr.1669 "Bruk av glideforskaling kontra klatreforskaling"*. Oslo: Statens Vegvesen.
- Kvendseth, S. S. (1989). *Funn!: Historien om Ekofisks første 20 år*. Phillips Petroleum Company Norway.
- Larsen, A. K. (2017). *Veiledning i samfunnsvitenskapelig forskningsmetode 2.utg.* Bergen: Vigmostad & Bjørke AS.
- Lund, T., & Haugen, R. (2006). *Forskningsprosessen*. Oslo: Unipub forlag.
- Maage, M., Gjerp, P., Smeplass, S., Pedersen, B., Kristiansen, B., & Injar, J. (2019). *Betong - regelverk, teknologi og utførelse* (1. utg.). Oslo: Fagbokforlaget.
- Newman, J., & Seng Choo, B. (2003). *Advanced concrete technology*. London: Butterworth-Heinemann.
- Norsk Betongforening. (2017). *Veiledning for prosjektering og utførelse av konstruksjoner utstøpt med glideforskaling*. Oslo: Norsk Betongforening.
- NTNU. (2021, november 19). *Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet*. Hentet fra <https://i.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Finne+kilder>
- Olsson, N. (2011). *Praktisk rapportskrivning*. Trondheim: Tapir Akademiske Forlag.
- Peri. (u.d.). *Peri Norge AS*. Hentet fra Peri.no: <https://www.peri.no/produkter/forskaling/dekkeforskaling/multiflex-dekkeforskalingstrager.html>
- Rolfen, M., & Jensen, H. C. (2018). Lean bygging. I M. Rolfen, H. C. Jensen, J. Ingvaldsen, G. Ringen, H. Holtskog, T. Giærver, . . . T. Netland, *Lean blir norsk* (ss. 130-139). Bergen: Fagbokforlaget.

- Rolstadås, A., Johansen, A., Olsson, N., & Langlo, J. A. (2021). *Praktisk prosjektledelse* (2. utg.). Bergen: Fagbokforlaget.
- Sandaker, B. N., Sandvik, M., & Vik, B. (2019). *Materialkunnskap*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Sintef. (2010, September). *Byggforsk*. Hentet fra byggforsk.no:  
[https://www.byggforsk.no/dokument/590/tilsetningsstoffer\\_for\\_betong](https://www.byggforsk.no/dokument/590/tilsetningsstoffer_for_betong)
- Standard norge. (2010). *NS-EN 13670: Utførelse av betongkonstruksjoner*. Standard norge.
- Thagaard, T. (2018). *Systematikk og innlevelse 5.utg.* Oslo: Vigmostad & Bjørke AS.
- Tyrén, C. W. (2019). *Bygningsproduksjon*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Unicon. (2022, April 27). Mail med betongleverandør (Salgskordinator).
- Varvin Hjelseng, G. (2014). *Plasstøt vs prefabrikkert betong*. Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet.
- Veidekke. (2020, Juli 3). *veidekke.no*. Hentet fra <http://veidekke.no/om-oss/nyheter-og-media/pressemeldinger/article34201.ece>
- Wethelund, H. (2011). *Praktisk planlegging av betongproduksjon*. Ås: Universitet for miljø og biovitenskap.
- Øye Gjerde, K., Jøssang, G., & Sellevold, M. A. (1996). *Årbok 1996*. Stavanger: Norsk Oljemuseum.



# Vedlegg

# Vedlegg A: Intervjuguide

## Introduksjon

Mitt navn er Hans Kristian Haadem Rudland, og jeg går 3.året på konstruksjon linjen ved NTNU Gjøvik. Dette vårsemesteret skriver jeg en bacheloroppgave om «*Glidestøp av heis- og trappesjakter i boligblokkproduksjon*» i samarbeid med Veidekke. Veileder for bacheloroppgave er Yongping Liu ved institutt for vareproduksjon og byggteknikk, samt Sigmund Aslesen i Veidekke.

Bacheloroppgaven er formet som en flercasestudie, med Ulven Vest som hovedprosjekt, og Løren Botaniske (hus 1) som referanseprosjekt. Det overordnede målet til oppgaven er å kunne bidra til økt kunnskap fortrinnsvis om intermitterende glidestøp, men også om glidestøp som forskalingsmetode i boligblokkprosjekter. Bacheloroppgaven har tre forskningsspørsmål:

- Hvilke faktorer har påvirket valget for periodisk glidestøp?
- Hva er de mest åpenbare fordelene og ulempene med metoden?
- Hva er eventuelle forbedringspotensialer?

For å sikre en mer nøyaktig dokumentasjon er det valgt å benytte lydopptak. Data som innhentes gjennom intervjuet vil bli transkribert anonymt, og slettet når prosjektet er avsluttet i mai 2022. Intervjuene vil ikke bli vedlagt i oppgaven. Det understrekes at deltakelsen er frivillig.

## Bakgrunn

- 1) Hva er din rolle i prosjektet?
- 2) Hvor lenge har du vært involvert i prosjektet?
- 3) Hva har ditt arbeid bestått av?

## **Planlegging**

- 1) Hva var bakgrunnen for valgt forskalingsmetode?
  - a. Hvorfor?
  - b. Hvilken grunn var drivende?
- 2) Med tanke på utførelsesmetode. Er det noen spesielle erfaringer du har tilegnet deg fra planleggingsfasen av prosjektet?
  - a. Hvis ja, positive eller negative?
- 3) Hadde dere noen utfordringer knyttet til valg av forskalingsmetode?
  - a. Hvis ja, hvordan løste man disse?

## **Utførelse**

- 1) Hvordan ble forskalingsprosessen gjennomført?
  - a. Noen klare fordeler/ulemper?
- 2) Har utførelsesmetoden noen innvirkninger på den parallelle driften?
  - a. Hvis ja, positive eller negative, forklar?
- 3) Hadde dere noen utfordringer med forskalingen?
  - a. Hvis ja, hvilken og hvordan løste man de?
- 4) Ser du noen klare forbedringspotensialer?
  - a. Hva mener du burde ha blitt gjort annerledes?

## **Ettertid**

- 1) Hvordan påvirker utførelsesmetoden produksjonen i etasjedriften?
  - a. Positiv/Negativ, hvorfor?

2) Hvilke erfaringer sitter du igjen med i ettertid?

a. Positive/Negative, hvorfor?

## **Avslutning**

1) Er det noe jeg har glemt å spørre om?

2) Er det noe du mener jeg burde vektlegge mer i oppgaven?

3) Har noen tanker rundt hva som

Tusen takk for ditt bidrag i denne bacheloroppgaven!

Med vennlig hilsen,

Hans Kristian Haadem Rudland

## **Vedlegg B: Observasjonsnotat**

Tid og dato:

Sted:

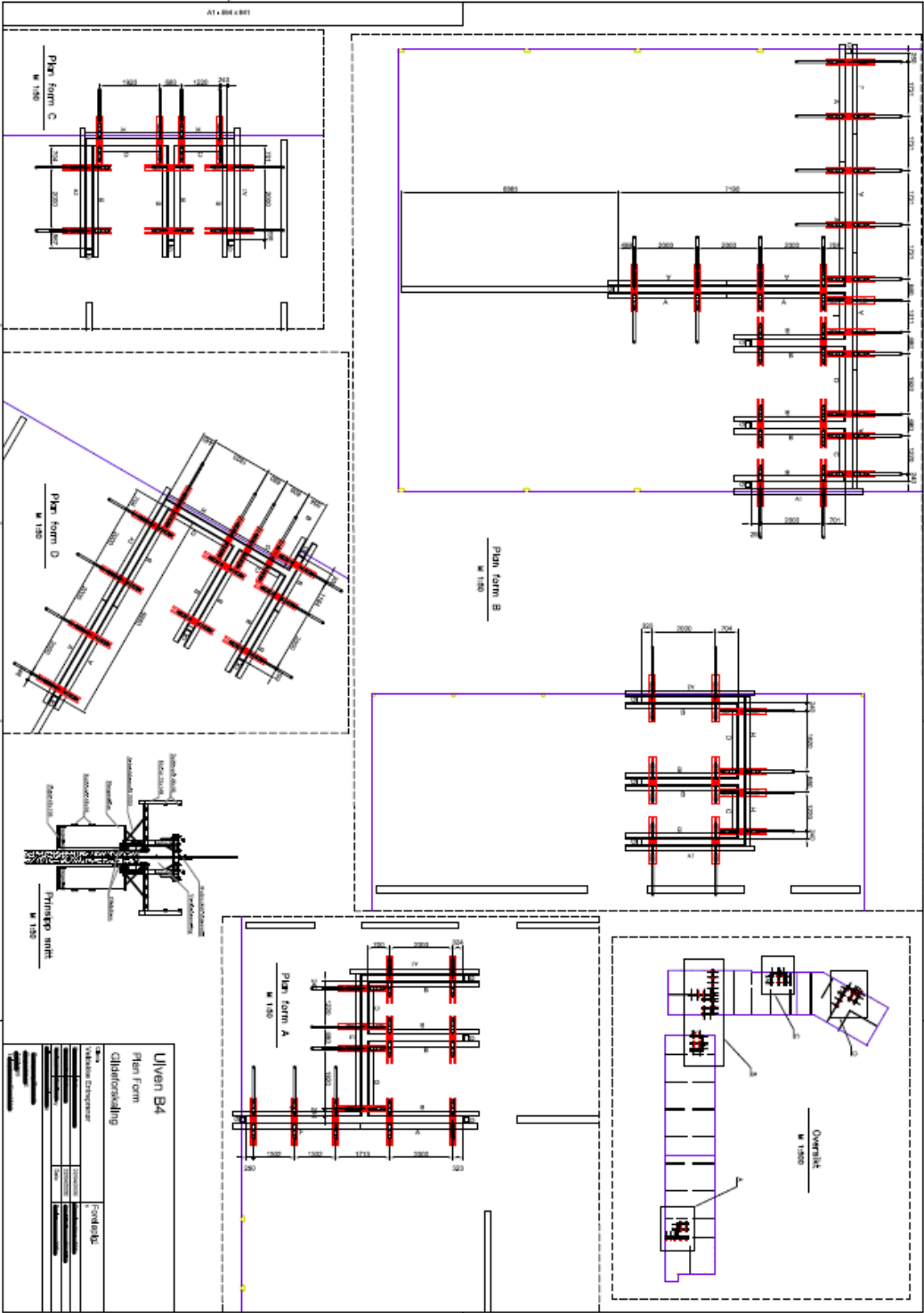
Hva skal observeres:

- Hvordan gjennomføres syklusen?

- Hvilke fordeler har driften?

- Hvilke ulemper har driften?

# Vedlegg C: Arbeidstegning glideforskaling





# Vedlegg E: Arbeidstegning systemforskaling

A2 - 420 x 594

5

90	90	60	45
135	135	135	135
90	90	60	45
135	135	135	135

45	45	60	45
135	135	135	135
45	45	60	45
135	135	135	135

Plan: heis  
M 1:25

90	90	60	45
135	135	135	135
90	90	60	45
135	135	135	135

45	45	60	45
135	135	135	135
45	45	60	45
135	135	135	135

Plan: trapp  
M 1:25

90	90	60	45
135	135	135	135
90	90	60	45
135	135	135	135

50	50	60	45
135	135	135	135
50	50	60	45
135	135	135	135

Plan: trapp  
M 1:25

135	45	135	45
135	45	135	45
135	75	135	75
135	45	135	45

135	45	135	45
135	45	135	45
135	75	135	75
135	45	135	45

**Anvisninger Framax Xlife Plus**  
 Formhøyde: 2700 mm  
 Max tillatt formtykkelse = 90 kg/m<sup>2</sup>

Ved oppstilling av formverk som ønskes eller ved mellomlagring, skal disse alltid foranvendes bak med kledning d.alfes (skaltes tilveie av entreprenør.)  
 Alle skal forrestille festes til dekket med espsjokk. (se DOKA brukermanu.)

I tillegg til den informasjon som finnes på denne lagrings- se også i Tilsvarende brukermanu/brings- Doka kataloger for mer informasjon.

**CONCREMOTE**  
 Concrete formwork system  
 High strength concrete formwork system  
 High strength concrete formwork system  
 High strength concrete formwork system

**DOKA**  
 Doka Formwork  
 Doka Formwork  
 Doka Formwork

**Formox xlife plus**  
 Formox xlife plus  
 Formox xlife plus

**Entrepreneur**  
 Entrepreneur  
 Entrepreneur

**Valdelske Entreprenør AS**  
 Valdelske Entreprenør AS  
 Valdelske Entreprenør AS

**Alle konstruksjoner skal godkennes av entreprenør før start**  
 Alle konstruksjoner skal godkennes av entreprenør før start  
 Alle konstruksjoner skal godkennes av entreprenør før start

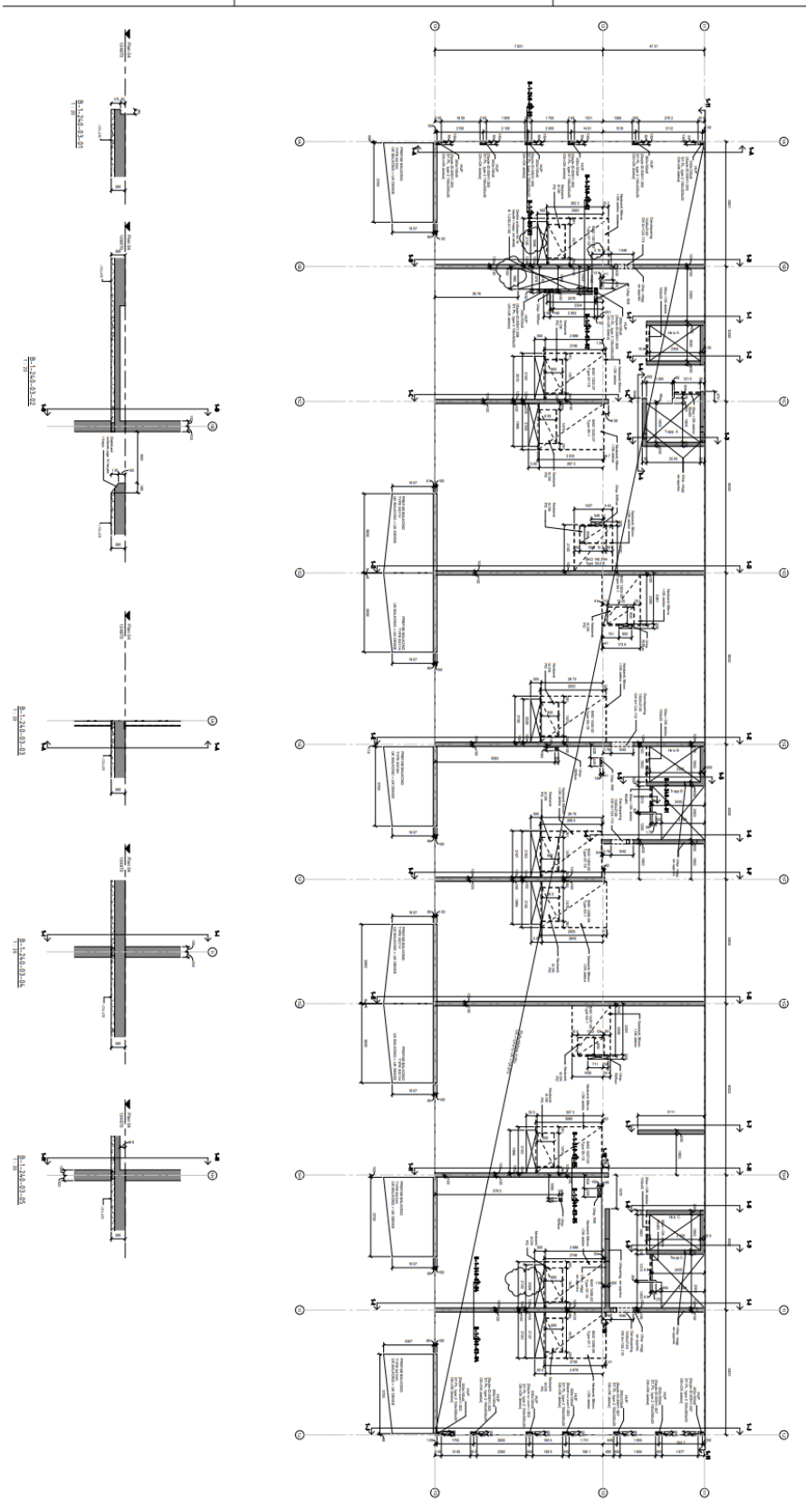
**DOKA**  
 Doka Formwork  
 Doka Formwork



# Vedlegg F: Syklusplan Løren

		34				35				36				
Rev. 19.04.22		25.aug	26.aug	27.aug	30.aug	31.aug	01.sep	02.sep	03.sep	06.sep	07.sep	08.sep	09.sep	10.sep
		Onsdag	Torsdag	Fredag	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag
Hus 1	Armert vegger	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING
	Stop vegger	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
	Kvist & flekk vegger			Kvist/flekk	Kvist/flekk	Kvist/flekk	Kvist/flekk	Kvist/flekk	Kvist/flekk	Kvist/flekk	Kvist/flekk	Kvist/flekk	Kvist/flekk	Kvist/flekk
	Bærestell gavlf				Sålmontasje									
	EL Vegg		EL vegg	EL vegg	EL vegg	EL vegg	EL vegg	EL vegg	EL vegg				EL vegg	EL vegg
	Bad					L1 - Del C 08:30		L2 - Del B 07:00	L3 - Del A 08:30					
	Reis				Reis	Reis	Reis	Reis	Reis					
	Plattenderker					L1 08:30	L2 08:30	L3 08:30	L4 12:00					
	Armert dekke	ARMERING	ARMERING			ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING
	EL på dekket	EL dekke	EL dekke			EL kl. 12		EL dekke	EL dekke	EL dekke	EL dekke	EL dekke	EL dekke	EL dekke
	Rør på dekket	RØR dekke	RØR dekke			RØR kl. 07		RØR dekke	RØR dekke	RØR dekke	RØR dekke	RØR dekke	RØR dekke	RØR dekke
	Trykktesting av sprinkler		Trykke					Trykke				Trykke		Trykke
	Stop badedsenk		Badedsenk					Badedsenk				Badedsenk		Badedsenk
	Leveranse prefab trapp				Traap A									
	Montasje prefab trapp				2-3 etg									
	Leveranse prefab balk					Lass 3 12:00								
	Montasje prefab balk							Mont. Balk				Mont. Balk		
	Stop dekke			STOP Del AB						STOP Del C			STOP Del A	
	First for ferdig forhøyet stillas					FH Stillas								
	Forhøyng av allmakk													
	Etasje			DO2 AB						DO3				DO3

# Vedlegg G: Planløsning Løren



# Vedlegg H: Planløsning Ulven

