



Kompendium TBA4130

Produksjonsteknikk i BA

Grunnarbeider og plasstøpt betong

Tor Jacobsen

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2014

Hovedveileder: Amund Bruland, BAT

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



Oppgavens tittel: Kompendium TBA 4130 Produksjonsteknikk i BA. Grunnarbeider og plasstøpt betong.	Dato: 9.6.2014
	Antall sider (inkl. bilag): 307
	Masteroppgave
Navn: Tor Jacobsen	
Faglærer/veileder: Amund Bruland	
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere:	

Ekstrakt:

Denne oppgaven omhandler utvikling av et kompendium for faget "TBA 4130 Produksjonsteknikk i BA". Faget er utviklet og undervist av representanter fra bransjen. Oppgaven tar for seg 2/5 av fagets pensum, som er grunnarbeider og plasstøpt betong. I tillegg er det skrevet et mindre kapittel om Norsk standard.

- **Norsk standard** tar for seg utvikling og bruk av standarder mot byggebransjen.
- **Grunnarbeider** omhandler arbeider for forberedelse for grunnmasser før en konstruksjon kan føres opp på en tomt.
- **Plasstøpt betong** er når man monterer en form, armerer den, og støper den ut. Resultatet blir en konstruksjon i betong.

Til innhentning av informasjon har metodene litteratursøk/dokumentgjennomgang, intervju med fagpersoner, spørreundersøkelse, observasjoner og deltagelse på konferanse og forelesninger blitt brukt. Det mest effektive har vært intervjuer med fagpersoner.

Kompendiumet har blitt produsert i tråd med fagets forelesninger og øvinger, i tillegg til anbefalinger fra intervjuobjektene. Det har blitt tatt utgangspunkt i teori, som har blitt rettet mot utførelse og produksjonsplanlegging.

Det konkluderes med at det har blitt produsert et kompendium med god kvalitet. Det bør derimot leses gjennom av en eller flere fagkyndige, før det eventuelt brukes i undervisningssammenheng.

Stikkord:

1. Grunnarbeider
2. Plasstøpt betong
3. Produksjonsplanlegging
4. Utførelse

Forord

Vårsemesteret 2013 var jeg deltaker i emnet "TBA4130 Produksjonsteknikk i BA" ved NTNU. Jeg synes faget var ett av de bedre fagene jeg hadde hatt i løpet av studietiden, og hadde stort utbytte av både forelesninger og øvinger. Det var deimot en mangel, som var at faget ikke hadde et kompendium. Når jeg oppdaget at utvikling av et slikt kompendium lå ute som en av mange valgbare oppgaver ved BAT ble jeg straks interessert og ivrig på oppgaven.

Arbeidet med oppgaven har strukket seg over to semestre, er en kombinert prosjekt- og masteroppgave ved BAT, altså 37,5 studiepoeng. Oppgaven har tatt for seg utvikling av et kompendium i produksjonsteknikk og tar for seg emnene grunnarbeider og plasstøpt betong.

I forbindelse med arbeidet har jeg fått hjelp og veiledning av professor Amund Bruland. Jeg vil med dette rette en stor takk til han for gode råd og veiledning gjennom to semestre. I tillegg vil jeg rette en takk til Jardar Lohne ved BAT, for gode tips i forbindelse med arbeidet med metodekapittelet.

Metoden som ga best resultater for oppgaven var å intervju personer fra bransjen. En stor takk utgår også til de 34 intervjuobjektene for sine bidrag til oppgaven.

Trondheim, juni 2014

Tor Jacobsen

Sammendrag

Denne oppgaven ble skrevet med hensikt i å produsere deler av et kompendium for bruk i faget ”TBA 4130 Produksjonsteknikk i BA”. Faget er utviklet og undervist av representanter fra entreprenørbransjen, og har pr. tid ikke en lærebok. Oppgaven ble lagt ut som en av mange valgbare oppgaver av veileder, Amund Bruland. Problemstillingen for oppgaven er:

”Utvikling av håndbok i TBA 4130 Produksjonsteknikk i BA for kapitlene plasstøpt betong og grunnarbeider.”

Opgaven er todelt. Den ene delen er selve kompendiumet, fordelt på tre kapitler, og er hoveddelen av resultatene. Kompendiumet er vedlagt som en pdf-fil i kapittel 6. Den andre delen omhandler beskrivelse av arbeidet rundt kompendiumet, og er i hovedsak metoder og konklusjoner for oppgaven.

Kompendiumet gir en grundig innføring i kapitlene ”grunnarbeider” og ”plasstøpt betong” som dekker om lag 2/5 av fagets pensum. I tillegg er det skrevet et mindre kapittel om Norsk standard. Dette kapittelet er skrevet etter ønske fra bransjen, og var i utgangspunktet ikke med i problemstillingen. Oppgaven tar utgangspunkt å gi en bred oversikt over emner som inngår i kapitlene, og går derfor mindre i dybden.

- Kapittelet om **Norsk standard** tar for seg utvikling og bruk av standarder mot byggebransjen.
- **Grunnarbeider** omhandler arbeid og forberedelser for grunnmasser, før en konstruksjon føres opp. Utgraving, skråningssikring, grunnforsterkning og gjenfylling er sentrale emner.
- **Plasstøpt betong** omhandler prosessen ved å føre opp en betongkonstruksjon støpt på stedet. Forskaling, armering og utstøping av betong er sentralt i dette kapittelet.

Kapitlene tar utgangspunkt i teori, som rettes mot utførelse og produksjonsplanlegging, og baserer seg i stor grad på informasjon bransjen ønsker at studentene skal tilegne seg.

Til innhenting av informasjon til oppgaven har metodene litteratursøk/dokumentgjennomgang, intervju med fagpersoner, spørreundersøkelse, observasjoner og deltagelse på konferanse og forelesninger blitt brukt. Den mest effektive metoden har vært intervjuer med fagpersoner, fordi metoden ga meget høyverdig, spesifikk og relevant informasjon.

Sammen med analyse av fagets øvinger og forelesninger, utgjorde informasjon fra intervjuobjektene grunnlaget for oppgavens struktur og innhold. Siden øvingene og forelesningene er utviklet og avholdt av bransjen, blir kompendiumets innhold i stor grad i tråd med hva bransjen ønsker at studentene skal tilegne seg av kunnskap.

”TBA 4130 Produksjonsteknikk i BA” er bygget opp med følgende hovedtema:

1. Riggplanlegging og drift
2. Grunnarbeider
3. Plasstøpt betong
4. Anbudsregning
5. Fremdriftsplanlegging

For at kompendiumet skal bli komplett, anbefales det at lignende masteroppgaver legges ut, med formål om å produsere de resterende kapitlene. Det går en parallell masteroppgave med denne, som tar for seg fremdriftsplanlegging. Det vil si at de kapitlene som gjenstår er riggplanlegging og drift og anbudsregning. Det anbefales også at en person med god kunnskap innen emnene denne oppgaven tar for seg leser over oppgaven og utbedrer den, før den eventuelt legges inn i et kompendium. Dette for å luke ut overflødig informasjon og legge til informasjon som eventuelt er oversett i denne sammenhengen.

Abstract

This paper was written with the intention of producing parts of a compendium for the use of the subject TBA 4130 Production in BA”. The course is developed and taught by representatives from the construction industry, and does not at the time have a textbook. The thesis was published as one of many selectable tasks of the supervisor, Amund Bruland. The problem for the task is formulated:

Development of having GUIDE in TBA 4130 Production in BA for chapters concrete and foundation work.”

The task is twofold. One part is the compendium, divided in three chapters, and is the main part of the results. The compendium is attached as a pdf file in Chapter 6. The second part deals with the description of the work around the compendium, and mainly the methods and conclusions of the thesis.

The compendium provides a thorough introduction to the chapters earthworks”and ”cast in place concrete”covering about two fifths of the subject syllabus. In addition, it is produced a smaller chapter about Norwegian standard. This chapter is written at the request of the industry, and were not included in the original problem. The study has to provide a broad overview of the topics included in the chapters, and is therefore less in depth.

- The chapter on Norwegian standard addresses the development and use of standards to the construction industry
- Earthworks involving work and preparation of matrices, before a construction entered. Excavation, slope protection, ground reinforcement and backfilling are central themes
- Situ concrete deals with the process by bringing up a concrete structure tion cast on site. Formwork, reinforcement and concreting of concrete is central to this chapter

The chapters are based on theory, which is paid to design and production planning, and relies largely on information branjen want the students to learn. In information retrieval the task has methods literature / document review, interviews with experts, surveys, observations and participation on conference and lectures been used. The most effective method has been interviews with professionals, because it produced very high quality, specific and relevant information.

Along with analysis of the subject exercises and lectures, amounted information from interviewees basis for the thesis structure and content. Since the exercises and lectures are developed and held by the industry, the compendium content largely argely in line with what the industry

wants the students to acquire.

TBA 4130 Production in BA”is built on the following issues:

- Rigg Planning and management
- Earthworks
- Past in place concrete
- Tender Bill
- Forward planning

For the compendium to be completed, it is recommended that similar theses laid out, aiming to produce the remaining chapters. There is a parallel thesis of this study, that address future planning. This means that the chapters that remains is planning and rig operations and tendering bill. It is recommended also that a person with good knowledge of topics this thesis is the reading of the task before it is entered into a compendium. This to weed out redundant information and adding information which may be overlooked in this context.

Innhold

Forord	I
Sammendrag	III
Abstract	V
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Formål og problemstilling	5
1.3 Rapportens oppbygging	6
1.4 Omfang og avgrensninger	7
1.5 Begrepsavklaringer	8
1.6 Oppgavens prosess	8
2 Metode	9
2.1 Metodelære	9
2.2 Metoder for oppgaven	13
2.2.1 Spørreundersøkelse	14
2.2.2 Intervju med fagpersoner fra bransjen/byggeplassbesøk	15
2.2.3 Litteratursøk/dokumentgjennomgang	17
2.2.4 Deltakende/direkte observasjon	21
2.2.5 Konferanse og forelesninger	22
2.3 Feilkilder	23
2.4 Triangulering	25
2.5 Oppsummering av metoder	26
3 Resultater	29
3.1 Spørreundersøkelse	29
3.2 Intervjuer	37
4 Diskusjon	39

5	Konklusjon	45
6	Anbefalinger og videre arbeid	47
	Bibliografi	50
	Kompendium	51
	Vedlegg	269

Kapittel 1

Innledning

I dette kapittelet beskrives oppgavens bakgrunn, formål og problemstilling og avgrensninger. I tillegg beskrives rapportens oppbygging.

1.1 Bakgrunn

”TBA 4130 Produksjonsteknikk i BA” er et fag som undervises ved NTNU og omhandler planlegging og produksjon av bygninger. Undervisningen ble startet i 2004 og er et fag for studenter i 4. årskull. Faget er bygget på et tilsvarende fag som ble undervist frem til 1993 ved NTNU, kalt produksjonsteknikk GK. Produksjonsteknikk GK ble tatt ut av timeplanen for revidering, men ble av en ukjent grunn ikke revidert. Det endte derfor med at det ikke ble satt opp som fag påfølgende semester [1].

Ti år senere, i 2004, ble faget startet opp igjen etter forespørsel fra byggebransjen. Pensum for produksjonsteknikk GK og litteraturen som fulgte med faget ble sett på som utdatert, og det ble besluttet å bygge opp faget på nytt. Det ble dannet en prosjektgruppe på syv personer bestående av representanter fra byggebransjen og NTNU. Bedriftene som bistod med representanter var Reinertsen AS, Mesta, NCC og Veidekke ASA. Gruppen fastslo pensum og undervisningsmetode og ble dermed et fag som underviste kunnskap direkte etterspurt av bransjen [1]. Foreleserne i faget skulle i hovedsak være eksterne og er pr. i dag representert ved 16 ulike forelesere fra forskjellige entreprenørbedrifter [2].

Det ble fastslått at det ikke var lærebøker eller kompendium som dekket fagets pensum. Faget hadde derfor ikke pensumbok ved oppstart. Så langt har fagets deltakere brukt forelesningsfiler, utdrag fra diverse litteratur, samt et innledende kompendium til eksamensforberedelser og øvingsoppgaver. Det innledende kompendiumet ble laget av Eirik Munkeby, og gjort tilgjengelig for studentene i januar 2014. Kompendiumet dekker dog bare en innledende del av faget.

Med bakgrunn i dette tok instituttet ved Bygg, Anlegg og Transport (BAT) initiativ til å legge ut en oppgave som skulle besvares ved å produsere et kompendium i faget. Oppgaven var ment for å løses som en prosjekt- og masteroppgave og var:

”Utvikling av håndbok i produksjon av bygninger, fra kontraktsinngåelse til overlevering. Håndboken skal også fungere som lærebok i emnet Produksjonsteknikk i BA ved NTNU [3]”

Tidligere forskning

Høsten 2013, parallelt med prosjektoppgaven, skulle studentene skrive en oppgave om litteratursøk med tanke på den litteraturen som skulle brukes i prosjektoppgaven. I dette faget ble det brukt mye tid i ulike databaser på å finne litteratur om emnet som oppgaveskrivingen startet med, som var plasstøpt betong. Med bakgrunn i læringsmål (se side 6), forelesninger, øvinger og læringsmålene for faget ble ulike søk gjort. Funnene var varierende, og viste at det var store mengder med litteratur rundt emnet. Informasjonen var derimot veldig spredt og det fantes ikke, så langt søket avdekket, litteratur som tilfredstilte fagets læremål. Behov for samling av denne litteraturen samt skreddersy den mot læremålene ble altså ansett som nødvendig.

Til tross for mye og variert litteratur, var der derimot lite litteratur som beskrev utførelse. Delene av oppgaven som omhandler utførelse er derfor i stor grad dekket ved intervjuer av fagpersoner.

Oppbygging av ”TBA4130 Produksjonsteknikk i BA”

For å få bedre innblikk i hva oppgaven skal produseres mot, presenteres fagets oppbygging. Faget er som tidlige nevnt bygget opp etter initiativ fra bransjen og av representanter fra bransjen. Faglig innhold og læringsmålene for faget er derfor trolig i samsvar med det bransjen ønsker at studentene skal lære. Faglig innhold er:

”Emnet er en del av Prosjektledelse og anleggsteknikk, og vil i stor grad være relatert til bygging av betongkonstruksjoner, som boliger, kontor- og industribygg. Sentrale tema er: Planlegging (riggplan, støpeplan, framdriftsplan). Byggeteknikk (plasstøpt, betongelement). Økonomi (kalkulasjon, ressursbruk, kapasitet og kostnader). HMS på byggeplass” [4].

Læringsmålet er :

”Emnet skal gi studentene grunnleggende kunnskap innen vanlige metoder ved planlegging, kalkulasjon og utførelse av byggearbeider for nye bygninger” [4].

Studentene skal altså, for å bestå i faget, ha tilegnet seg kunnskaper og ferdigheter for byggeprosessen fra anbudstadiet og frem til overlevering. Dette skal gjøres med tanke på planlegging og utførelse.

Slik oppbyggingen av faget er i dag, er studentenes karakter i faget vurdert i to deler. Den ene er eksamen ved slutten av semesteret, og teller 50% av endelig karakter. De resterende 50% vurderes i form av gruppeøvinger. Det er totalt fem øvinger som skal leveres inn i løpet av semesteret, som hver teller om lag 10% av karakteren [4]. Tittelen på øvingene tar stort sett for seg hovedtemaene i faget, og bygger på forelesningene. Temaene er [5]:

Øving 1: Prosjektevaluering og riggplanlegging

Øving 2: Grunnarbeider

Øving 3: Plasstøpt betong

Øving 4: Mengdeberegning og pristilbud

Øving 5: Fremdriftsplanlegging

Av fagets 16 forelesninger omhandler fem av disse plaststøpt betong og to om råbygget [2]. Fagets tyngde ligger i så måte mot et råbygg i plaststøpt betong. Forelesningsplan ligger vedlagt i vedlegg 3.

Uttak av oppgaven

Vårsemesteret 2013 var undertegnede deltaker i ”TBA 4130 Produksjonsteknikk i BA”. Med ett års erfaring fra entreprønørbransjen virket faget meget samstemt med virkeligheten. Utbytte av fagets forelesninger og øvinger var stort, men fraværet av et kompendium var merkbart. Dette gjorde at oppgaven var meget attraktiv.

Det som motiverte ekstra i forhold til en ”normal” prosjekt- og masteroppgave var at oppgaven skulle brukes til noe konkret, og ikke bare leses av veileder/sensor for å så arkiveres. I mai 2013 ble uttak av oppgaven avtalt med veileder Amund Bruland og vit.ass Eirik Munkeby. Det ble avtalt at kapittelet som skulle startes på var ”plastøpt betong” grunnet omfanget av kapittelet. Etter avtale skulle det skrives så langt som gikk an å komme på den avsatte tiden.

1.2 Formål og problemstilling

Formålet med denne oppgaven er å produsere et kompendium som kan brukes av fagets deltakere. Kompendiet skal kunne brukes til å løse øvingsoppgaver og til eksamensforberedelser.

Problemstillingen ble i utgangspunktet formulert slik den var lagt ut av BAT:

”Utvikling av håndbok i produksjon av bygninger, fra kontraktsinngåelse til overlevering. Håndboken skal også fungere som lærebok i emnet Produksjonsteknikk i BA ved NTNU [3]”

Etterhvert som arbeidet foregikk, ble det tydelig at problemstillingen var for ambisiøs. Det var ønskelig med en viss kvalitet på kompendiet, og avsatt tid var ikke tilstrekkelig til å produsere kompendiet i sin helhet. Problemstillingen ble derfor omformulert:

Utvikling av håndbok i TBA 4130 Produksjonsteknikk i BA for kapitlene plastøpt betong og grunnarbeider.

Dette var en mer realistisk problemstilling. Kapittelet om grunnarbeider ble valgt fordi det hadde god sammenheng med kapittelet om plastøpt betong. De to aktivitetene kommer etter hverandre og bygger til en viss grad opp under hverandre.

I forkant av våsemesteret 2014 utga veileder i tillegg en tilsvarende oppgave, som omhandlet fremdriftsplanlegging, som skulle leveres som en masteroppgave. Den er skrevet uavhengig av denne oppgaven, men med samme formål.

I tillegg til en problemstilling er det normalt å utarbeide noen underordnede, konkrete forskningsspørsmål som skal gå gjennom oppgaven som en slags ”rød tråd” [6]. For denne oppgaven er disse:

1. Hvilke tema er mest relevant å skrive om?
2. Er det svakheter eller mangler ved faget?
3. Hva mangler normalt studenter som kommer ut fra NTNU av kunnskap?

Faget er som nevnt utviklet og undervist av bransjen. Det var derfor trolig av fagets pensum og innhold allerede var samstemt med hva bransjen ønsker at studentene skal lære. For å opprettholde og videreutvikle dette, ble forskningsspørsmålene rettet mot tidligere studenter, som hadde hatt faget, og i dag er i jobb, og erfarne personer som hvert år ansetter og lærer opp nyutdannede ansatte. I tillegg var analyse av fagets forelesninger og øvinger sentrale i oppbygging og innhold av oppgaven.

1.3 Rapportens oppbygging

Denne oppgaven er ikke som en normal masteroppgave hvor man forsker på en problemstilling som konkluderes med numeriske data eller setninger som svarer på problemstillingen. Resultatet er i hovedsak presentert ved det ferdige kompendiumet, der teori og litteratur er innbakt. Det er derfor ikke hensiktsmessig å skrive egne teori- og litteraturkappitel som en tradisjonell oppgave gjør. Rapportens oppbygging blir derfor:

Kapittel 1: Innføring i oppgavens bakgrunn, formål og problemstilling. Problemstillingen blir videre avgrenset og aktuelle begreper blir definert.

Kapittel 2: Beskrivelse av grunnleggende metodeteori. Kapitlet gjennomgår i tillegg til de metodene som er brukt for å fremskaffe oppgavens resultater.

Kapittel 3: Oppgavens resultater. Resultatene består av:

- En spørreundersøkelse
- Oversikt over anbefalinger fra intervjuobjekter
- Tre kapitler: ”Norsk standard”, ”grunnarbeider” og ”plasstøpt betong”

Kapittel 4: Diskusjon rundt resultatene, med tanke på problemstillingen og forskningsspørsmålene.

Kapittel 5: Oppgavens konklusjoner.

Kapittel 6: Anbefalinger for videre arbeider i forhold til denne og lignende oppgaver.

1.4 Omfang og avgrensninger

Oppgaven startet som en prosjektoppgave og ble videreført som masteroppgave. Ved studier ved BAT er det normalt at prosjektoppgaver gir 7,5 studiepoeng og at masteroppgaver gir 30. Totalt antall studiepoeng for oppgaven er derfor 37,5. Etter avtale ble prosjektoppgaven innlevert i den grad den var ferdig.

Som problemstillingen indikerer, ligger oppgavens avgrensninger i å produsere ett kapittel som omhandler grunnarbeider og ett som omhandler plastøpt betong. Hovedfokuset for disse to kapitlene skal være planlegging og utførelse, men skal bygges opp med teori som avklarer begreper og synliggjør viktigheten med korrekt utførelse.

For grunnarbeider avgrenses arbeidene til å omhandle utgraving, grunnforsterkning og gjenfylling av en byggetomt.

For plastøpt betong avgrenses det til produksjon av bolig-, kontor- og industribygg til fire-fem etasjers høyde, altså i plastøpt betong. Det avgrenses også til plastøpte arbeider, slik at prefabrikkert betong ikke er inkludert.

Det avgrenses også til at de mest vanlige arbeidsoppgavene defineres, slik at mindre vanlige arbeidsoppgaver ikke omtales.

1.5 Begrepsavklaringer

Grunnarbeider

Grunnarbeider er de arbeidene som utføres før en konstruksjon kan føres opp. De stedlige massene må tåle de belastningene som konstruksjonen medfører. Det kan være behov for å forsterke massens bæreevne, eller det kan være nødvendig å skifte den ut med andre kvalitetsmasser.

Plasstøpt betong

Med plasstøpt betong menes prosessen når man forskaler, armerer og støper ut en konstruksjon i betong. Forenklet forklart er det når man lager en form av et materiale, hvor hulrommet i formen er likt den konstruksjonen som skal føres opp. I denne formen monteres det stålarming som skal forsterke betongen i den ferdige konstruksjonen. Betong helles til slutt i formen. Når betongen har blitt stiv og utviklet tilstrekkelig fasthet, kan formen rives, og igjen står for eksempel en vegg, et fundament eller en søyle.

1.6 Oppgavens prosess

Oppgaven ble som tidligere nevnt startet som en prosjektoppgave og fullført som en masteroppgave. Etter avtale skulle det leveres inn det arbeidet som hadde blitt produsert etter endt semester høst 2013. Dette skulle vurderes og karaktergives som en prosjektoppgave, men uten oppbyggingen av en tradisjonell oppgave. Det ble i stedet skrevet en innledning, og fokusert mest på det endelige resultatet, som var å produsere et kompendium i faget. Etter endt semester høst 2013 ble 70 sider av kapittelet om plasstøpt betong innlevert. Dette kapittelet har siden blitt tillagt mer informasjon og redigert.

Ved starten av vårsemesteret 2014 startet videre arbeider med kapittelet om plasstøpt betong. Parallelt med dette startet arbeidet med neste kapittel som var grunnarbeider. Grunnen for at det ble arbeidet med to kapitler parallelt var at store deler av metodedelen var å besøke byggeplasser, for innhenting av informasjon. Det måtte prøves å tilpasse de periodene som passet best for de prosjektene som skulle besøkes. Mai 2014 ble både kapittelet om plasstøpt betong og grunnarbeider avsluttet, og er resultatene for denne oppgaven. I tillegg ble det skrevet et mindre kapittel om Norsk standard, etter oppfordring fra bransjen.

Kapittel 2

Metode

Dette kapitlet redegjør for de ulike metodene som er brukt for å fremskaffe resultater for oppgaven. Det gis først introduksjon i metodelære før valgte metoder blir gjennomgått.

2.1 Metodelære

En forskningsmetode er en metode eller en teknikk som brukes for å gjennomføre forskning, og er en systematisk måte for å løse et forskningsproblem på [7]. Enhver metode har fordeler og ulemper, og én metode er ikke nødvendigvis bedre enn en annen metode. Det viktigste er at den hjelper å svare på problemstillingen og forskningsspørsmålene. Det må altså finnes et logisk forhold mellom problemstillinger og metode [8].

Bevissthet rundt valg av metode er en viktig og sentral del ved oppgaveskriving. Metodebeskrivelsen kan brukes som en kvalitetssikring av det utførte arbeidet, og skal gi leserne grunnlag for å vurdere de konklusjonene som er gitt. I tillegg bedres muligheten for en eventuell videreføring av arbeidet [6]. Metodekapitlet skal beskrive hva som er gjort i oppgaven og skal gi eventuelle styrker og svakheter for metodene.

Kvalitative og kvantitative metoder

En problemstilling kan belyses ved hjelp av kvantitative og kvalitative metoder. En oppgave er sjeldent verken eller, men en kombinasjon av disse .

En *kvalitativ* metode er basert på informasjon som enten er tekstlig eller muntlig. Metoden tar utgangspunkt i få objekter og prøver å skaffe til veie variert informasjon i store mengder. Målet med denne metoden er ofte å skaffe en helhetsoversikt over emnet.

En *kvantitativ* metode baserer seg i utgangspunktet på målbare data og som oftest tallinformasjon. Det tas utgangspunkt i få opplysninger om mange undersøkelsesenheter med stor vekt på presisjon. Dette gir metoden en høy grad av etterprøvbarehet.

Ved å kombinere metodene kan for eksempel den kvalitative metoden hjelpe å forstå tallverdier i den kvantitative metoden [6].

Reliabilitet og validitet

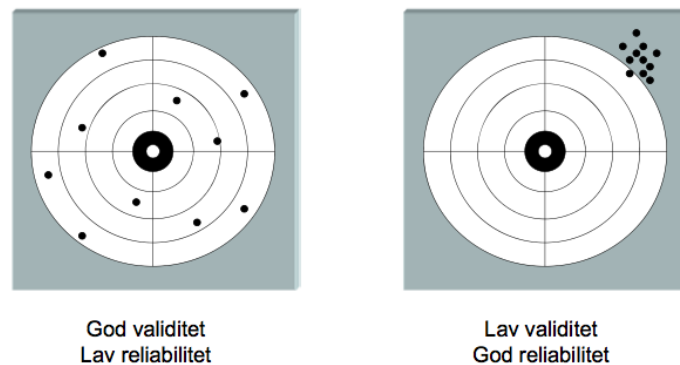
Informasjonen man samler i en oppgave må oppfylle to kriterier for å karakteriseres som ”god” .

Det første er *validitet*, som er et mål på forventningsverdien av målingene og hvor godt informasjonen stemmer med virkeligheten [9]. Får man flere ulike perspektiv, vil man oppnå bedre validitet.

Det andre er *reliabilitet*, som sier om informasjonen er pålitelig og er et mål på om man måler på rett måte. Reliabilitet er det inverse standardavviket for resultatene, altså hvor god samling det er i resultatene. Hvis en måling gjøres flere ganger under de samme forholdene og gir de samme resultatene, er reliabiliteten god [6].

Samlet er disse to uttrykkene en beskrivelse av hvor godt man treffer virkeligheten med oppgavens målinger.

Kvalitativ informasjon, som denne oppgaven baserer seg på, vil ha begrensede muligheter for å sikre reliabiliteten. Det vil derfor være validiteten som vil være avgjørende for informasjonens godhet [9]. Figur 2.1 viser prinsippet for validitet og reliabilitet.



Figur 2.1: Sammenheng mellom validitet og reliabilitet [10]

Datainnsamling, primær- og sekundærkilder

Data man samler inn kan være primær- eller sekundærkilder. Det er kan være viktig å skille disse to ved innsamling av data. Primærkilder er førstehånds fremstilling av informasjon, og ble laget når hendelsen fant sted. Det er ikke videre fortolket av andre.

Sekundærkilder fortolker og analyserer primærkildene og består av kritikk, analyser og informert mening. Kildene må altså vurderes for om de kan brukes da sekundære kilder blant annet kan være feiltolket.

Aktuelle metoder for forskning

For å skrive en rapport, i dette tilfelle en masteroppgave, finnes det flere metoder som kan brukes. Ulike former for innhenting av informasjon er kort beskrevet i tabell 2.1.

Tabell 2.1: Ulike metoder for forskning [6]

Metoder	Beskrivelse
Litteratursøk/ dokumentgjennomgang	Innhenting av informasjon ved å bruke eksisterende informasjon i for eksempel rapporter, bøker eller artikler
Intervjuer	Intervju med nøkkel- eller fagpersoner kan brukes som kvalitetssikring av foreløpige resultater eller innledende arbeider
Deltakende observasjon	Forskning på et område der man samtidig deltar i de oppgavene man forsker på
Direkte observasjon	Observasjon der det gjøres funn, men på avstand uten å delta
Spørreundersøkelse	Utsending av spørreundersøkelse til et utvalg av respondenter
Casestudier	Dyptgående studie som brukes for å undersøke ett eller flere utvalgte studieobjekter

De fleste av de overnevnte metodene kan brukes alene, men det er likevel vanlig og i prinsippet anbefalt å kombinere to eller flere metoder. Man kan ved bruk av flere metoder oppnå en såkalt triangulering. Triangulering er når to eller flere metoder bygger opp under hverandre. Man kan da ha mulighet til å avdekke feil eller mangler [6].

2.2 Metoder for oppgaven

For å besvare problemstillingen ble det tidlig vurdert at kvalitative metoder i størst grad vil føre til et godt resultat, fordi kvalitative metoder har fokus på å gi en helhetsforståelse av emnet man studerer. For denne oppgaven har det derfor blitt brukt følgende metoder:

- Spørreundersøkelse
- Intervjuer
- Litteratursøk/dokumentgjennomgang
- Deltakende og direkte observasjon
- Konferanse og forelesninger

Metodene ble valgt delvis ved eget initiativ og delvis etter samtale med veileder.

Veileder anbefalte å foreta intervjuer med fagpersoner, en spørreundersøkelse og deltagelse på konferanse. Spørreundersøkelsen ble derimot sendt til andre respondenter enn dem veileder anbefalte.

Resten av metodene kom fra eget initiativ. Grunnen til at det ble valgt et så stort antall metoder var et ønske om å få en best mulig helhetsoversikt over emnene. Ved bruk av de overnevnte metodene oppnådde oppgaven også en trianguleringseffekt, da flere av metodene overlappet og bygget opp under hverandre. Samtlige av metodene er her kvalitative, med unntak av spørreundersøkelsen, som er både kvalitativ og kvantitativ. Grunnet fordelingen av metodene vil man forvente at resultatene har god validitet.

Det ble valt å ikke foreta et casestudium, grunnet oppgavens avgrensning i tid. Det var regnet med at de valgte metodene ville gi tilstrekkelige resultater innen det tidsrommet som var satt av.

2.2.1 Spørreundersøkelse

Faget er som nevnt rettet mot bransjen og skal i stor grad forberede fagets deltakere på arbeidslivet. Det var derfor interessant å undersøke hvilke meninger og holdninger tidligere studenter, som nå er i arbeid, hadde om faget. Det var ønskelig å finne ut hvordan faget eventuelt kunne forberedes og hva som kunne skrives i et kompendium. Det skulle altså undersøkes holdninger og meninger for en stor gruppe personer. For å kartlegge dette innen et kort tidsrom anbefales det å bruke spørreundersøkelser [11].

En spørreundersøkelse via et oppgradert abonnement på nettstedet ”SurveyMonkey.com” ble sendt til tidligere studenter, heretter kalt respondenter, som er i jobb i forbindelse med entreprenørvirksomhet. Det var en forutsetning at de hadde hatt faget, slik at de kunne relatere fagets innhold og oppbygging mot arbeidslivet.

Det ble lagt særlig vekt på spørsmålenes utforming, og undersøkelsen ble stort sett utformet med ferdig oppsatte svaralternativer, da dette vil gi enklere analysearbeid ved at undersøkelsen blir mer forutsigbar [11]. I tillegg var det noen spørsmål som var utformet slik at respondentene skulle dele meninger via egen tekstboks. Disse spørsmålene spurte etter tips til hva som kunne skrives i kompendiumet.

Undersøkelsen ble, etter anbefaling fra undersøkelsens nettsted, lest gjennom av flere ulike personer (her fem) for å sikre en god utforming. Disse testpersonene kom med tilbakemeldinger på blant annet spørsmål de ikke forsto og tips til andre formuleringer.

Spørreundersøkelsen ble sendt ut i slutten av mars 2014. Alle respondentene var bekjente av avsender og spørreskjemaet ble utsendt via sosiale medier og mail. Det ble informert om at undersøkelsen var anonym og hva den skulle brukes til. Det ble regnet med at det ikke var nødvendig med ytterligere godkjenninger.

Spørsmålene i undersøkelsen ble utformet primært med tanke på forskningsspørsmål 1 og 2, da det var trolig at respondentene var blant de best egnede til å svare på disse. Forsknings-spørsmålene var, som beskrevet i 1.2:

1 : *Hvilke tema er mest relevant å skrive om?*

2 : *Er det svakheter eller mangler ved faget?*

Totalt ble spørreundersøkelsen sendt til 26 respondenter og ble besvart av 22, alle i arbeid i forbindelse med entreprenørvirksomhet. Svarene ble brukt til å bestemme hvilke tema som kunne skrives om ved å bruke tips fra kommentarfeltene. Svarene indikerte også hvilke emner som var minst dekket. Resultatene fra undersøkelsen er gitt i kapittel 3, og spørreundersøkelsen i sin helhet er gitt i vedlegg 4.

Styrken med en slik tilnærming er at man relativt raskt og billig kan samle meninger og holdninger til en stor gruppe [8]. I dette tilfelle var det meget interessant å avdekke meninger om hvordan faget forberedte studentene på arbeidslivet, og det ble vurdert at denne oppgaven ville kunne gi gode svar på det. Svakheten med denne tilnærmingen er gjerne om respondentene ikke er kvalifisert til å ta undersøkelsen, eller om spørsmål er dårlig formulert. Respondentene har ikke mulighet til å stille spørsmål vedrørende dårlig utformede spørsmål, og svarene kan da bli ufullstendige. Dette kan ende med at spørsmålene blir hoppet over, eller at spørsmålet blir svart feil i forhold til hva respondentene egentlig mener.

Det ble vurdert, etter anbefaling fra veileder, å sende ut en spørreundersøkelse til fagets deltagere i dette års semester. Dette ville da blitt gjort for å finne ut hva studentene hadde vanskeligheter med i forhold til øvingene, samt hva de manglet mest av litteratur.

Det ble derimot valgt å ikke sende denne ut. Grunnen til dette var at alle tema innenfor gruppeøvingene uansett skulle omhandles, og det ble heller valgt å rette fokus mot hva som faktisk var relevant å skrive om, altså ved undersøkelser mot bransjen.

2.2.2 Intervju med fagpersoner fra bransjen/byggeplassbesøk

For å finne ut hvilke tema som var mest aktuelle å skrive om, samt få høyverdig informasjon om temaene, var det ønskelig å intervju fagpersoner fra bransjen.

Ved starten av oppgaveskrivingen ble det sendt ut forespørsler til bedrifter som driver virksomheter innen de områdene oppgaven omhandler. Vanligvis ble det sendt ut mailer til ulike entreprenørers HR-avdeling, der det ble spurt om de hadde prosjekter hvor det ble utført arbeid av interesse for oppgaven, eller om de kunne stille med en fagperson som hadde ekspertise innen et fagfelt. Det ble også sendt ut intervjuforespørsler direkte til personer som hadde publisert mye fagstoff. I løpet av skriveprosessen ble det foretatt tre reiser til Oslo og én reise til Bergen, i tillegg mindre turer i Trondheimsområdet for å besøke byggeplasser, anlegg eller hovedkontorer. Oppholdene i Oslo og Bergen varte fra tre til fem dager for hver gang. Metoden viste seg å være svært god, mye takket være bransjen, som stilte med mange dyktige fagpersoner og gode omvisninger av byggeplasser.

Det ble laget en mal for hvilke spørsmål som skulle stilles for hhv. grunnarbeider og plasstøpt betong. Disse malene er vedlagt i vedlegg 1 og 2. Spørsmålene i malen er i stor grad rettet mot fagets øvinger, og det ble spurt hvordan fagpersonene ville tenke for å løse dem. Det var derimot relativt stor spredning i intervjuobjektets kunnskap, slik at spørsmålene i en viss grad ble rettet mot den aktuelle personens ekspertise. Som oftest ble spørsmålene som skulle stilles sendt noen dager før intervjuet slik at vedkomne hadde anledning til å forberede seg. Ved starten av intervjuet ble oppgaven presentert. Det ble forklart hva som var gjort og hva som var planen for videre arbeider med oppgaven. Alle intervjuene ble dokumentert med lydopptak grunnet en mye enklere intervjuprosess og bedre dokumentasjon. Dette ble informert om før intervjuet startet. Uansett hvem som ble intervjuet ble alltid to spørsmål stilt, og var forskningsspørsmål nummer 1 og 3:

1 : *Hvilke tema er mest relevant å skrive om?*

3 : *Hva mangler normalt studenter som kommer ut fra NTNU av kunnskap i emnet?*

Det ble da spurt om å gi en personlig mening, ut ifra erfaring, om hva vedkomne mente at studenter direkte fra skolen manglet og hvilke emner skrivingen burde rettes mot. Disse to spørsmålene henger i dette tilfelle litt sammen, da de emnene studentene kan minst om, gjerne bør skrives om. Disse spørsmålene ble som oftest stilt som de første spørsmålene i intervjuet, og etter det forsøkt å snakke mest om. Intervjumalen ble brukt når de aktuelle emnene som ble anbefalt var ferdig snakket.

Totalt har 12 byggeplasser blitt besøkt, noe som har resultert i mange intervjuer og bilder til illustrasjoner. Informasjon blitt skaffet fra totalt 34 personer.

Av disse var:

- 20 personintervjuer
- 6 mailkorrespondanse
- 8 telefonintervjuer

Mailkorrespondanse og telefonsamtale ble brukt der det bare trengtes få opplysninger. Til forskalingsleverandør skulle det for eksempel bare stilles tre spørsmål. Det ble da vurdert at det ikke var nødvendig å bruke tid og penger på å dra for å ta dette møtet, og ble heller foretatt ved mail.

Av de 20 personintervjuene ble 16 brukt som kilder i resultatdelen. Grunnen til at de fire siste ikke ble brukt, var todelt.

Den ene grunnen var at intervjuobjektene ikke ønsket å bli referert. Dette hadde sammenheng med et nylig dødsfall på entreprenørens byggeplass og trolig munnkurv på firmaets ansatte.

Den andre grunnen var at to av intervjuene ble foretatt på emner det ikke har blitt rukket å skrive om. Det var planlagt å skrive om emnet, som i dette tilfellet var prefabrikkert betong, men arbeidet sprenget rammen for oppgaven. Det er valgt å ikke legge referat av disse samtalene i vedlegg, men heller levere referat på minnepenn til veileder for videre arbeider.

Personintervjuene resulterte i ca. 19 timer med lydopptak. Disse lydopptakene ble etter intervjuet renskrevet og sendt til intervjuobjektet som et referat for godkjenning. Referatene ble som oftest kommentert og eventuelt rettet opp i av intervjuobjektene. Totalt ble det skrevet 80 sider med notater og referater. Det er valgt å ikke legge dette i vedlegg, grunnet oppgavens allerede store omfang av sider.

Intervjuene fant stort sett sted på en byggeplass på brakkeriggen¹. I den forbindelse åpnet det seg ofte muligheter for å ta bilder av ulike utførelsesmetoder, utstyr eller konstruksjoner.

Styrken ved denne tilnærmingen er at personer med lang arbeidserfaring kan dele sin ”beste praksis” og erfaring, i tillegg til at det finnes svært lite tekstlig informasjon om slik kunnskap. Man har også mulighet til å stille direkte oppfølgingsspørsmål på utsagn, og uklarheter kan rettes opp direkte. Svakheten med metoden er hvis fagpersonens ”beste praksis” viser seg å ikke være den beste metoden, men den metoden som av vane brukes. Det ble derimot antatt, for denne oppgaven, at informasjon mottatt av intervjuobjektene var korrekt, og det ble kun stilt spørsmål vedrørende dette der to eller flere av intervjuobjektene kom med motstridende informasjon. Slike tilfeller oppstod derimot veldig sjeldent.

2.2.3 Litteratursøk/dokumentgjennomgang

En stor del av informasjonssamlingen foregikk via litteratursøk, som er en god metode for å skaffe til veie store mengder informasjon [12]. I starten av oppgaveskrivingen ble denne metoden utelukkende brukt som metode, for å få oversikt over emnet og som forberedelse til intervjuene. Ved å lese fagstoff relatert til intervjuobjektets kunnskap, var det lettere å stille ”de riktige spørsmålene”, i tillegg til å bedre forstå svarene. Etter at prosessen med intervjuer var i gang ble søkene som oftest gjort med tanke på hva intervjuobjektene mente var relevant å skrive om. Metoden ble dermed også brukt til utbrodering, og videre bygging der ikke intervjuene ga fullstendige bilder av et tema.

¹Konstruksjon ved byggeplass som brukes til pauser og skifterom for de utførende, og som kontorplass for byggeplassledelsen.

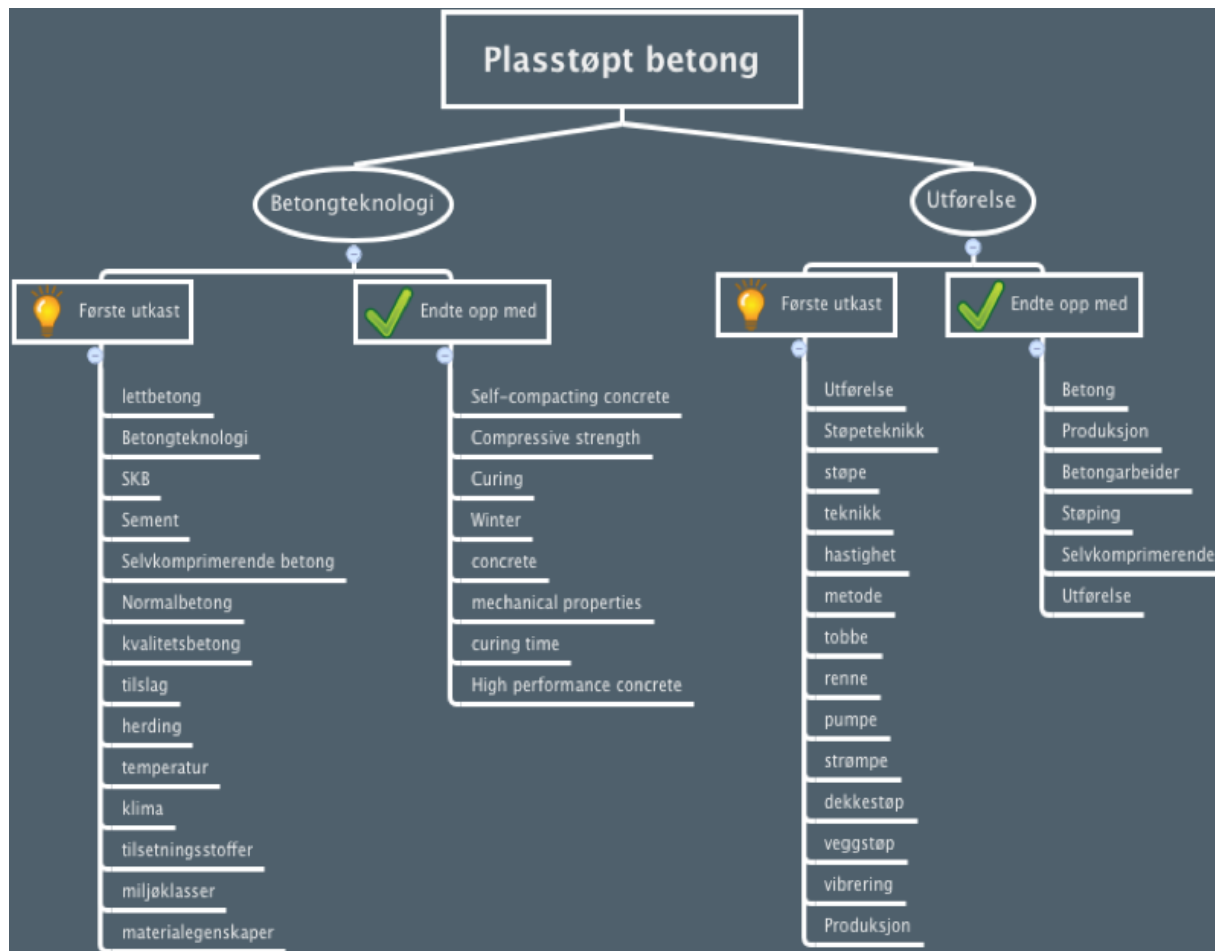
Søkestrategi

Litteratursøket startet via et parallelt fag ved NTNU (TBA 4531) der oppgaven var å tilegne seg kunnskap om litteratursøk. Litteratursøket som ble utført i det faget ble rettet mot plasstøpt betong, slik at prosjekt- og masteroppgaven kunne dra nytte av prosessen. Det ble i forkant av litteratursøket opprettet en søkestrategi, som bestod av [12]:

1. Utarbeidelse av spørsmål/tema som skal undersøkes.
2. Identifisere hvilke databaser man kan søke i
3. Valg av søkeord i samsvar med problemstilling
4. Søk i databaser
5. Avgrensninger i søk
6. Kildekritikk
7. Eventuell revidering av søkestrategi

Utarbeidelse av spørsmål og tema som skulle undersøkes ble stort sett gjort med bakgrunn i fagets øvinger, forelesninger og svarene fått av intervjuobjektene. Øvingene og forelesningsslider ble analysert og det viktigste av innholdet ble dratt og tatt med i søk.

Søket startet med brede søk for å få oversikt, og ble etterhvert snevret inn etter som tema og interessante områder fremkom [13]. Søkeord som ble brukt startet med en idémyldring, der synonymer rundt temaene ”betongteknologi” og ”utførelse for betongarbeider” ble utført søk for. Dette var en iterativ prosess. Stegene ble tatt flere ganger, der søkeordene ble modifisert og kombinert i forhold til hva som ga relevante treff. Figur 2.2 viser de søkeordene som ble brukt i starten av søket, og de søkeordene det etterhvert ble endt opp med.



Figur 2.2: Prosess for valg av søkeord

En tilsvarende søkeprosess ble utført for grunnarbeider, men da uten å lage et digitalt tankekart.

Databaser

For at kildene skulle ha tilstrekkelig med kvalitet, ble det fokusert på å bruke databaser som sikret dette. For søkene ble derfor i stor grad databasene under brukt.

- BIBSYS ASK/Oria
- Google Scholar
- Scopus
- SINTEF byggforsk
- Standard.no

BIBSYS

BIBSYS ASK er en søkemotor i databasen BIBSYS. BIBSYS er leverandør av bibliotek- og informasjonstjenester til universitets- og høyskolesektoren, og er underlagt NTNU. Denne databasen har i hovedsak blitt brukt til å skaffe litteratur fra NTNUs bibliotek, som bøker eller rapporter. Oria er en tjeneste levert av BIBSYS, som gjør søkeprosessen enklere. Der BIBSYS' søkemotor bruker ulike søkefelt og man ofte er avhengig av å kunne bruke boolske operatører, kan oria brukes som en søkemotor lignende google. Dette gjør det enklere å foreta mer generelle søk [14].

Google scholar

Google scholar er googles egen søkemotor for vitenskapelige artikler. Det er en separat søkemotor i forhold til googles vanlige søkemotor, og er en svært effektiv metode for å søke etter litteratur. Søkene inkluderer også treff i "google books". Scholar har et veldig enkelt brukergrensesnitt og god å søke med for uerfarne søkere [15].

Scopus

Scopus er underlagt Elsevierforlaget. Med sine over 50 millioner oppføringer er de den største sammendrags- og siteringsdatabasen for vitenskapelig litteratur, hovedsakelig artikler (elsevier 2013). Scopus kvalitetssikrer alle arbeidene som blir lagt ut [16].

SINTEF byggforsk.

SINTEF byggforsk er et internasjonalt ledende forskningsinstitutt for bygg og infrastruktur, med spisskompetanser innenfor arkitektur og bygningsfysikk, infrastruktur og lignende [17].

Norsk standard

Norsk standard standardiserer en rekke produkter og tjenester, blant annet mot byggebransjen. Informasjonene i disse standardene er ofte regnet som "beste" praksis og er i stor grad produsert av eksperter innen det aktuelle fagfeltet [18].

Kvaliteten til de overnevnte databasene ble regnet som veldig god, da databasene i stor grad kvalitetssikrer kildene før de legges ut. I tillegg til disse databasene ble ulike leverandørers hjemmesider brukt, blant annet for å skaffe informasjon om ulike produkter og tjenester.

Analyse av fagets øvinger

Fagets øvinger er i dag obligatoriske, og står for 50% av deltakernes karakterer. Øvingene er, som resten av faget, bygget opp av bransjen, og var derfor meget aktuelle å finne svar på. Øvingene ble analysert med tanke på å fremskaffe spørsmål til intervjuobjektene og som grunnlag for hvilke litteratursøk som skulle foretas. I tillegg ble øvingenes spørsmål delvis brukt som mal for oppgavens struktur.

Fagets forelesninger har også blitt analysert, ved å gjennomgå forelesningsslides fra forelesningene.

Styrker og svakheter ved litteratursøk/dokumentgjennomgang

Denne metoden har den styrken at den gir store mengder fagstoff som fører til god validitet. Skolens nettverk gir tilgang til en rekke artikler og standarder som man normalt ikke har tilgang til uten innlogging og betaling. Ved å bruke søkemotorne som nevnt over var det også sikkert at kildene holdt god kvalitet, da databasene selv kvalitetssikrer kildene før de legges ut.

En svakhet ved metoden i forhold til intervjuer er at søkene kan resultere i store mengder stoff, og det kan til tider være vanskelig å begrense søkene, slik at man finner det man er ute etter. Man kan derfor ende opp med mye urelevant stoff.

2.2.4 Deltakende/direkte observasjon

Høst 2011 og vår 2012 arbeidet undertegnede i ti måneder for en entreprenør i forbindelse med ett års permisjon fra NTNU. Tiden ble tilbrakt på et prosjekt som førte opp en konstruksjon i plasstøpt betong. Arbeidsoppgavene var i stor grad rettet mot HMS, slik at mye av tiden gikk med til inspeksjonsrunder ute på byggeplass. Dette ble da en direkte observasjon, der oversikt over de ulike arbeidsoppgavene ble tilegnet.

I tillegg til de ti månedene ble sommeren 2013 brukt på et tilsvarende prosjekt. Denne oppgaven, ble som nevnt tatt ut vår 2013. Dette medførte at arbeidet sommeren 2013 hadde stort fokus mot prosjekt- og masteroppgaven og mot de utførende arbeidene. Etter eget initiativ ble deler av sommeren brukt til å bistå de utførende med arbeidsoppgaver. Denne perioden ble i så måte en direkte observasjon når oppgavene gikk var rettet mot byggeplassledelsen og en deltakende observasjon når arbeidene var å bistå de utførende. Arbeidet ble dokumentert ved store mengder av bildetaking. Det ble tatt rundt 450 bilder tatt i forbindelse med arbeidet. Totalt, medregnet bilder tatt på byggeplassbesøk, ble litt i overkant av 600 bilder tatt, og utgjorde mesteparten av bildene i resultatdelen. I tillegg var det nyttig å snakke med de utførende, da de

villig delte erfaringer i forhold til arbeidet.

Via arbeidet med HMS ble det gjort tilgjengelig statistikker over ulykker, skader og nestenulykker via et program som registrerte uønskede hendelser (RHU) kalt SYLVE.

Dette førte til en god innsikt i hvilke situasjoner som normalt kan føre til skader og uønskede situasjoner. Dette ga grunnlag for hvilke type arbeidsområder som burde nevnes i kompendiumet i forhold til HMS-aspektet.

Denne metoden hadde styrken ved at god og praktisk informasjon kunne innhentes. Flere av de utførende hadde utført slike arbeider i lengre tid, slik at arbeidsoperasjonene over tid kunne optimaliseres. Ved å bistå med arbeidet bli det oppnådd en bedre innsikt i hvordan ting faktisk gjøres, noe som ga grunnlag for en bedre litteraturgjennomgang.

En svakhet med en slik metode er at det kan være lett for å henge seg opp i gammel vane. Ved deltakende observasjon kan observatør bli for ”nær” og dermed ikke se alternative løsninger til arbeidet som blir utført [6].

2.2.5 Konferanse og forelesninger

Torsdag 24.4.14 ble det arrangert et kurs som omhandlet ulike løsninger for etasjeskillere i betongkonstruksjoner i regi av fagforeningen Tekna. I tillegg var det diverse innlegg om armering. En av turene til Oslo gikk med til å delta på dette kurset. Kurset ble forelest av diverse representanter fra bransjen, og tok for seg nyeste forskning og produkter innen området.

Faget har også, i løpet av semesteret, hatt åtte forelesninger som har vært relevant for oppgaven. Komplette forelesningsplan er vedlagt i vedlegg 3. Disse var fra før deltatt på i forbindelse med vårsemesteret 2013, men ble deltatt på igjen i 2014 for en oppfriskning. Forelesningene blir som tidligere nevnt avholdt av representanter fra bransjen. Informasjonen fra disse forelesningene ble derfor også ansett som i tråd med hva bransjen ønsker at studentene skal lære, og ble derfor også brukt som bakgrunn for å besvare forskningsspørsmål 1:

”Hvilke tema er det mest relevant å skrive om?”

Forelesningene i faget ble også, som fagets øvinger, til dels brukt som mal for oppgavens struktur.

2.3 Feilkilder

Det er lagt ned stort arbeid i å sikre kildens kvalitet grunnet hva oppgaven skal brukes til. Det vil være av stor viktighet at alt som er skrevet stemmer, fordi resultatet er ment for å brukes i undervisningen. Som nevnt i ?? er det viktig å vurdere resultatets reliabilitet og validitet. Metodene som ble brukt til fremskaffing av informasjon var i stor grad kvalitative. Etterprøvbareheten blir derfor vanskelig å gjennomføre. En kvantitativ analyse ville gitt et bedre grunnlag for å finne eventuelle feil, men ville ikke gitt noen særlig verdi for denne typen oppgave. Det er som regel alltid prøvd å finne primærkilden for den informasjonen som har blitt funnet, for eksempel om en tidligere masteroppgave henviser til litteratur. Det har til informasjon ikke hendt at henvisninger ikke har stemt til overs med primærkilden.

Feilkilder for spørreundersøkelse

Det er viktig å vurdere resultatets reliabilitet og validitet ved en spørreundersøkelse, da det er flere potensielle feilkilder ved denne metoden [6, 11]. Et vanlig feilkilde for spørreundersøkelser er dårlig utformede spørsmål. Respondent har ofte ikke mulighet til å stille spørsmål om spørsmålet som skal besvares er dårlig formulert. Dette vil da kunne føre til lav validitet [6]. Lav reliabilitet kan bli utfallet om respondentene har lav kunnskap om emnet.

For denne spørreundersøkelsen er det, som tidligere nevnt, lagt spesiell vekt på spørsmålenes utforming og kvalitetssjekk av undersøkelsen.

Feilkilder for intervjuer

Alle intervjuene ble gjort med utgangspunkt i at all informasjon som ble fortalt var korrekt. Noe kunne derimot misforstås hvis enten spørsmål eller svar er vagt eller feil formulert. For å eliminere feil forårsaket av slik kommunikasjonssvikt ble det som nevnt skrevet et fullstendig referat fra intervjuet. Referatet ble sendt til intervjuobjektene for godkjenning, og med eventuelle oppfølgingsspørsmål. Referatene fra intervjuene i denne oppgaven ble som oftest sett over, og levert tilbake med tilbakemeldinger og utfyllende informasjon. En annen feilkilde kan være der intervjuobjekter gir ulike informasjon, enten i forhold til litteratur, eller i forhold til andre intervjuobjekter. Dette diskuteres nærmere i kapittel 4.

Feilkilder i litteratursøk

Fravær av kilder

Denne problemstillingen er som nevnt svært vid, slik at det er veldig mye litteratur som belyser ulike sider ved problemstillingen. Det er derimot enkelte tema der litteraturen er fraværende. Dette gjelder spesielt ved utførelse og planlegging av arbeider, både for grunnarbeider og for plasstøpt betong.

Kvalitetssjekk av kilder

For i størst å grad eliminere feilkilder ved litteratursøkene ble det som nevnt tidligere nesten utelukkende brukt kilder funnet på databaser som BIBSYS, Scopus og Scolar. Disse databasene kvalitetssjekker til en viss grad kildene sine før de legges ut, og dermed kan man være relativt sikker på at informasjonen man finner slike steder er god. Norsk standard og SINTEF byggforsks nettsider regnes også som gode kilder, uten feil. Eventuelle feilkilder som finnes i litteratursøket kan være informasjon der ny forskning har avdekket feil med gammel, uten at den gamle litteraturen er fjernet. Det regnes med at dette ikke er tilfellet for denne oppgaven, da informasjonen er basert på utførelse, heller enn banebrytende forskning.

Primærkilder

Det er som regel alltid prøvd å finne primærkilden for den informasjonen som har blitt funnet, som beskrevet på side 2.1. Et eksempel på dette er der en tidligere masteroppgave tolker annen litteratur. Det presiseres at det ikke har hendt at henvisninger ikke har stemt til overs med primærkilden, men det kan være muligheter for det, og er viktig å sjekke.

Søketeknikk

For et litteratursøk kan følgende feil føre til dårlige treff i søkeprosessen [12]:

- Skrivefeil
- Feil i trunktering²
- Dårlig formulerte kildeoverskrifter
- Gal bruk av boolske operatører³
- Dårlig organisering av søkingen

Dette vil naturligvis bare gi feil type litteratur, og ikke litteratur med feil.

²Brukes når man søker på stammen av et ord for å få med ulike endelser og varianter av ordet. Markeret i databaser ved en astrisk * [19]

³Kombinasjonsord som AND, OG og NOT. Disse brukes for å avgrense eller utvide søk [19]

Feilkilder for konferanse

Konferansens foredragsholdere bestod av ansatte i bedrifter som solgte tjenester og/eller varer som inngikk i konferansens tema. En kan da mistenke foredragsholderne for å snakke mer om produktets fordeler enn ulemper. Det ville ihvertfall ikke vært god reklame for bedriften å fremstille motsatt. I beste fall regnes det med at produktet ble fremstilt reelt.

Resultatene fra denne konferansen ble derfor sett på med argusøyne, og informasjonen hentet fra denne var informasjon basert på fakta og ikke meninger.

2.4 Triangulering

Som nevnt ovenfor finnes det flere potensielle feilkilder for de brukte metodene. Triangulering er, som nevnt, når man kombinerer to eller flere metoder slik at resultatet forsterkes via synergi [8]. Man belyser en problemstilling fra flere sider og har muligheten til å avdekke feil eller mangler, for så å kunne rette dem opp [6, 8, 20].

Med bakgrunn i antall ulike metoder i denne oppgaven har triangulering blitt oppnådd. Som et eksempel kan trianguleringen mellom litteratursøk, intervjuer og observasjoner brukes for å illustrere dette.

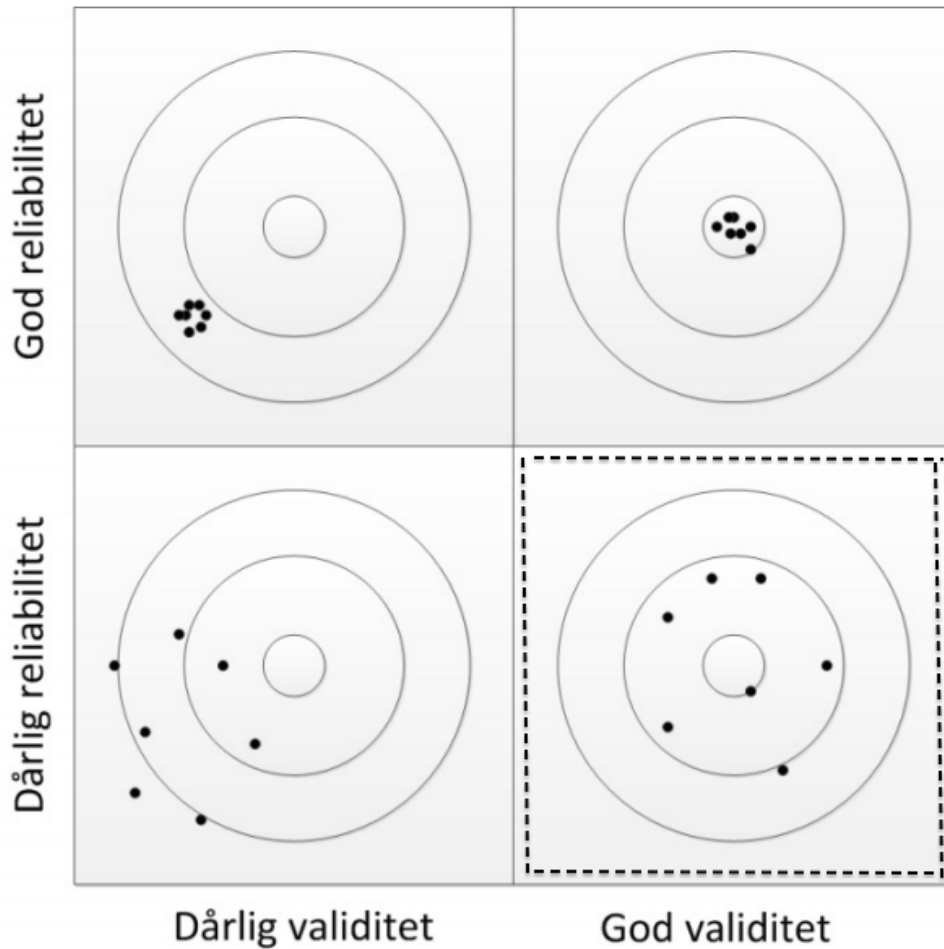
Der intervjuene bidrar med praktisk og god erfaring, samt teori som intervjuobjektene vet er relevant for et emne, kan litteraturen underbygge og utbrodere dette. I tillegg kan litteratursøk bidra med ny forskning som gjerne ikke alltid er kjent for intervjuobjektene. Den nye forskningen kan for eksempel avdekke gammel vane hos et intervjuobjekt. Observasjoner kan gjøre det lettere å tolke svarene som er blitt gitt samtidig som den kan behjelpe med små arbeidsoppgaver som gjerne ikke beskrives i intervjuene. Enten fordi den tas for gitt eller glemmes.

Triangulering vil også kunne oppstå internt for en metode. Et eksempel er det en utførende og en prosjekterende innen et fag har ulike syn på hvordan arbeid bør organiseres og planlegges. Ved å kombinere de to utsagnene blir totalbildet mer komplett.

2.5 Oppsummering av metoder

Som beskrevet ovenfor har det blitt brukt flere ulike metoder for å skaffe informasjon til oppgaven. Metodene som er brukt har i størst grad vært kvalitative metoder. Dette gjelder da for intervjuer, litteratursøk, observasjoner, konferanser/forelesninger, delvis for spørreundersøkelsen. (og trianguleringen). De brukte metodene er altså basert på tekstlig eller muntlig informasjon med et mål om en helhetsforståelse. Dette er i tråd med problemstillingen, som går ut på å gi en oversikt over de prosesser og metoder som inngår i produksjon av bygninger. Spørreundersøkelsen er både kvantitativ, ved at den samler få opplysninger om mange objekter, og kvalitativ der spørsmålene som blir besvart med kommentarer og anbefalinger fra respondentene. Den kvalitative delen utgjør derimot en veldig liten del av oppgavens metode.

Ved bruk av de overnevnte metodene har det altså blitt dannet et resultat som i liten grad er etterprøvbart. Metodene som ble brukt tilsier at resultatene har god validitet, da de innsamlede data representerer det som er ønsket å måle, og at kjernen i problemstillingen blir godt belyst. I tillegg vil gyldigheten for de innsamlede data være god. Reliabiliteten blir ikke bra, ved de brukte metodene. Det vil si at etterprøvbarheten er vanskelig å utføre, og det blir vanskelig å argumentere for at oppgaven bruker rett metode. Metoden som kunne indikert reliabiliteten, spørreundersøkelsen, ble bare foretatt en gang. For å sikre rett metode bør den samme målingen gjentas for flere ganger under samme forhold, og gi samme resultat. Figur 2.3 er videreutviklet fra figur 2.1. Denne oppgavens resultater vil trolig ligge i kvadratet nederst til høyre.



Figur 2.3: Sammenheng mellom reliabilitet og validitet [21]

Til sist illustreres et eksempel på hvorfor validiteten er god:

Hvis flere av intervjuobjektene mente at det burde skrives om en spesiell type betong, og oppgaven har gjort det, er det mest sannsynligvis relevant å skrive om dette, og validiteten er god.

Ved så mange ulike intervjuobjekter vil man tro at validiteten er god, slik at resultatet beskriver det som er interessant for bransjen.

Kapittel 3

Resultater

I dette kapitlet presenteres oppgavens resultater. I kapitlet presenteres resultatene fra spørreundersøkelsen og en oversikt over hvilke emner intervjuobjektene mente at oppgaven burde inneholde. Hoveddelen av resultatene er kompendiumet som inneholder kapitlene ”Grunnarbeider” og ”Plasstøpt betong”. I tillegg er det, etter anmodning fra intervjuobjektene, skrevet et mindre kapittel om Norsk Standard. Kompendiumet i sin helhet er lagt i vedlegg 5.

3.1 Spørreundersøkelse

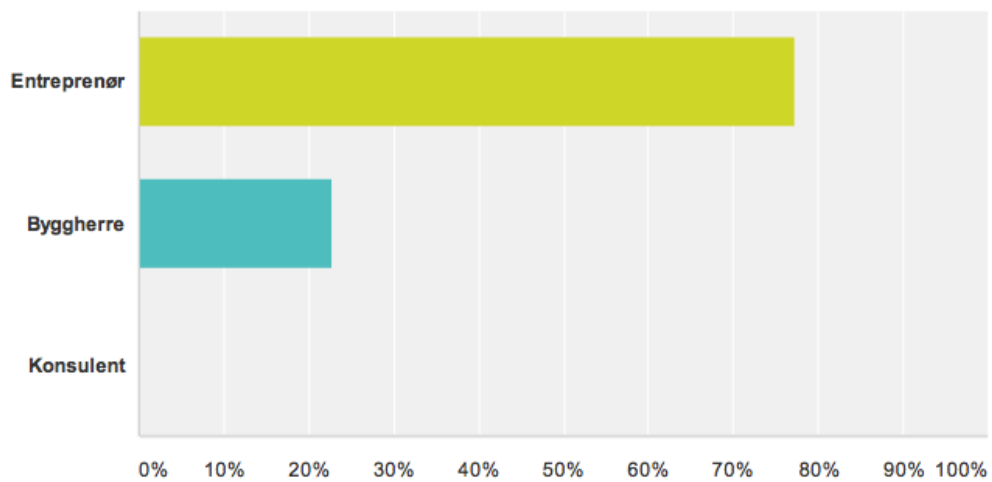
Respondentene

Spørreundersøkelsen, som inneholdt totalt 18 spørsmål, ble som tidligere nevnt sendt ut til 26 respondenter via en nettbasert tjeneste. Av disse 26 svarte 22. Dette avsnittet skal vise hvem respondentene er. Respondentene var alle i arbeid, og av dem jobbet 17 for et entreprenørfirma og 5 for et byggherrefirma, som vist i figur 3.1.

Videre ble det forsøkt å kartlegge hvilke arbeidsoppgaver og prosjekttyper som personer som tidligere har vært deltaker i kurset i dag har. Figur 3.2 og 3.3 viser hvilke type prosjekter og prosjektkostnader respondentene havnet på etter endt studie.

Q1 I hvilket type firma er du ansatt?

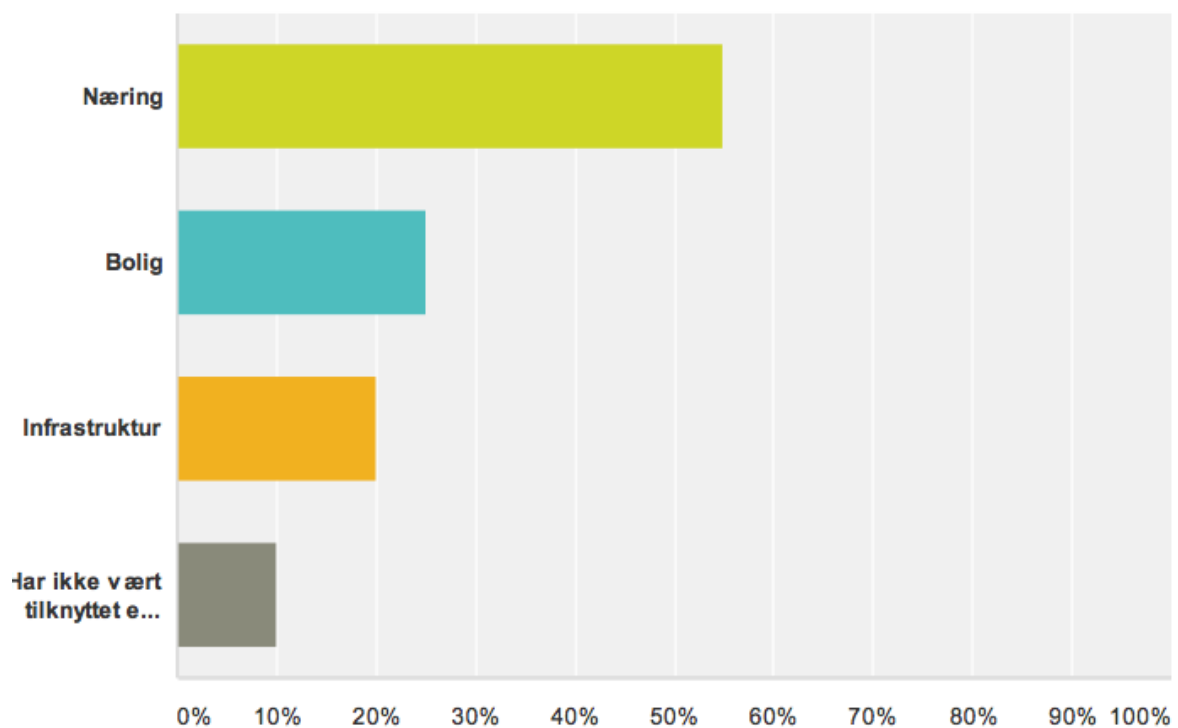
Besvart: 22 Hoppet over: 0



Figur 3.1: Arbeidsgivere

Q7 Om du er eller har vært på et prosjekt, hvilken prosjektttype var dette?

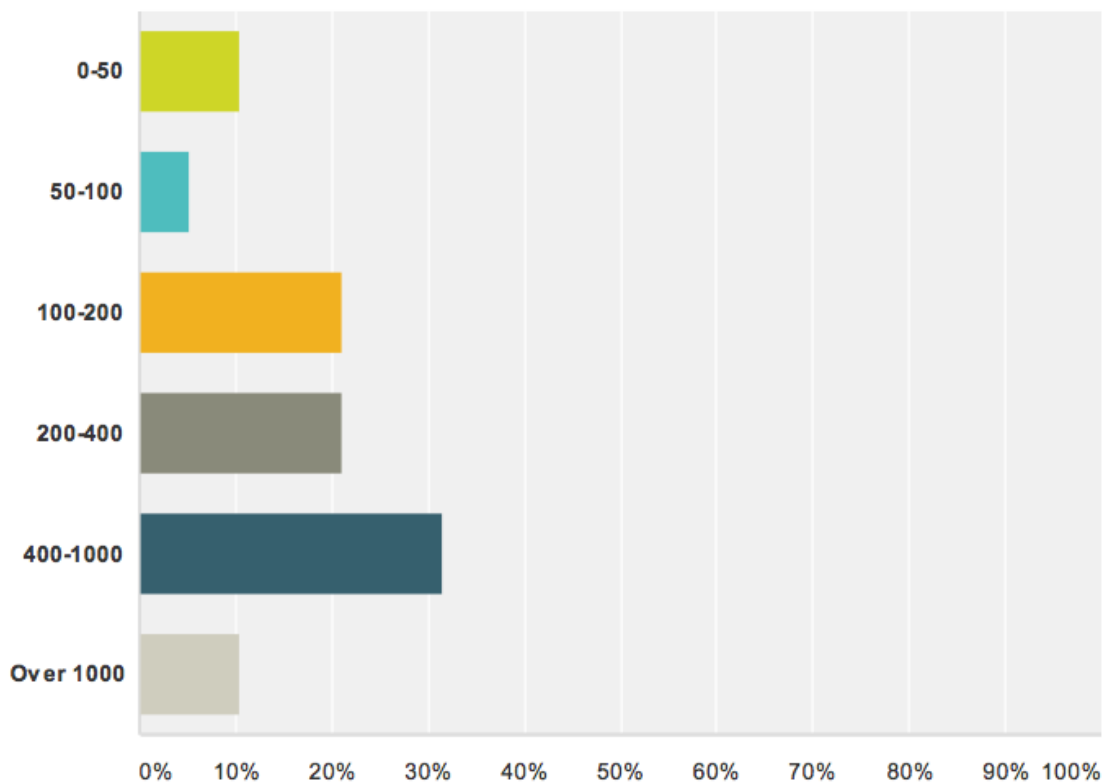
Besvart: 20 Hoppet over: 2



Figur 3.2: Prosjekttyper

Q8 I hvilken størrelsesorden er prosjektet på? (MNOK)

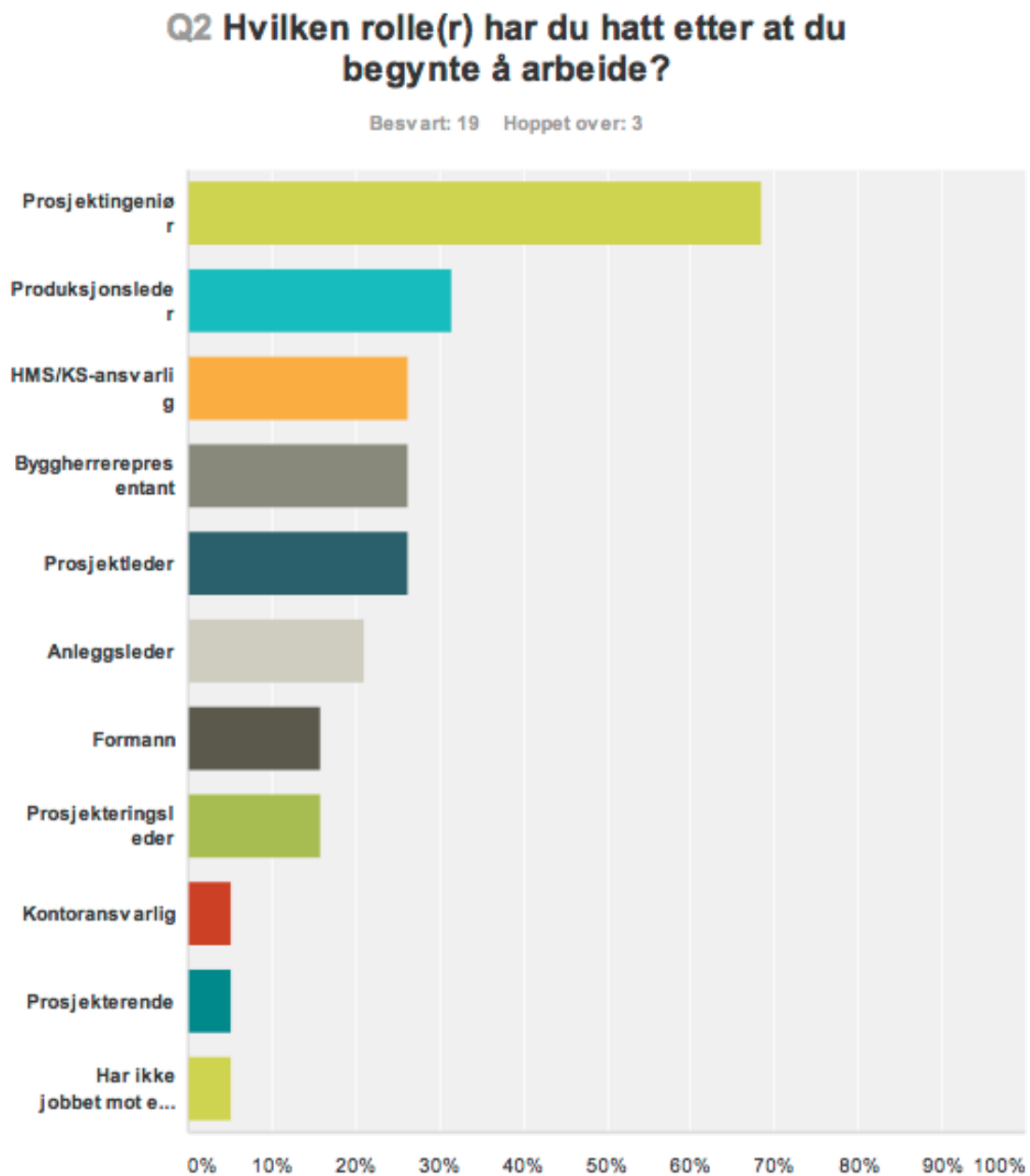
Besvart: 19 Hoppet over: 3



Figur 3.3: Prosjektkostnader

Som figur 3.2 viser havner studenter som tar dette kurset relativt ofte på prosjekter som fører opp konstruksjoner for bolig eller næring. Dette stemmer godt over ens med kompendiumets avgrensninger, som nevnt på side 7.

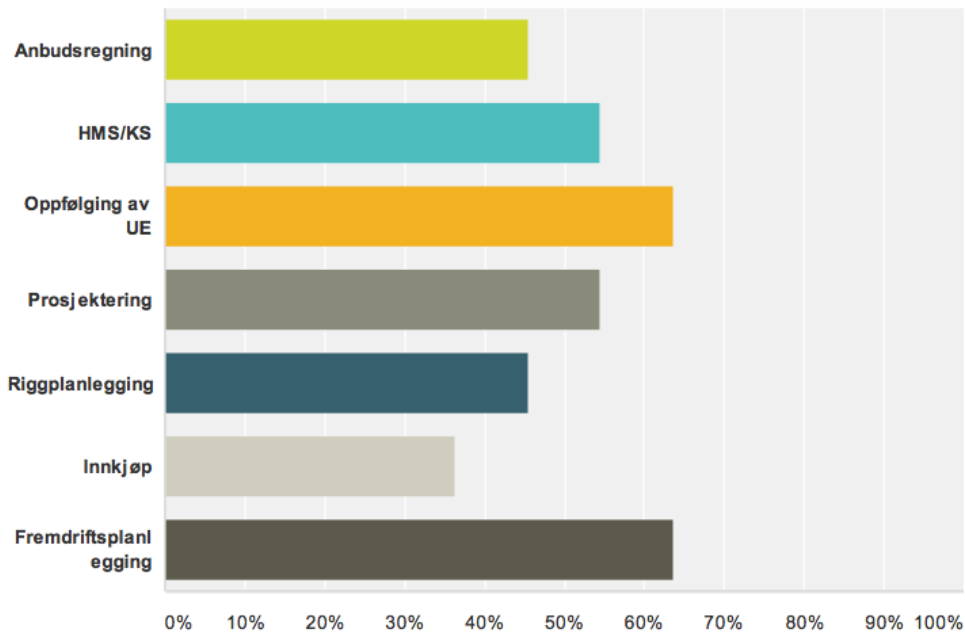
Det neste var å avklare hvilke arbeidsoppgaver og roller som kan forventes å bli tildelt etter endt studie. Figur 3.4 og 3.5 viser respondentenes roller og arbeidsoppgaver.



Figur 3.4: Arbeidsroller etter endt studie

Q4 Hvilken typer arbeidsoppgaver hadde du det første året som nyansatt?

Besvart: 11 Hoppet over: 11



Figur 3.5: Arbeidsoppgaver etter endt studie

Ved å vite hvilke roller og arbeidsoppgaver studenter ofte får hos entreprenør, kan kompendiumet inkludere emner som som gjør at disse arbeidsoppgavene kan løses lettere. Som figuren viser, er den oppgaven som flest respondentener hadde det første året oppfølging av UE. Denne arbeidsoppgaven medfører normalt et krav om innsikt i regelverket rundt dette og er i mange tilfeller rettet mot Norsk standards kontrakter. Analyse av dette spørsmålet *kan* derfor indikere at det er behov for informasjon om bruk av dette regelverket.

Spørsmål vedrørende faget

Spørreundersøkelsen gikk som tidligere nevnt i hovedsak ut på å besvare forskningsspørsmål én og to, altså å frembringe tema som var relevant å skrive om eller sider av faget som kunne forbedres. Etter innledningsspørsmålene ble derfor respondentene spurt i hvilken grad de hadde utbytte av faget, hvilke sider som kunne forbedres og hva som eventuelt kunne forbedres. Det ble også spurt om det var tema som faget manglet, og hvilke disse eventuelt var.

Resultatene fra spørreundersøkelsen var preget av at respondentene ikke husket innholdet av faget, da de fleste hadde hatt faget for fire til seks år siden. Undersøkelsen ga derfor ikke helt de type svarene som var ønsket.

Som tidligere nevnt bestod spørreundersøkelsen av både ferdig utfylte svar og spørsmål der respondentene skulle svare med tekst. Figur 3.6 viser respondentenes kommentarer for anbefalinger for faget. Det var her åtte svar.

Utvikling av kompendium i faget "TBA4130 Produksjonsteknikk i BA"

Q14 Er det mangler ved faget du ønsker å spesifisere, og som kan bli skrevet inn i et kompendium?

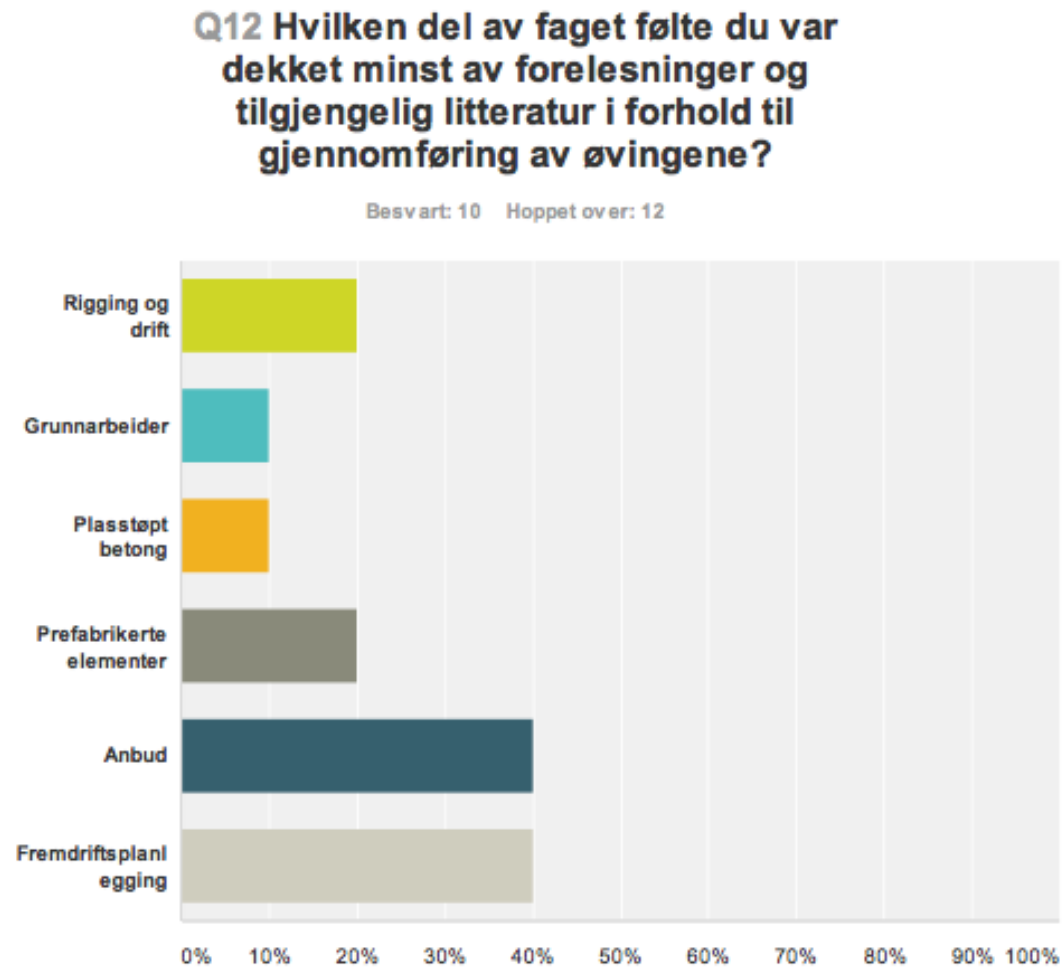
Besvart: 8 Hoppet over: 14

#	Svar	Dato
1	Husker lite av hva vi hadde i faget...	07.04.2014 13:26
2	Koordinering, håndtering av TUE/UE, matestruktur, økonomi	04.04.2014 17:52
3	Grunnarbeider og fremdriftsplanlegging.	02.04.2014 19:07
4	Kontrakt, styring av underentrepriser ved f.eks. Ns 8415	01.04.2014 20:36
5	Grensesnitt og ansvarsfordeling i kontrakter, altså kontraktoppbygging med tanke på praktisk rigging og logistikk	01.04.2014 19:52
6	Utover at kompendiet trenger en kraftig overhaling, er faget et av de beste du kan ta når du går bygg og anlegg	01.04.2014 17:01
7	Kontraktshåndtering, bruk av NS	01.04.2014 16:21
8	Faget dekker lite om VA i grunn, samt litt om andre tekniske fag. Kunne vært en intro på dette, men trenger ikke å gå i dybden.	01.04.2014 15:27

Figur 3.6: Respondentenes kommentarer om faget

Av disse svarene var svar nummer fire, fem, syv og åtte mest interessante. Svarene kan tolkes slik at det var behov for informasjon om bruk av Norsk standard, da mot kontrakter. I tillegg kan det tolkes at det trengs informasjon om tekniske fag i grunnen.

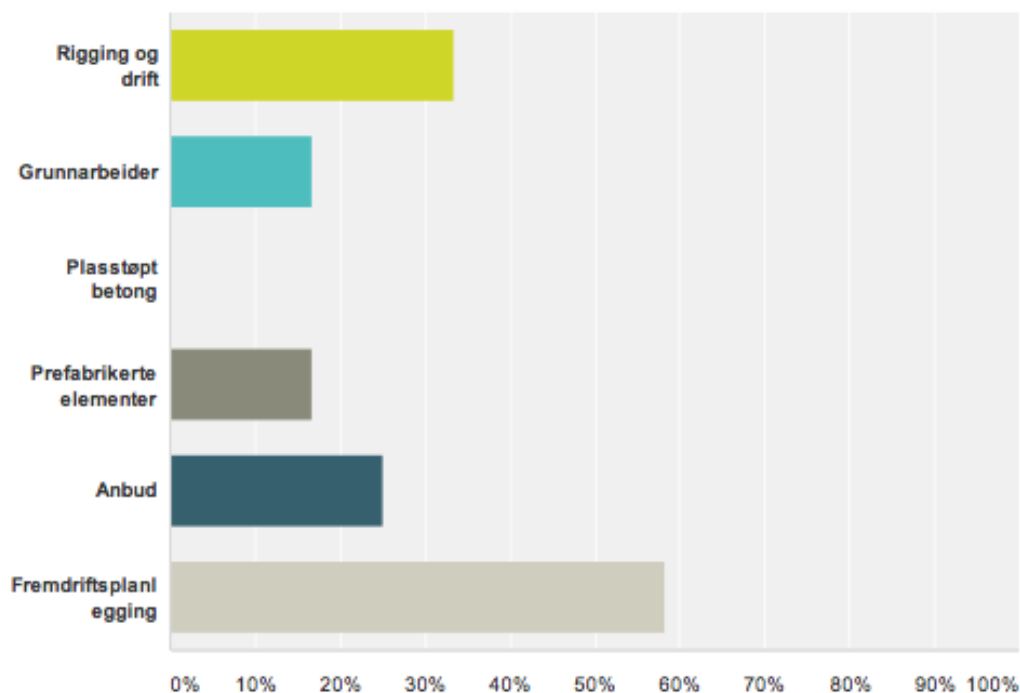
For å undersøke om det var mangler ved faget, ble det spurt om det var deler av faget som var for lite dekket, enten i forelesningene eller i tilgjengelig litteratur. Det ble, som figur 3.7 og figur 3.8 viser spurt både for øvingene sin del, og mot arbeidslivet.



Figur 3.7: Del av faget minst dekket i forhold til øvinger

Q13 Hvilken del av faget føler du ble dekket minst av forelesninger og tilgjengelig pensum, i forhold til arbeidslivet?

Besvart: 12 Hoppet over: 10



Figur 3.8: Del av faget som var minst dekket i forhold til arbeidslivet

Figurene indikerer at emnene rigging og drift, anbudsregning og framdriftsplanlegging er minst dekket. Det ble altså allikevel bestemt å skrive om grunnarbeider og plassstøpt betong i denne oppgaven. Hovedgrunnen til dette var at de to hovedkapitlene allerede var startet på ved utsendelse av spørreundersøkelsen. Det var planlagt å skrive et tredje kapittel, men som tidligere nevnt sprengte arbeidsoppgavene rammen for oppgaven. Dette medførte at det bare ble tid til to hovedkapitler og ett mindre kapittel. Figur 3.8 egner seg derfor som en anbefaling for videre arbeider.

3.2 Intervjuer

Som nevnt tidligere ble 19 personer fra bransjen intervjuet, noe som resulterte i ca. 19 timer med lydspor og omtrent 80 sider med notater og referater. Disse personene kan sees på som et representativt utvalg av bransjen, slik at emner som personene har villet snakke om regnes for å være den informasjonen bransjen ønsker at studentene skal lære.

Spørsmålene som ble stilt til intervjuobjektene var, som tidligere nevnt, i en stor grad individuelle, med tanke på hvilken ekspertise intervjuobjektene hadde. Det meste av informasjon fra fagpersonene er bakt inn som teori i kompendiumet, men med en hovedvekt på svar fra forskningsspørsmål én og tre, som var:

1 : *Hvilke tema er mest relevant å skrive om?*

3 : *Hva mangler normalt studenter som kommer ut fra NTNU av kunnskap innen emnet?*

Svarene fra spørsmålene er oppsummert i tabell 3.1.

Stoffet som er skrevet inn i kompendiumet, har sin hovedvekt med bakgrunn av denne tabellen, sammen med innholdet i fagets forelesninger. Spesielt er svar nummer 1, 2, 6, 8, 13 og 14 gitt ekstra oppmerksomhet, på grunn av antall personer som anbefalte dette.

Tabell 3.1: Oversikt over hva nyutdannede studenter ofte mangler av kunnskap

Emne	#	Svar	Antall intervjuobjekter med tilsvarende svar
Generelt	1	Kunnskap om regelverket, og spesielt standardene NS-EN 13670, NS 3420-serien og NS 206	5 [22–25]
	2	Fremdriftsplanlegging/produksjonsplanlegging (plasztøpt betong og grunnarbeider)	10 [24–32]
	3	Tegningsgrunnlag, kunne lese og forstå tegninger	3 [24, 32, 33]
	4	Kommunikasjon og logistikk	4[25, 26, 29]
Grunnarbeider	5	Kunnskap om ulike grunnforhold	2 [29, 31]
	6	Kunnskap om hva som skal ned i grunnen, ikke bare gravingen	3 [27, 30, 31]
	7	Oversikt over alle de ulike aktivitetene i grunnarbeider	3 [27, 30, 31]
	8	Kunnskap om kapasiteter ift fremdriftsplanlegging	2 [29, 31]
	9	Risikoer som oppstår i forbindelse med grunnarbeider	1 [29]
	10	Mengdeberegninger	1 [29]
Plasztøpt betong	11	Grensesnittet mellom betongleverandør og entreprenør	1 [23]
	12	Kunnskap om hva som påvirker betongen	3 [24, 25]
	13	Støpetekniske forutsetninger	4 [23–25]
	14	Planlegging av støpearbeider	3 [24, 25]
	15	Kjenne til resepter og utførelsesmetoder for betong	3 [24, 25]

Kapittel 4

Diskusjon

Denne oppgaven har produsert tre kapitler, ment for å brukes i et kompendium. I dette kapitlet diskuteres resultatet som er produsert og noen av metodene som er brukt til å fremskaffe resultatet.

Deltakende observasjon

I metoden deltagende observasjon, ble det som nevnt utført arbeider sammen med utførende på et prosjekt som førte opp plasstøpt betong. En svakhet med denne metoden er som nevnt at observatør kan ha lett for å bare se løsningene som utføres, og bli for nær til å se alternativer med utførelsen. De utførende, enkelte av dem med opp mot 30 års erfaring, kan være preget av rutine og ”utdaterte” metoder. Dette kan igjen smitte over på lærlinger og mindre erfarne arbeidere, slik at utførelsesmetodene ikke bedres. For dette tilfellet var observatør svært uerfaren ved slike arbeider, slik at alternativer til den utførelsen som ble gjort ikke var kjent. Det kan dermed ha endt med at metodene som ble tilegnet ved dette arbeidet var gal, eller hadde mangler. Metodene som ble benyttet ble imidlertid bekreftet av flere ulike intervjuobjekter som det er antatt har god peil på området. Det antas derfor at metodene som ble lært under deltagende observasjon var korrekt.

Intervjuobjekter

Intervjuene med fagpersoner ble som nevnt startet med to spørsmål, og var forskningsspørsmål én og to. Deretter ble det prøvd å snakke om de temaene som eventuelt ble nevnt. Hvis disse temaene ble ferdig snakket, ble intervjuinalen, som vist i vedlegg 1 og 2, brukt for videre intervju. Det kan diskuteres om noen av spørsmålene var for ledende mot det intervjuer ville ha av svar. Det kan for eksempel ha blitt stilt et spørsmål som intervjuer ønsket svar på, men som ikke var relevant for oppgaven. Hvis intervjuobjektet svarte på det, og snakker lenge nok om det, vil det muligens kunne blitt tolket som en anbefaling for at emnet var viktig for studentene å lære. Det ble derimot tatt hensyn til dette før intervjuene startet, og det ble prøvd å unngå å lede

intervjuobjektene for mye, da det ble prøvd å ta utgangspunkt i svarene fra forsknings spørsmål én og to for samtalen. I tillegg var spørsmålsmalene i intervjuet basert på øvingene og forelesningene, som igjen var utviklet av bransjen. Med bakgrunn i dette kan det med relativt stor sikkerhet slås fast at informasjon tilegnet av disse intervjuene, speiler bransjens ønske om hva nye studenter skal tilegne seg av kunnskap.

I forbindelse med trianguleringen ble det opplevd at det kom noen motstridende utsagn, både mellom litteratur og intervjuobjekter, og internt i metodene, for eksempel mellom to intervjuobjekter.

Motstridende informasjon mellom ulike entreprenører, og da spesielt totalentreprenører, kan kanskje komme av at entreprenørene ofte selv velger utførelsesmetoder. Dette kan medføre at løsninger som entreprenøren før har hatt gode erfaringer med videreføres, og brukes på neste prosjekt. Denne løsningen kan det være fungerer svært godt, selv om det ikke er den beste metoden for utførelsen. Der det er oppdaget slike motstridende utsagn, ble det forhørt med andre intervjuobjekter som med god sikkerhet hadde peil på området. Det korrekte utsagnet ble dermed bekreftet. Om begge viser seg å være korrekt, er oppgaven prøvd å skrives slik at begge løsninger belyses, og at begge alternativene kan brukes. Det var til informasjon bare én metode som viste seg å være feil/utdatert. Denne ble ikke nevnt i kompendiumet.

Spørreundersøkelse

For at en spørreundersøkelse skal være god, bør også utvalget være representativt for gruppen som skal testes. Denne spørreundersøkelsen er *ikke* sendt ut til tilfeldige respondenter, men til respondenter som fra før var kjent av avsender. Resultatet kan derfor være påvirket av at flere av respondentene var i samme vennekrets, eller dominert av et årskull. Om det fleste respondentene var fra samme årskull kan svarene være preget av forelesningene og øvingene for dette årskullet, som enten kan ha hatt spesielt gode eller dårlige forelesninger. Det antas derimot at denne respondentene for denne undersøkelsen utgjorde et godt nok utvalg, grunnet at forelesningene stort sett er like hvert år.

Metoden fungerte derimot ikke helt som forventet. Hovedgrunnen til dette var at det var gått for lang tid siden respondentene hadde hatt faget. Flere av respondentene hadde derfor glemt deler av faget, og valgte derfor å hoppe over noen av spørsmålene, som i spørsmålet i figur 6. Svarene ble derfor noe ufullstendige. De ga derimot til en viss grad et bilde om hvordan faget kunne bedres.

Den kan diskuteres hvordan svarene av undersøkelsen kan tolkes. Det kan være lett for å ha for stort fokus på ”det man er ute etter” og dermed bare se etter de faktorene som gjør at problem-

stillingen eller forskningsspørsmålene blir oppfylt for arbeidet som er gjort. For eksempel kan svarene i figur 3.5 indikere at det studentene jobber mest med er oppfølging av UE. Oppfølging av UE krever gjerne innsikt i kontraktsforholdet mellom total- og underentreprenør, som igjen kan indikere at et kapittel om Norsk standard er nødvendig. Slike antagelser blir derimot veldig søkte og konklusjonene av spørreundersøkelsen kan bli veldig tynn. Når det i tillegg er store deler av undersøkelsen som blir hoppet over, indikerer også dette at de fleste respondentene ikke hadde nok husk om faget.

Respondentene har uansett, som figur 3.4 og 3.5 viser, raskt fått roller og arbeidsoppgaver som normalt sett medfører mye ansvar. Når prosjektkostnadene i tillegg er av den størrelsesorden som vist i figur 3.3, belyser det viktigheten av faget, og ikke minst viktigheten av dets utvikling, da denne bør være i tråd med utviklingen av bransjen. Spørreundersøkelsen fungerer med bakgrunn på dette derfor bra som en oppfordring til at faget bør satses på, både ved utvikling av et komplett kompendium, og andre stillinger som vil opprettholde og utbedre faget.

Spørreundersøkelsen kunne blitt bedre dersom utvalget av respondenter hadde vært større, slik at flere tips og meninger kunne blitt samlet, eller om respondentene hadde hatt mulighet til å repetere fagstoffet på forhånd. Det hadde derimot vært urealistisk å tro at respondentene hadde tatt seg tid til repetisjon. Spørreundersøkelsen kunne også ha blitt sendt ut tidligere enn den ble gjort. Hvis svarene fra oppgaven hadde indikert enkelte store tema eller mangler, kunne det vært bedre tid til å skrive om dette. I etterkant av denne undersøkelsen ekjenner også forfatter at tips fra veileder burde blitt fulgt, og at en spørreundersøkelse i stedet kunne ha blitt sendt ut til fagets studenter. Det kunne muligens gitt bedre innsikt i hva som manglet.

Alt i alt ble resultatene fra spørreundersøkelsen vurdert til å bli for tynne, slik at undersøkelsen i liten grad ble brukt til utvikling av kompendium.

Resultater

Denne oppgaven har produsert deler av et kompendium til faget ”TBA 4130 Produksjonsteknikk i BA” i samsvar med problemstillingen:

Utvikling av håndbok i TBA 4130 Produksjonsteknikk i BA for kapitlene plasstøpt betong og grunnarbeider.

I løpet av arbeidet med oppgaven har de to kapitlene ”Grunnarbeider” og ”Plasstøpt betong” blitt produsert, i tillegg til et tredje kapittel om ”Norsk standard”, etter tips fra intervjuobjektene. Innholdet er skrevet med bakgrunn på fagets forelesninger og øvinger, (en spørreundersøkelse) og intervjuer med erfarne personer fra bransjen. Med andre ord kan kompendiumets innhold sies

å være det bransjen ønsker at studenter skal lære, og ved bruk av oppgaven kan fagets deltakere bedre forbedres til løsning av øvinger, eksamen og oppgaver i arbeidslivet. Det finnes ikke, så vidt varierende litteratursøk har avdekket, tilsvarende litteratur, noe som gjør denne oppgaven unik i denne sammenheng.

Det tas derimot høyde for enkelte misforhold i oppgaven. Enkelte tema kan være for bredt gjennomgått, og andre kan være beskrevet for lite. I forbindelse med deltakende observasjon, ble noen av utførelsesmetodene for plasstøpt betong lært godt. Dette kan gjenspeiles i kompendiumet ved at disse arbeidsoppgavene er kan være i overkant godt beskrevet. Andre arbeidsoppgaver, som ikke ble praktisert på byggeplassen der observasjonen fant sted, er kanskje ikke like godt beskrevet, eller ikke tatt med. Det har derfor blitt vurdert å fjerne/nedskrive deler av kompendiumet. Dette er da hvis noen arbeidsoppgaver er i overkant beskrevet. Det kan derimot diskuteres om god kunnskap om utførelsen er nødvendig for å planlegge arbeidet best mulig, slik at det er en fordel og kunne mest mulig om utførelsen. Etter samtale med veileder ble det besluttet å beholde alt. Dette for å vise hva som var gjort av arbeidsmengde. Overflødig informasjon kan om ønskelig ekskluderes i etterkant.

Selv om kompendiumet har blitt skrevet etter veiledning og tips fra personer med god arbeids erfaring og god kunnskap, er det blitt skrevet av en person med begrenset arbeidserfaring. Noen av emnene eller delkapitlene kan derfor være skrevet for ”teoretisk”. Med det menes det at det er skrevet som beskrevet i annen litteratur, men som i virkeligheten ikke utføres som beskrevet. Et eksempel på dette kan være prosessen ved å støpe ut en forskaling. I oppgavens resultater blir det beskrevet en anbefalt stigehastighet for en veggstøp. Denne er derimot svært sjeldent av følges, da de utførende vet at formen tåler en høyere stigehastighet enn hva som er anbefalt. Dette fører igjen til at det gjøres så fort som betongen greier å pumpes ned i formen, spesielt dersom forskalingsnekkerne jobber akkord¹.

I eksempelet beskrevet over var forfatter allerede klar over differansen mellom teori og praksis før arbeidet med oppgaven startet. Kompendiumet beskriver naturligvis arbeidsoppgaven slik den skal gjøres, men nevner også at en raskere støp ofte forekommer.

Med bakgrunn i dette, tas høyde for at det er flere tilsvarende situasjoner som forfatter ikke har opplevd i praksis, og dermed ikke har fanget opp. Det kan argumenteres for at kompendiumet bør skrives slik det *skal* gjøres ([25]), men personlig mener jeg at kompendiumet burde skrives med bakgrunn i hvordan arbeidsoppgaver teoretisk skal utføres, samtidig som vanlige, og ofte aksepterte, snarveier omtales. Disse ”snarveiene” har som sagt forfatter ikke fullstendig oversikt over. Det er, etter forfatters erfaring, slik at teori og praksis ikke alltid stemmer til overs, noe man gjerne får vite av mer erfarne personer i arbeidslivet. Det har derfor vært ønskelig å belyse

¹Akkord er når de utførende får betalt lønn ut ifra hvor mye som blir produsert

disse forskjellene i dette kompendiumet. Ved kunnskap om hvordan det skal gjøres, og hvordan det ofte gjøres, kan arbeidsoppgavene, om ønskelig, bedres og styres mot korrekt utførelse.

Oppgavens gyldighet

Som beskrevet på side 26 er oppgavens reliabilitet lav, mens validiteten er høy. Det kan diskuteres om det burde bli tatt i bruk metoder som økte reliabiliteten. Personlig menes det at denne typen oppgaver ikke egner seg for kvantitative metoder. Meningen med oppgaven, som gitt i problemstillingen;

”Utvikling av håndbok i TBA 4130 Produksjonsteknikk i BA for kapitlene plasstøpt betong og grunnarbeider”

er å gi en oversikt over den teori og de metodene som trengs for å kunne løse øvingsoppgaver og forberedelse til eksamen og arbeidslivet. Altså trenger man en *helhetlig oversikt* over fagstoffet. Oppgaven er derfor, med bakgrunn i dette, besvart med de metodene som var best i forhold til denne typen problemstilling.

Kapittel 5

Konklusjon

Denne oppgaven har tatt for seg utvikling av et kompendium for faget ”TBA 4130 Produksjonsteknikk i BA”. Det er i løpet av skriveprosessen blitt produsert tre kapitler som er ”Norsk standard”, ”Grunnarbeider” og ”Plasstøpt betong”. Innledningsvis i oppgaven ble en problemstilling definert:

Utvikling av håndbok i TBA 4130 Produksjonsteknikk i BA for kapitlene plasstøpt betong og grunnarbeider.

Tilhørende til problemstillingen var forskningsspørsmålene:

1. Hvilke tema er mest relevant å skrive om?
2. Er det svakheter eller mangler ved faget?
3. Hva mangler normalt studenter som kommer ut fra NTNU av kunnskap?

Denne oppgaven har, som problemstillingen og forskningsspørsmålene viser, ikke en utforming som en ”vanlig” masteroppgave. Det vil derfor heller ikke være noen konklusjoner som står i stil med slike vanlige typer oppgaver. Resultatdelen er i stor grad sammenhengende tekst med teori og litteratur som er vanskelig å konkludere med.

Det kan imidlertid konkluderes med at det har blitt produsert tre kapitler i tråd med problemstillingen, med en kvalitet som det menes å være god. Om ikke oppgaven kan brukes direkte i undervisningen, gir den ihvertfall et godt grunnlag for videre utvikling mot et endelig resultat, som er et komplett kompendium.

Konklusjonen fra forskningsspørsmålene er at faget, slik det er bygget opp, er i henhold til det bransjen ønsker. Utgangspunktet med oppgaveskrivingen var å skrive etter en mal fra øvings- og forelesningsopplegget, og det virker som om bransjen fremdeles er samstemt med oppbyggingen. Det finnes derfor få mangler og svakheter ved faget. Øvrige tema som var relevant å

skrive om ble gitt i tabell 3.1.

Om studenter som skal uteksamineres fra NTNU skal i arbeid, spesielt mot entreprenørbransjen, vil mangler som studentene normalt har, delvis tettes ved å lese hovedresultatet i denne oppgaven, altså kompendiumet.

Kapittel 6

Anbefalinger og videre arbeid

For at kompendiumet skal holde tilstrekkelig kvalitet, bør følgende hovedkapitler skrives:

- Rigg og Drift
- Grunnarbeider
- Plasstøpt betong
- Prefabrikkert råbygg
- Anbud og kalkulasjon
- Fremdriftsplanlegging

Denne oppgaven har omhandlet to av hovedkapitlene. I tillegg har en annen masteroppgave omhandlet kapittelet om fremdriftsplanlegging. Videre arbeid vil da bestå av å ferdigstille kompendiumet med de kapitlene som ikke er blitt produsert.

For denne oppgaven anbefales det at hvert kapittel leses gjennom av en eller flere fagpersoner. Oppgaven kan, som beskrevet i kapittel 4, mangle enkelte tema, og andre tema kan være overflødig. I tillegg bør kompendiumets ulike kapitler skrives sammen etter at alle er ferdigskrevet.

Det kunne også vært fornuftig å utvikle fagets øvinger, som i en periode har vært relativt lik. Øvingene er i pr. i dag i stor grad hva bransjen ønsker og er i så måte gode nok. Fra egen erfaring er det derimot ofte slik at studentene har en tendens til å skaffe seg fjorårets løsninger på øvingene, slik at øvingene i stor grad kan skrives av. Dette vil for noen være til hjelp ved at man bedre forstår oppgaven, mens for andre vil det være ødeleggende om plagiatraten er stor.

Ved å produsere nye øvinger, i samarbeid med bransjen, vil man kunne minske plagieringen, samtidig som øvingen relaterer seg til virkeligheten.

En annen grunn til å videreutvikle øvingene er at noen av studentene har følt at dagens oppgaveformuleringer er noe uklare. Våren 2013 har forfatter hatt en utvidet student-assistent stilling med deler av oppgavene som en vitass ellers ville utført. En av oppgavene har vært å svare på mail fra studentene, samt til dels veilede studentene med øvingene. Trenden har vært at studentene ikke alltid helt skjønner hva oppgaven spør etter, og i etterkant har vært frustrert over dårlige karakterer grunnet det de mener er dårlig oppgaveformulering.

Bibliografi

- [1] Martine Linnestad. *Veiledning til forelesere 2004*. Veidekke entreprenør AS / NTNU, 2003.
- [2] Tor Jacobsen. *Forelesningsplan TBA 4130*. 2014.
- [3] Oppgaver ved BAT, hentet fra [http : //www.ntnu.no/bat/studier/oppgaver](http://www.ntnu.no/bat/studier/oppgaver) den 5.5.14.
- [4] ”TBA4130 Produksjonsteknikk i bygninger”, om emnet. Hentet fra [http : //www.ntnu.no/studier/emner/TBA4130tab = omEmnet](http://www.ntnu.no/studier/emner/TBA4130tab=omEmnet), den 14.5.14.
- [5] NTNU. *TBA 4130s hjemmeside på its learning*. Hentet den 6.5.14 fra [https : //www.itslearning.com/ContentArea/ContentArea.aspx?LocationID = 51914&LocationType = 1](https://www.itslearning.com/ContentArea/ContentArea.aspx?LocationID=51914&LocationType=1).
- [6] Nils Olsson. *Praktisk rapportskrivning*. Tapir, 2011.
- [7] C.R. Kothari. *Research Methodology- Methods and Techniwues (Second edition)*. New age international.
- [8] Furseth I Everett E. *Masteroppgaven. Hvordan begynne- og fullføre*. Universitetsforlaget, 2012.
- [9] Knut Samset. *Prosjektet i tidligfasen*. Tapir akademisk forlag, 2008.
- [10] Knut Samset. *Forskningsmetodekurs, kvalitativ forskning, 20.8.13*. 2013.
- [11] Steinar Kvale. *Det kvalitative forskningsintervju*. Gyldendal, 1997.
- [12] Lefebvre C Moher D Grimshaw J Sampson M, McGowan J. *Peer review of electronic Search Strategies*. 2008.
- [13] Stray Jørgensen P Rienecker L. *Den gode oppgaven. Håndbok i oppgaveskriving på universitet og høyskole. 2. utgave*. Fagbokforlaget, 2013.
- [14] Bibsys, våre produkter. Hentet fra [http : //www.bibsys.no/produkter – tjenester/produkter/prosjektet – nytt – biblioteksystem/](http://www.bibsys.no/produkter-tjenester/produkter/prosjektet-nytt-biblioteksystem/) den 4.6.14. BIBSYS.

- [15] *Google scholar, About. Hentet fra [http : //scholar.google.com/intl/en/scholar/about.html](http://scholar.google.com/intl/en/scholar/about.html) den 4.6.14.* Google.
- [16] *Scopus, about. Hentet fra [http : //www.elsevier.com/online-tools/scopus](http://www.elsevier.com/online-tools/scopus) den 4.6.14.* Elsevier.
- [17] *Om Sintef. Hentet fra [http : //www.sintef.no/Byggforsk/](http://www.sintef.no/Byggforsk/) den 4.6.14.* SINTEF Byggforsk.
- [18] *Om oss. Hentet fra [http : //www.standard.no/no/Om-oss/Standard-Norge/](http://www.standard.no/no/Om-oss/Standard-Norge/) den 22.10.13.* Oktober 2013.
- [19] *Søketeknikker. Hentet fra [http : //kunnskapsbasertpraksis.no/litteratursok/soketeknikker/](http://kunnskapsbasertpraksis.no/litteratursok/soketeknikker/) 27.5.14.* Høgskolen i Bergen, 2012.
- [20] Liu A. Fellows, R. Fellows, R., Liu, A. (2008). *Research Methods for Construction. Singapore: Wiley-Blackwell. Research Methods for Construction. Singapore: Wiley-Blackwell.* 2008.
- [21] Christopher Lein Simonsen. *Arealeffektivitet, i form av delt bruk, sin påvirkning på bærekraft, krav og sertifiseringer i undervisningsbygg.* 2013.
- [22] *Personintervju med Anikken Giskén Mathisen, Standard Norge.*
- [23] *Personintervju med Sverre Smeplass, Skanska Norge.* 2014.
- [24] *Personintervju med Bernt Kristiansen, AFgruppen.*
- [25] *Personintervju med Reidar Kompen og Lise Bathen.* 2013.
- [26] *Personintervju med Jostein Mjelstad, Formann Vassbakk, Bybanen Bergen.*
- [27] *Personintervju med Olav Lindset, Veidekke.* 2013.
- [28] *Personintervju med Oystein Wiggen.* 2013.
- [29] *Personintervju med Thorbjørn Tveit Bakkettun, Prosjektleder bybanen, Skanska.*
- [30] *Personintervju med Odd Stenshorne, Romerik maskin, 27.2.14.*
- [31] *Personintervju med Olav Dokken, AF gruppen.* 27.2.14.
- [32] *Personintervju med Frode Sæther, Skanska AS.* 2013.
- [33] *Personintervju med Hans Magnus Dyrdal, Veidekke, 25.3.14.*

Kompendium

I dette kapitlet gis kompendiumet med kapitlene Norsk standard, grunnarbeider og plasstøpt betong. Resultatet i denne delen er som tidligere nevnt blitt produsert med bakgrunn av fagets øvinger og forelesninger, samt anbefalinger fra intervjuobjekter fra bransjen.

Norsk standard

Kapitlet om Norsk standard inneholder informasjon om standardiseringsoppgaver og bruk av standarder.

Grunnarbeider

Dette kapitlet gir en innføring om grunnmasser og hvordan man fastslår ulike massetyper i grunnen. Deretter beskrives ulike maskiner. Det gis informasjon om hvilke og hvor mange maskiner man trenger for å kunne utføre masseforflytningsjobber. Kapitlet tar for seg en byggegrop, og de arbeidsoppgaver som kan/ må gjøres for at den kan graves ut, med liten risiko for de utførende. Forsterkning av grunnen i ulike varianter beskrives. Deretter beskrives installasjoner, og betong i byggegropen, og ferdigstilling. Til slutt gjennomgår kapitlet ulike elementer som kan vurderes før oppstart av grunnarbeider.

Plasstøpt betong

Kapitlet gir en innføring i arbeider med å føre opp konstruksjoner i plasstøpt betong, særlig vegger og etasjeskillere. I starten av kapitlet gjennomgås teori om forskaling, armering og betong. Deretter beskrives ulike metoder for å behandle betong, ved og etter utførelse. Dette kapitlet legger særlig vekt på utførelsesdelen for arbeidene, og er gitt i ett eget avsnitt. Til slutt beskrives planleggingsarbeider for betong, blant annet anskaffelse av materialer og hvordan man planlegger ulike støpetapper.

Innhold

1	Norsk standard	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Navnsetting	6
1.3	Utvikling av standarder	7
1.4	Norsk standard som lovverk	8
2	Grunnarbeider	9
2.1	Innledning	9
2.2	Byggegropp	10
2.3	Løsmasser	11
2.4	Grunnundersøkelser	16
2.5	Maskiner	29
2.6	Beregning av masser for uttak	37
2.6.1	Volum og densitet	37
2.6.2	Kapasiteter	40
2.6.3	Utgraving, lasting og transport	41
2.7	Graveskråning	46
2.7.1	Sikring av graveeskråning	48
2.8	Grunnforsterkning	56
2.8.1	Masseutskiftning	56
2.8.2	Peling	57
2.8.3	Andre metoder	64
2.9	Utstikning	66
2.10	Utgraving av tomt	69
2.10.1	Utgraving i løsmasser	72
2.11	Gravearbeider	80
2.12	Installasjoner i byggegrop	83
2.13	Tilbakefylling	88
2.14	Planlegging av grunnarbeider	91

3	Plasstøpt betong	93
3.1	Innledning	93
3.2	Forskaling	94
3.2.1	Veggforskaling	95
3.2.2	Forskalingshud	97
3.2.3	Systemforskaling for vegger	100
3.2.4	Gjenbruk av forskaling	101
3.2.5	Dekkeforskaling	101
3.2.6	Annen forskaling	104
3.2.7	Dimensjonering av forskaling	105
3.3	Armering	108
3.3.1	Materialer	108
3.3.2	Slakkarmering	109
3.3.3	Spennarmering	110
3.3.4	Kamstål	111
3.3.5	Betegnelser og identifisering av armering	112
3.3.6	Armeringsnett	113
3.3.7	Korrosjon, heft og temperaturkoeffisienter	116
3.3.8	Skjøting	117
3.3.9	Armeringsverktøy og tilbehør	119
3.4	Betong	124
3.4.1	Betongens delmaterialer	124
3.4.2	Begreper	128
3.4.3	Betongens bestandighet	131
3.4.4	Herdeteknologi	135
3.4.5	Betongtyper	138
3.4.6	Internttransport av betong	141
3.4.7	Komprimering av betong	146
3.4.8	Innstøpningsgods og utsparinger	148
3.5	Kvalitetsstyring/kontroll	151
3.6	Utførelse	155
3.6.1	Vegg: Forskaling, innstøpningsgods og armering	155
3.6.2	Støpearbeider	165
3.6.3	Utlegging og komprimering	167
3.6.4	Dekke/etasjeskillere	175
3.6.5	Etterbehandling av betongen	186
3.6.6	Sikring av arbeid på dekket	189

3.6.7	Alternative dekkeløsninger	191
3.7	Produksjonsplanlegging	195
3.7.1	Lean manufacturing	195
3.7.2	Støpeplan	196
3.7.3	Anskaffelse av forskaling	199
3.7.4	Anskaffelse av armering	201
3.7.5	Anskaffelse av Betong	202
3.7.6	Støpeetapper	203
3.7.7	Kran	206

Kapittel 1

Norsk standard

1.1 Bakgrunn

Standarder finnes og brukes innen svært mange områder, og bidrar til en standardisering av næringslivet og samfunnet. En standard er basert på ”beste praksis” og utarbeides etter initiativ fra ulike interessegrupper. Standardene gir retningslinjer for hvilke krav som skal settes for blant annet varer og tjenester. Eksempelvis finnes det standarder for sykkelhjelmer, elektroniske apparater, systemer for kommunikasjon og husbygging. Denne oppgaven tar for seg standardisering mot byggebransjen.

Norsk standard er en privat standardiseringsenhet som består av tre organisasjoner. Standard Norge er den største av de tre og er den organisasjonen med ansvar for standardiseringsoppgaver og for utgivelse av standarder. Standard Norge er sertifisert i henhold til den europeiske og den internasjonale standarden, og er medlem av standardiseringsorganisasjonene CEN (europeiske) og ISO (internasjonale). Det fastsettes i Norge hvert år ca. 1200 standarder, hvorav de fleste er basert på europeiske standarder [1].

1.2 Navnsetting

En standard navnsettes med bakgrunn i opphav og gyldighetsområde. Navnet gis normalt med en eller flere forkortelser som vis i tabell 1.1.

Tabell 1.1: Benevnelser [2, 3]

Benevning	Betydning
NS	Norsk standard som er utarbeidet nasjonalt
EN	Betegner at standarden er en euronorm (europeisk standard)
EC	Betegner at standarden er en eurokode, og er det samme som en euronorm.
NA	Nasjonalt Norsk tillegg
CEN	Europeisk organisasjon som utarbeider europeiske standarder
ISO	Organisasjon som utarbeider internasjonale standarder
NS-EN	Europeisk standard som er fastsatt som en Norsk standard
NS-EN ISO	Kompinert internasjonal og europeisk standard som er fastsatt som en Norsk standard
NS-ISO	Internasjonal standard som er fastsatt som en Norsk standard

1.3 Utvikling av standarder

Prosess

For at en standard skal vedtas må den gjennom noen obligatoriske stadier.

Det må først være en idé for noe som skal standardiseres, for eksempel en metode eller et produkt. Et forslag for standardiseringen sendes så til *nasjonal* vurdering og godkjenning. Hvis forlaget godkjennes kan utviklingen startes. Ekspertene innenfor området vil ha ansvaret for den faglige delen, og lager et utkast for standarden. Når utkastet har konsensus innen gruppen sendes det til en *internasjonal* komité for kontroll. Ved godkjent kontroll er standarden klar for avstemming, og er godtatt ved et tilstrekkelig flertall.

Standarden kan etter godkjenning publiseres. Standard Norge er som nevnt det Norske medlemmet av CEN. En standard som vedtas som en europeisk standard *skal* innføres som en nasjonal standard hos alle medlemslandene. Hvis det foreligger en nasjonal standard innen det samme området, skal den trekkes og erstattes med den nye. En slik prosess kan antas å vare i rundt tre år [2]. Norge er derimot ikke forpliktet til å fastsette ISO-standere.

Ekspertene i gruppen som utarbeider forslaget kan være innleid, frivillige eller utlånt fra bedrifter som ønsker å bidra til standardiseringen [4]. Det er ofte slik at Norsk praksis viker fra andre lands praksis. For eksempel har andre land ofte mindre fokus rundt HMS-aspektet enn i Norge [5]. Norske aktører er derfor ofte interessert i å bidra til utviklingen av internasjonale standere og stiller derfor ofte med fagpersoner som skal sikre at Norges interesser ivaretas [6].

En klar fordel med slike felles standarder er at byggevarer og tjenester kan flyte fritt mellom ulike land uten at det fører til konflikter ved at for eksempel varer fra ett land ikke tilfredstiller andre lands krav. For at en vare skal være tilfredstillende for bruk skal den være merket med et CE-merke. CE-merket markerer at produktet er sertifisert etter en såkalt *harmonisert standard*. En harmonisert standard er en standard som oppfyller grunnleggende EU-krav til helse, miljø og sikkerhet [2, 7]. Et slikt merke er vist i figur 1.1



Figur 1.1: CE-merket

Norske standarder

Noen standarder er rene, Norske standarder. Slike standarder eksisterer der det ikke finnes europeiske standarder som dekker området. Dette kan for eksempel gjelde standardisering rundt universell utforming. Om det kommer en tilsvarende europeisk standard, vil Norge være pliktig å trekke den opprinnelige standarden og erstatte den med den nye.

Det kan utarbeides nasjonale tillegg (NA) til en euronorm som utdyper eller forenkler bruken av standarden. Tilleggene er informative og skal ikke være i konflikt med selve standarden. De nasjonale tilleggene kan fastsette nasjonalt bestemte parametre innen for eksempel bestandighet, sikkerhet eller ressursbruk [2, 7].

1.4 Norsk standard som lovverk

Bruken av standarder er frivillig inntil de knyttes til avtaler eller regelverk [2]. Med andre ord er ikke Norske standarder eller de europeiske normene lovbestemmende, slik at man i prinsippet kan føre opp konstruksjoner som ikke er i samsvar med disse.

Plan og bygningsloven (pbl) er derimot lovbestemmende, og konstruksjoner som føres opp må være i samsvar med denne. I henhold til tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven (TEK) kan reglene i pbl anses som oppfylt dersom man benytter metoder eller utfører i samsvar med Norske standarder eller euronormene.

Dette vil si at ved å oppfylle Norsk standard, oppfyller man samtidig plan- og bygningsloven. Standardene brukes derfor i prinsippet ”alltid”. Der de ikke brukes, skal det dokumenteres at resultatet holder lik eller bedre kvalitet enn det standarden beskriver.

Byggherre eller tiltakshaver sikrer bruk av Norsk standard ved å spesifisere de standardene som konstruksjonen skal føres opp etter i kontrakten. Standarden blir da juridisk bindende [2].

Kapittel 2

Grunnarbeider

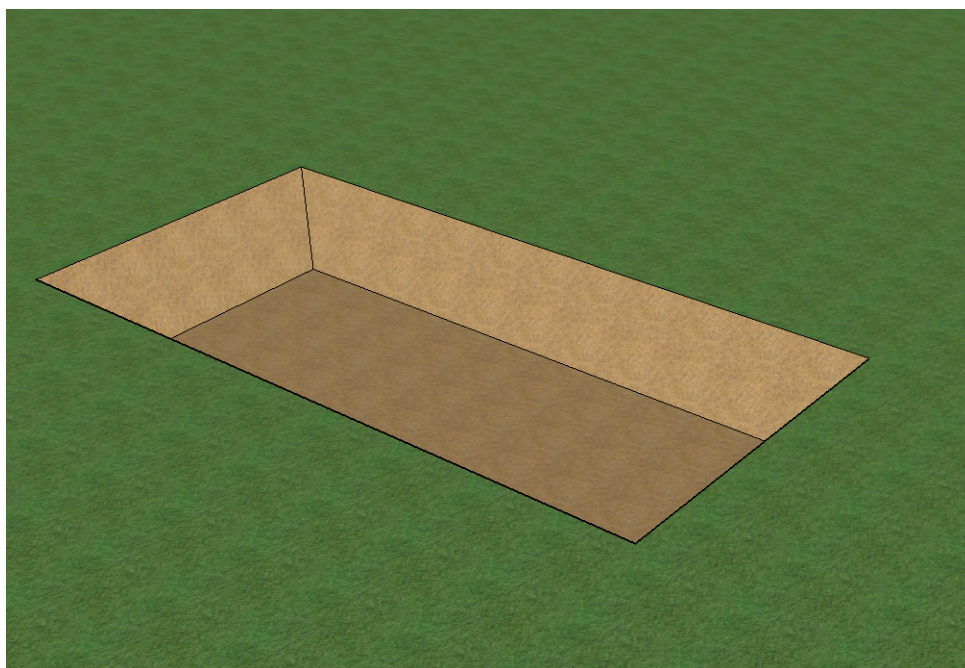
2.1 Innledning

Før en konstruksjon kan føres opp må man sikre at de stedlige massene tåler de ekstra belastningene som konstruksjonen medfører. Det kan være behov for å forsterke massens bæreevne, eller det kan være nødvendig å skifte den ut med andre kvalitetsmasser. Forsinkelser i grunnarbeidene vil kunne føre til store forsinkelser og kostnadsoverskridelser, slik at det er viktig med god planlegging og utførelse. Dette kapitlet har fokusert på utgravingen og klargjøringen av en byggetomt, og hvordan man planlegger slike operasjoner.

2.2 Byggegrop

Arbeid med grunn vil variere i forhold til hvilke konstruksjoner som skal føres opp. Det kan være veier, broer eller bygninger. Dette kapitlet tar utgangspunkt i at en fleretasjers bygning skal føres opp, og ser på de typer operasjoner som kan være nødvendig i forkant av dette, da med tanke på grunnarbeider.

Det tas også utgangspunkt i at man etablerer en byggegrop hvor konstruksjonen skal stå. En byggegrop er vist i figur 2.1.



Figur 2.1: Byggegrop

Byggegroppen kan være kompleks, med avansert geometri, eller enkel slik, som figuren illustrerer. Den kan være i tette bystrøk, slik den ofte er, eller langt vekk fra byen. Byggegroppens sider må sikres mot ras, og adkomst(er) til byggegroppen må etableres. Byggegroppens lokasjon vil innvirke på dette. Senere i kapitlet illustreres forslag til hvordan man kan løse de problemene som kan oppstå ved slike grunnarbeider.

2.3 Løsmasser

I dette delkapittelet gjennomgås basiskunnskap om løsmasser. Deler av informasjonen vil være repetisjon fra tidligere fag, men er nødvendig for å beskrive delkapitler senere i kapittelet.

Definisjon av ulike masser

I litteratur om grunnarbeider beskrives masser i grunnen ofte som *løsmasser* eller *jordarter*.

Løsmasser er av store norske leksikon definert som ”*grus, sand, leire, torv, morene og forvittringsmateriale som ligger ovenpå den faste berggrunnen*” [8].

Videre defineres en *jordart* av NS 3420 F som ”*løsmasser med en bestemt sammensetning, fysiske egenskaper og geologisk opprinnelse*” [9].

Definisjonene er litt diffuse og kan til tider være vanskelige å skille. Løsmasser eller masser vil i denne teksten bli brukt som en generell betegnelse på masser i grunnen som ikke er fast fjell. Man regner grunnmasser for fast fjell når den enaksede trykkfastheten overstiger 0,26 MPa [9].

Betegnelsen *jordart* vil bli brukt om massene skal spesifiseres og navnettes, for eksempel om det er snakk om en bestemt leire eller silt.

Når ulike typer *jordarter* skal beskrives brukes kornstørrelse som grunnlag. Man benevner ofte masser med dens sortering. Sortering er steinmaterialets øvre og nedre korndiameter. For eksempel singel 4/80 har en nedre og øvre korndiameter på 4 og 80mm. Tabell 2.1 viser hvordan ulike kornstørrelse tilsvarer ulike løsmasser. Om en masse er ensgradert, benevner man den naturligvis etter hvilken kornstørrelse den har, som vist i tabell 2.1. Om man skal benevne løsmasser med flere ulike kornstørrelser, benevnes den av andel masseprosent for én av kornfraksjonene i massen. Har man for eksempel en *jordart* hvor over 30 % av massen har en kornstørrelse på under 0,002mm, betegnes den som en leire.

Tabell 2.1: Sammenheng mellom kornstørrelse og jordart [9]

Betegnelse	Kornstørrelse	Masseprosent av kornstørrelsen for at massen skal få betegnelsen
Leire	<0,002 mm	30
Silt	0,002/0,063 mm	45
Sand	0,063/2 mm	60
Grus	2/60 mm	60
Stein	60/600 mm	60
Blokk	>600 mm	-

Kornstørrelsen er avgjørende for hvilke egenskaper massen har, da særlig i forbindelse med bæreevne og hvilke problemer som kan oppstå ved store vannmengder.

Leire

Leire er den jordarten med minst kornstørrelse. Dette fører til små hulrom mellom kornene, som igjen fører til at den slipper lite vann gjennom. Leiren har likevel en svært høy oppsugnings- evne, og kan ta opp store mengder vann ved nedbør [10]. Når den tar opp mye vann blir den klinete, og er ikke god å jobbe med for de utførende [11].

Fastheten til leiren varierer stort med leirens vanninnhold og lagringstetthet. Leiren er hard når den er tørr, mens våt leire kan være veldig tyntflytende og dermed svak. Det kan nær overflaten danne seg en tørrskorpe som kan bli opp mot 4 m tykk. Leiren i dypere sjikt vil ha vesentlig dårligere bæreevne. Leire egner seg dårlig som byggegrunn eller fyllmasse og blir i stor grad kjørt bort på tipp¹.

Kvikkleire, også kalt marin leire, er leire som tidligere har vært under havnivå og som følge av et minket havnivå nå er over. Denne leiren har før inneholdt salter som har vært med å bygge opp en struktur for leiren. Om leiren har blitt gjennomstrømt av vann, kan saltet ha blitt vasket ut. Strukturen som står igjen har relativt god bæreevne i normal tilstand, men blir flytende når den blir utsatt for bevegelse. Kvikkleire blir derfor betraktet som en stor risiko, og krever ofte store og nøyaktige beregninger før den kan bygges på [12].

¹Tipp brukes som betegnelse på et sted hvor dumpere/lastebilder kan disponere masser, enten som deponi eller for mellomlagring

Silt

Silt har mange av de samme egenskapene som leire, men har en grovere porestruktur. Den slipper derfor gjennom mer vann. Den kappilære stige-hastigheten er derimot mindre og ligger mellom 4 og 10 m. Silt inneholder ofte mye vann, og er den bergarten som oftest er utsatt for telehiv [12]. Telehiv er beskrevet i avsnitt 2.4. Silt blir, som leiren, ofte kjørt på tipp.

Sand, grus, blogg og stein

Sand, grus, blogg og stein har en større korndiameter enn de overnevnte og brukes som fyll-masse og byggegrunn. Kornstørrelsene fører til en bedre dreneringsevne, som vil si evnen til å la vann unnslippe massene. De suger heller ikke opp nok vann til at de regnes som telefarlige [13].

Morene

Morene inneholder flere ulike kornstørrelser, alt fra leire til blokk. Massene med liten kornstørrelse vil her fylle mellomrommene mellom massene med stor kornstørrelse [13]. Denne sammensetningen er meget tettpakket og kan være vanskelig å grave i. Spesielt spunting, se avsnitt 2.7.1, vil kunne være problematisk i morene, da man kan støte på større stein som hindrer spuntnålen i å bli tredd ned i bakken [14].

Berg

Berg eller fjell er som regel regnet som en god byggegrunn med god styrke. Det finnes noen unntak, som for eksempel forvitret berg eller spesielle bergarter som alunskifer. Alunskifer sveller ved kontakt med oksygen og vann, og kan skade betong i byggegropen. Fjell er av entreprenører den byggegrunnen som er best å grave ut i. Ikke på grunn av fremdriften (det tar betydelig lengre tid å spreng ut en byggetomt i fjell enn i løsmasser), men på grunn av at man har god kontroll på hvor lang tid det tar å spreng/grave ut, og dermed kan minimere risikoen for å tape penger på entreprisen [14].

Spesialfraksjoner

Når man bestiller kvalitetsmasser fra en produsent bestilles ofte spesialfraksjoner med sortering som gitt i tabell 2.2. Disse fraksjonene kan bestilles, og brukes som bærelag i anleggsveier, byggegrunn eller som tilslag² i betong. NGU (Norges geologiske undersøkelse) anslo i 2011 en årlig produksjon av sand, singel og pukk i Norge til 77 millioner tonn. De to største bruksområdene for disse var veibygging og betongproduksjon. I tillegg ble drøyt 21 millioner tonn eksportert til andre land [15].

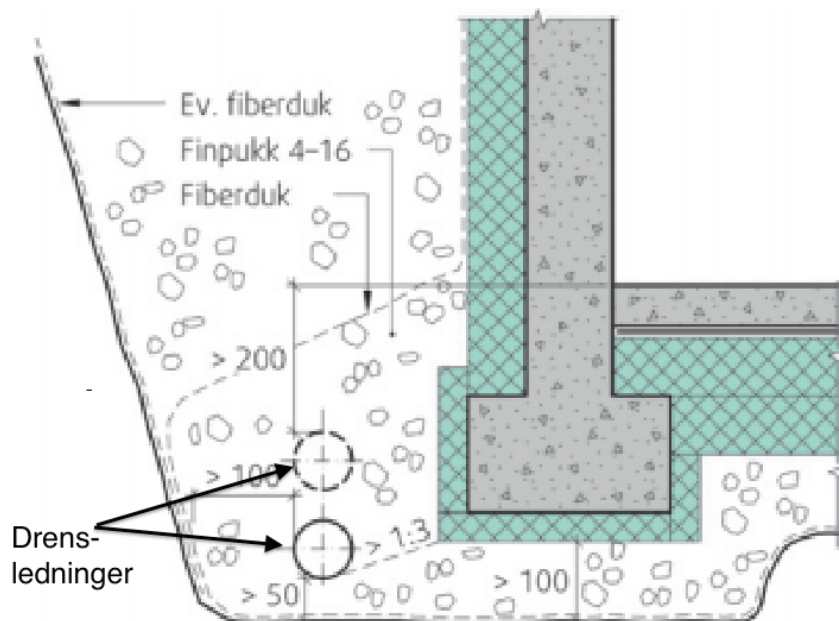
Tabell 2.2: Spesialfraksjoner fra produsent [16]

Betegnelse	Sortering (mm.)
Maskinsand	0/4
Singel	4/80
Pukk	4/80
Finpukk	4/16
Kult	80/300

Drenering

Ved store nedbørsmengder eller ved mye sigevann vil vann kunne samle seg rundt konstruksjonen og medføre blant annet fukt- og vanntrykkproblemer mot yttervegg. Ytterveggen, som gjerne er av betong, er ikke alltid dimensjonert for vanntrykk, samtidig som den ikke er fullstendig vanntett. Man må derfor legge drenerende masser rundt bygget slik at vannet som vil kunne samle seg kan ledes vekk. Et eksempel på slike masser er finpukk 4/16 mm. Drensledninger legges utenfor byggets randsoner, og skal lede vekk vannet som kommer ned gjennom de drenerende massene. Drensledning kan bli plassert som vist på figur 2.2, hvor den øverste sirkelen representerer ledningens høyeste punkt og den nederste sirkelen representerer ledningens laveste punkt.

²Steindelen i betong



Figur 2.2: Plassering av drensledning

Drensledninger kan legges med fall på 1:200. Høyeste punkt bør ikke være høyere enn 200 mm under overkanten av det ferdige gulvet. Samtidig bør laveste punkt ligge under fundamentnivå. Mot ytterveggen bør det i tillegg være et kappilærbrytende sjikt, som er en ekstra sikring mot lekkasjer. Slike plater kan være av polyetylen eller polypropylen, og monteres mot ytterveggen [17].

Filtrering av masser

Om et steinmateriale skal benyttes som en drenerende masse mellom yttervegg og andre omliggende masser, må det sikres at de to massene, med ulik kornstørrelse, ikke filtreres inn i hverandre. Hvis finpukk legges mot leire, kan leiren bli vasket inn i steinmaterialene. For å forhindre dette kan man enten montere en filterduk som skiller de to massene, eller opprette et filterlag mellom massene, som sikrer at de ikke flyter inn i hverandre [16].

2.4 Grunnundersøkelser

Grunnarbeider utgjør i forhold til prosjektets framdrift og økonomi ofte en stor risiko [18]. Det er derfor meget viktig med gode og presise forundersøkelser, slik at kontrakten kan prises fornuftig av entreprenøren. Det er vanligvis tiltakshaver som er ansvarlig for at dette blir gjort. Ved store utbygginger må det alltid utføres geotekniske undersøkelser. Dette gjøres for å sjekke [10]:

- Massens sammensetning og kvalitet
- Massens bæreevne
- Avstand fra øverste masselag til fast fjell
- Eventuelle forurensninger i grunnen

Før grunnundersøkelsene startes kan deler av grunnen avklares ved å skaffe til veie informasjon om tidligere aktivitet på eiendommen. Nåværende og tidligere grunneiere kan ha oversikt over dette. Ved forespørsel kan kommunen bistå med grunnbøker³ og oversikter over nedgravde oljetanker. Statens forurensningstilsyn (miljødirektoratet) har oversikt over gamle deponier [20]. Det finnes ofte føringer i grunnen, som vann og ledningsnett. Informasjon om hvor disse er kan fås av ledningseiere, for eksempel vann- og avløpsetaten i Oslo.

Metoder for å utføre grunnundersøkelser

Det finnes en rekke metoder for å undersøke grunnen. Noen av disse er beskrevet i tabell 2.3. Antall prøver og innbyrdes avstand mellom prøvepunktene vil være avgjørende for undersøkelsens pålitelighet.

³Kommunens grunnbok er et register over heftelser og rettigheter i fast eiendom, hvor blant annet forurenset grunn tinglyses [19]

Tabell 2.3: Metoder for å undersøke grunnen [12]

Metode	Beskrivelse	Brukes for å finne ut
Slagsondering	Et bor blir slått ned i grunnen. Maskinen som brukes registrerer motstanden i massene som boret går gjennom	Hvilke masser som befinner seg ved ulike høydekoter
Dreieboring	Et bor blir dreid ned i bakken. Det registreres hvor mange omdreininger som skal til for å få boret ned for hver meter	Hvilke masser som befinner seg ved ulike høydekoter
Vingeboring	Vingeboret føres ned til høydekoten som det ønskes å ta prøve av. Vinger, som er inne i røret, og slås ut når ønsket kote er nådd. Deretter settes det på en roterende kraft og motstanden i bakken kan måles	Brukes på å gi et tall for hvor stor skjærsfastheten er for gitte høydekoter. Resultatene fra denne undersøkelsen er med på å bestemme hvor mye grunnen kan belastes før det er fare for brudd
Skovlboring	Et sylindreformet bor skrues ned for å hente opp løsmasser. <i>Skovlen</i> er ca 30 cm. lang, så massen må hentes opp i flere omganger. Prøvene legges så i den rekkefølgen som de ble hentet opp i.	Brukes for å få en visualisering av hvilke masselag som er i grunnen, som Gradering (se neste avsnitt), kornstørrelse, kornform osv.
Sylinderprøveuttaking	Et rør presses ned i løsmassene. En lukkemekanisme sørger for at massen kan tas opp som en kontinuerlig prøve.	Brukes til det samme som skovlboring, men fordelene her er at man har en kontinuerlig prøve som gir mer nøyaktighet. Denne er dog mer omfattende og tar lenge tid.

Avhengig av hvilke resultater prøvene gir, kan man avgjøre fundamenterings- og utgravingsmetode, samt velge metode for å eventuelt håndtere forurenset grunn. Metode for å håndtere forurenset grunn vil avhenge av eksponeringsveien, konsentrasjonen og hva grunnen er forurenset med.

Korngradering

Ved skovlboring og sylindertestuttaking vil man kunne finne ut hvilken korngradering massen har. Med korngradering menes fordelingen av små og store korn i massen. Graderingstall defineres som [9]:

$$C_u = d_{60}/d_{10}$$

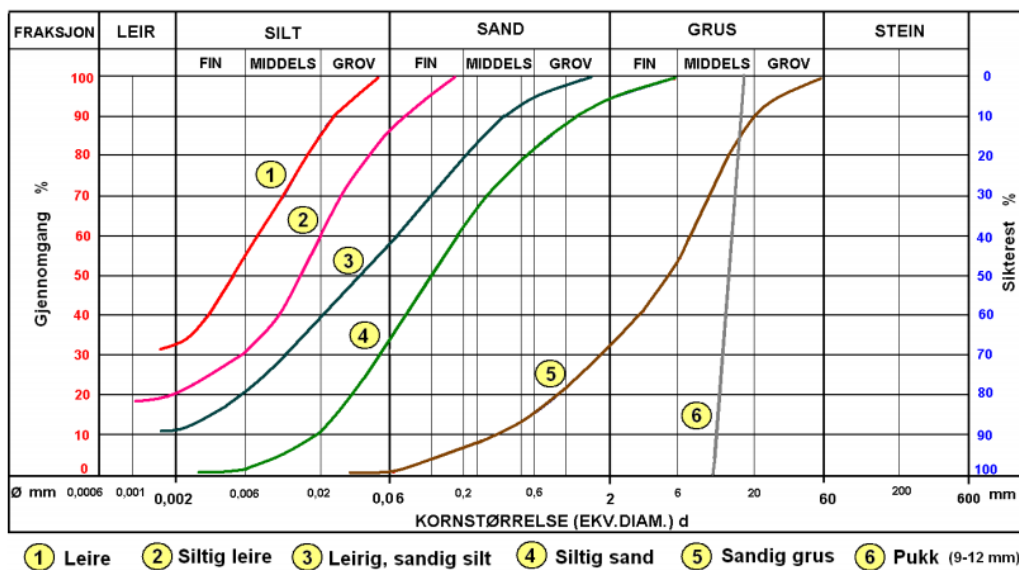
Der:

1. C_u er korngraderingstallet
2. d_{60} er korndiameter for 60 % gjennomgang i en kornfordelingskurve
3. d_{30} er korndiameter for 10 % gjennomgang i en kornfordelingskurve

Dette tallet betegner altså forholdet mellom kornstørrelsen ved 60 og 10 % i en kornfordelingskurve. En kornfordelingskurve med tilhørende betegnelser er vist i figur 2.3

$C_u > 15$ betegner et velgradert materiale.

$C_u < 5$ betegner et ensgradert materiale.



Figur 2.3: Kornfordelingskurve med tilhørende betegnelser [21]

Et velgradert materiale vil bestå av flere ulike kornstørrelser slik at hulrom mellom de store kornstørrelsene blir fylt igjen av mindre korn. Hvilken gradering man ønsker avhenger av hva massen skal brukes til. Om det ønskes at massen skal drenere vekk vann, tilstrebes det en masse med lav gradering og relativt store korn, slik at vannet kan unnslippe.

Korngraderingen vil også kunne indikere massens bæreevne, stabilitet og telefare. I tillegg vil den kunne si noe om hvilken utgravingsmetode som er fornuftig i forhold til tomten og hvilke sikringstiltak som vil være nødvendige.

Massers bæreevne og stabilitet

I forhold til hvordan et bygg skal fundamenteres⁴, bør massens bæreevne vurderes. Dette vil fremkomme av prosjekteringen, men som en generell regel kan man si at [12][10]:

- En økt kornstørrelse gir en økt bæreevne
- En godt komprimert masse har en god bæreevne

Tabell 2.4 viser hvilken bæreevne som vanligvis kan oppnås for ulike masser .

Tabell 2.4: Bæreevne for ulike massesammensetninger [10]

Massetyper	Maksimal last [kN/m^2]
Sand og grus, fast lagret	250-300
Sand og grus, middels fast lagret	150-200
Fin sand-grov silt	100-150
Løs sand og silt	50-150
Leire, fast	150-200
Leire, middels fast	70-150
Leire, bløt	30

Denne tabellen forutsetter en høyeste grunnvannstand som er minst 1 m lavere enn fundamentnivå. Som man ser er det en betydelig forskjell på leiren i bløt og hard tilstand. Slike overslag på de stedlige massene kan være av betydning for hvordan en velger å grave ut tomten.

⁴Fundamentering er hvordan lasten fra bygningen skal foreles ned i grunnen

Forurensset grunn

Økende behov for byggetomter og utvikling av urbane strøk, fører ofte til aktualisering av utbygging på områder hvor det tidligere har vært industri. Med dette øker da faren for at grunnen er forurensset. En forutsetning for å kunne få bygge på slike tomter er at eventuelle forurensninger kan identifiseres, slik at man kan vurdere risikoen ved å grave ut tomten i tillegg til å behandle forurensningene på en forsvarlig måte. Det er en rekke lover som kan føre til midlertidig byggestans eller påkrevde tiltak for å fjerne eller begrense eventuell forurensning. Statens forurensningstilsyn har utarbeidet ulike grensekonsentrasjoner for ulike forurensningstyper som er tillatt i byggegrunnen. Noen forurensningstyper som man kan støte på ved grunnarbeider er gitt i tabellen under, med tilhørende grenseverdier:

Tabell 2.5: Terskelverdier for forurensningstyper [22]

Forurensning	Normverdi (mg/kg)
Nedgravde oljetanker	-
PAH- Polyaromatiske hydrokarboner	2
PCB- Polyklorerte bifenyler	0,01
Bly	60
Kvikksølv	1

Det er også en rekke andre forskrifter som gir føringer og kan føre til stans i arbeidet [20]:

Plan- og bygningsloven (plb) bestemmer at grunn bare kan deles eller bebygges dersom det er gjort tilstrekkelige tiltak mot farer eller vesentlige ulemper, som følge av natur- eller miljøforhold. Loven gir den aktuelle kommunen mandat til å legge forbud mot bebyggelse eller stille særskilte krav til byggegrunn, bebyggelse eller utearealer.

Teknisk forskrift til plb gir bestemmelser for plassering og uforming til byggverk, og krever at det skal tas hensyn til kjent grunnforurensning i området eller eventuelle oppdagelser av forurensset grunn. Den gir også bestemmelser med tanke på graving i deponert avfall eller forurensede masser. Det skal graves slik at forurensningene ikke spres.

Forurensningsloven forbyr igangsetting av tiltak som kan medføre fare for forurensning. Der det er fare for forurensning skal tiltakshaver sørge for at faren ikke inntre. Hvis det først skulle skje forurensninger, skal tiltakshaver sørge for tiltak som stanser, fjerner eller begrenser virkningen av den.

Helsegivningsloven setter primære krav til håndtering av forurenset grunn. Det skal med bakgrunn i denne loven redegjøres for valg av beliggenhet for ny virksomhet som tar hensyn til risikofaktorer i miljøet.

Forskrift om drikkevann og vannforsyning gjelder ved oppgraving og håndtering av grunnen som kan true drikkevannskilder. Loven gjelder også for badeplasser. Det skal ikke forekomme gravearbeider som kan føre til mudring av forurensede sedimenter.

Forurensningsloven (naboer) Ved støyende arbeider som for eksempel nedsetting av spunt, pelearbeider eller sprengning, kan prosjektet rammes av forurensningsloven [22]. Loven omhandler blant annet støy og rystelser, og grenseverdier for hvor store disse kan være. Ved sprengning er det vanlig med prøvesprengninger som vil gi fjellkonstanter for fjellgrunnen. Denne kan videre brukes til å bestemme salvedybde. Naboforhold gir veldig ofte problemer, spesielt ved grunnarbeider [23].

Om man skal gjøre tiltak mot forurensning kan aktuelle metoder være [20]:

1. Fjerne kilden til forurensning
2. Avskjære spredningsveier
3. Hindre eksponering ved kjemisk eller biologisk rensing

Man fjerner kilden ved å grave opp massene, for så å kjøre dem på deponi. Dette kan bli meget kostbart da transporten kan bli lang, og prisen pr. kilo for deponeringen kan være høy [18].

Isolering av forurensningen har som hensikt å hindre at den kommer i kontakt med miljøet eller mennesker. Et eksempel på dette er sikring mot radon, som er nærmere beskrevet i 2.4. Det kan også spntes ned rundt forurensningen om den utgjør en fare for drikkevann. På en slik måte dannes en boks rundt forurensningen. Slike isoleringstiltak kan dog medføre heftelse på eiendommen i grunnboken [20].

Når man hindrer eksponering ved bruk av kjemisk eller biologisk rensing, kan det gjøres på to måter [20]:

1. *Insitu-metoder* (på-stedet-metoder) kan brukes for å fjerne eller redusere forurensning uten oppgraving. Man prøver med en slik behandling å franskynde den naturlige nedbrytningsprosessen. Slike prosesser er relativt kostnadseffektive og vil kunne redusere faren for spredning av forurensninger. Metodene tar derimot lang tid og vil binde opp tomten mot annen drift over en viss tidsperiode.
2. *Exsitu-metoder* er når man graver opp massene og behandler dem kjemisk eller biologisk.

Tabell 2.6 beskriver ulike insitu/exitu-metoder.

Tabell 2.6: Insitu/exsitu-metoder for rensing av forurensninger [20]

	Metode	Beskrivelse
Insitu	Jordvasking	Utvasking av forurensninger i grunnen, samt oppsamling av det forurensete vannet
	Jordgassekstraksjon	Ekstraksjon av forurenset gass i grunnen, samt rensing av denne gassen
	Biologisk rensing	Tilførsel av oksygen eller næringssalter
	Elektrokinetisk rensing	Fjerning av forurensninger ved hjelp av elektroder i grunnen
	Hindre spredning	Ved for eksempel å spunte (se avsnitt 2.7.1) rundt forurensningen kan man hindre at den spres
	Exsitu	Termisk behandling
Fysisk/kjemisk behandling		Jordvasking- Forurensningen vaskes ut og blir i væskeform.
Biologiske rensing		Forurensning brytes ned av mikroorganismer

Exitu-metoder gjøres helst ved at man kjører massene på deponi⁵. Det er da vanlig, om mulig, sorterer massene, når man graver dem opp. Kommunen kan derimot sette begrensninger for hvilke konsentrasjoner man kan transportere massene ved, og man kan måtte behandle dem på stedet. Hvilke(n) av metodene som blir brukt vil avhenge av økonomiske og framdriftsmessige vurderinger. Massesammensetning, avstand til deponi og type forurensning vil ha stor innvirkning på dette. I tillegg må det naturligvis avgjøres hva som er fysisk mulig å utføre av metoder.

⁵Åpen plass hvor avfall kan deponeres

Kulturminner

Etter kulturminneloven kan kulturhistoriske eller arkitektoniske verdifulle kulturminner og kulturmiljøer fra oldtid og middelalder (inntil år 1537) fredes. Over 90 prosent av alle arkeologiske utgravinger initieres av utbyggingsprosjekter [24]. Kulturminneloven fastslår ved slike tilfeller at:

”Særskilt gransking av automatisk fredete kulturminner eller særskilte tiltak for å verne dem, skal utføres av tiltakshaver” [24]

Det er ikke lovlig å sette i gang/fortsette gravearbeider ved funn av kulturminner, som for eksempel vikinggraver eller lignende. Ved funn av slike minner kan gravearbeidet utsettes i flere uker inntil myndighetene har bestemt om arbeidet kan fortsette, og eventuelle vilkår for dette [25]. Tiltakshaver plikter seg altså til å betale for arkeologiske undersøkelser som skyldes utbyggingstiltak.

Radon

Bergarter som granitt alunskifer kan skille ut radongass. Om løsmassesjikt er så tette at slik gass holdes over lengre tid kan dette utgjøre problemer for det ferdige bygget. Ved arbeider i grunnen kan slike sjikt punkteres, og radongassen lekker dermed ut. Denne lekkasjen kan fortsette over lengre tid, slik at radongass kan strømme inn i utettheter i den ferdige konstruksjonen. Radon er av statens stråleverktilsyn tilknyttet ca. 300 lungekreftdødsfall hvert år [26]. Norge, Sverige og Finland er blant de landene i verden med høyest radonkonsentrasjon i bygninger. TEK10 angir krav som innebærer at de fleste nybygg skal prosjekteres med radonforebyggende tiltak, som radonbrønn⁶ og radonmembran for å hindre spredning av radon i bygget [10]. Figur 2.4 viser et fundament med radonsperre.



Figur 2.4: Fundament med radonsperre [26]

Tele

Telehiv er det fenomenet når grunnen trekker opp vann som fryser og dermed fører til at grunnmassene hever seg. Slike fenomener oppstår i grunnmasser med kapillærer/porer som danner kanaler. Kanalene kan, med riktige dimensjoner, suge vann oppover i masselagene. Når det kommer frost i massene, fryser disse kanalene. Når vannet fryser, skapes et undertrykk slik at mer vann blir sugd opp, og prosessen gjentas. Det bygges på denne måten opp *islinsler*, som er flate skiver av is. Når tykkelsen på disse lagene øker, fører dette til at grunnen hever seg og man

⁶Enhet som plasseres i løsmasser under bygning og kobles til friluft med kanal og vifte [26]

risikerer påfølgende skader på konstruksjoner, veier eller lignende. Følgene av dette er størst i jordarter med et optimalt forhold mellom kapillær oppsuging og fukttransport. Dette er også relevant for graveskrånninger der tele i jorden som tiner kan føre til ustabilitet, se avsnitt ??.

Telefaren er størst der vannet kan bevege seg fritt opp i massene. Blir porevolumet for stort, vil ikke vannet suges opp gjennom kappillærkrefter. Blir porevolumet for lite, vil det fungere som "tetting" og vannet vil i liten grad bli sugd opp. Silt har en kornfraksjon som gjør at vannet blir sugd opp med liten motstand, og det er derfor silt er regnet som den mest telefarlige kornstørrelsen. Når isen smelter senker grunnen seg igjen. Grunnen vil nå inneholde relativt mye vann som igjen kan gi problemer med vannskader i bygninger [12].

Faren for telehiv avhenger av klimaet. Det vil si hvor kaldt det blir i luften og hvor lenge det er kaldt. Frostfri dybde er det dybdenivået hvor vannet i grunnen normalt ikke fryser for et bestemt sted. Jo kaldere klima, jo lengre trenger frosten ned i bakken, og jo større sjanse er det for telehiv. Om man skal bygge på telefarlige masser bør fundamentene føres ned og fobri frostfri dybde [12]. I Norge ligger denne dybden mellom 0,8-3 meter. Inneholder massene grus, stein og sand regnes den ikke som telefarlig [10].

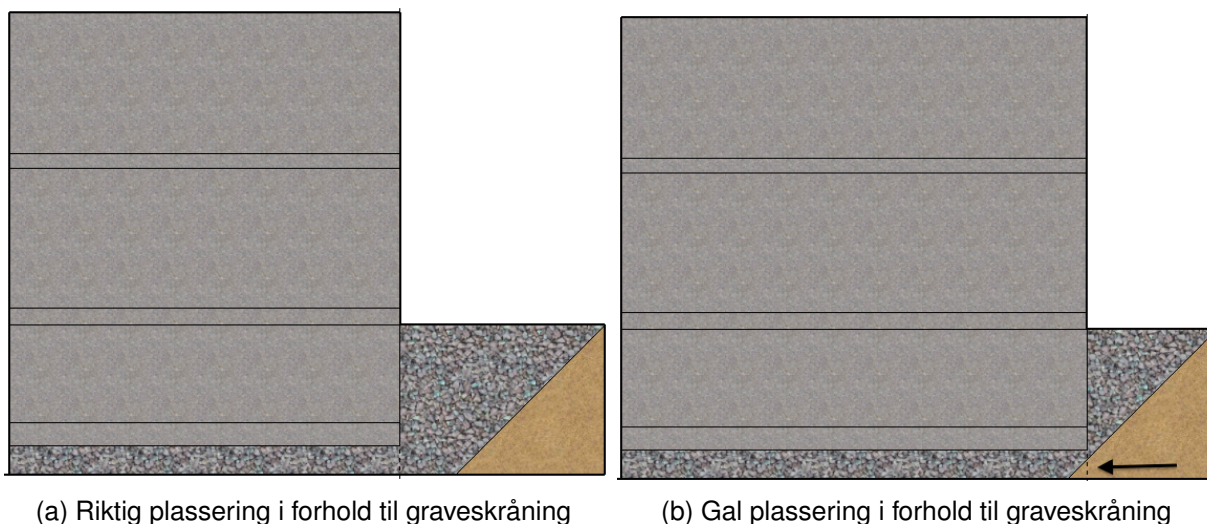
Setninger

Setningsskader på bygninger kan komme som følge av bevegelser i massene under en konstruksjon. Setninger kan blant annet oppstå om:

- Løsmasser utsettes for større belastninger enn den tidligere har hatt
- Grunnvannet senker seg
- Det er telehiv i massene
- Massene er dårlig komprimert

Det er først og fremst setningsforskjeller mellom ulike deler av et fundament som gir skader på bygningen, såkalte *differansesetninger* [10]. Differansesetninger kan oppstå om en konstruksjon er bygget delvis på fast fjell og delvis på masser.

Ved utgraving og gjenfylling av byggegrop bør man være oppmerksom på dette. Man skal grave ut tilstrekkelig slik at den ferdige konstruksjonen ikke står delvis i skråningen. Hvis den står slik, vil massene i graveskråningen kunne sette seg ulikt massene som er brukt til utskiftning. Dette er illustrert i figur 2.5.



Figur 2.5

Figur 2.5 tar utgangspunkt i en byggegrop som er masseutskiftet. Figuren viser hvordan en konstruksjon bør plasseres og hvordan den ikke bør plasseres i forhold til en graveskråning, spesielt med tanke på setningsforskjeller. Konstruksjonen som er riktig plassert (figur 2.5a) står med avstand til graveskråningen slik at alle setninger som eventuelt forekommer blir lik over hele byggets lengdeakse. I tillegg er det plass til arbeider i sikker avstand til graveskråningen. Slike

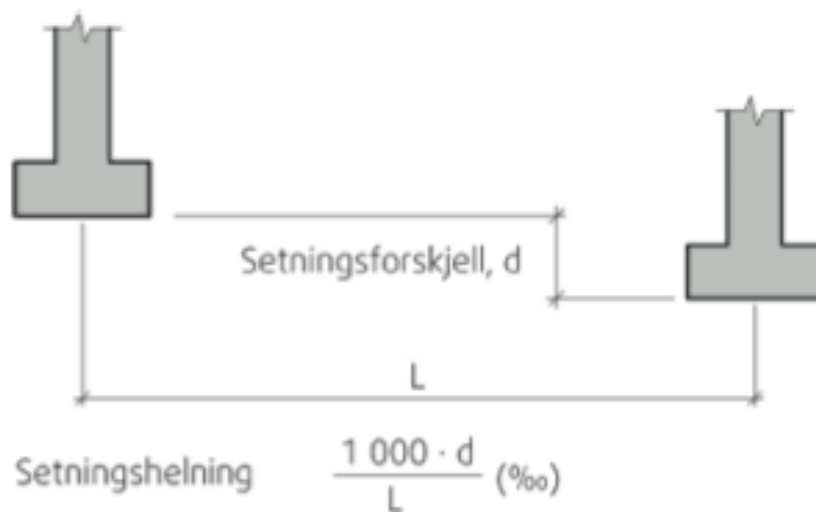
arbeider beskrives nærmere i 2.7. Konstruksjonen i figur 2.5b er plassert delvis på utskiftet masse, og delvis i graveskråningen. Differansesetninger vil kunne føre til skader på konstruksjonen.

Som en pekepinn kan man si at et fundament kan tåle en setningsforskjell på ca. 2-3 promille, selv om alle setningsdifferanser i utgangspunktet bør unngås. Figur 2.7 viser omtrentlige verdier for setningsforskjeller og hvordan de normalt påvirker et byggs fundament .

Tabell 2.7: Setningsforskjeller og skader [10]

Setningshelning i promille	Skade
<2	Ingen synlige skader på vanlige bygg
2-3	Synlige, men stort sett ufarlige skader
3-7	Konstruktive skader
>7	Ødeleggende skader

Setningsforskjellene kan beregnes som vist i figur 2.6



Figur 2.6: Beregning av setningsforskjeller [10]

2.5 Maskiner

Gravemaskin

En gravemaskin, se figur 2.7, kan brukes til utgraving, opplasting og planering av løsmasser.



Figur 2.7: Gravemaskin [27]

Som figuren viser består en gravemaskin av:

- Overvogn
- Bom
- Stikke
- Skuff
- Understell

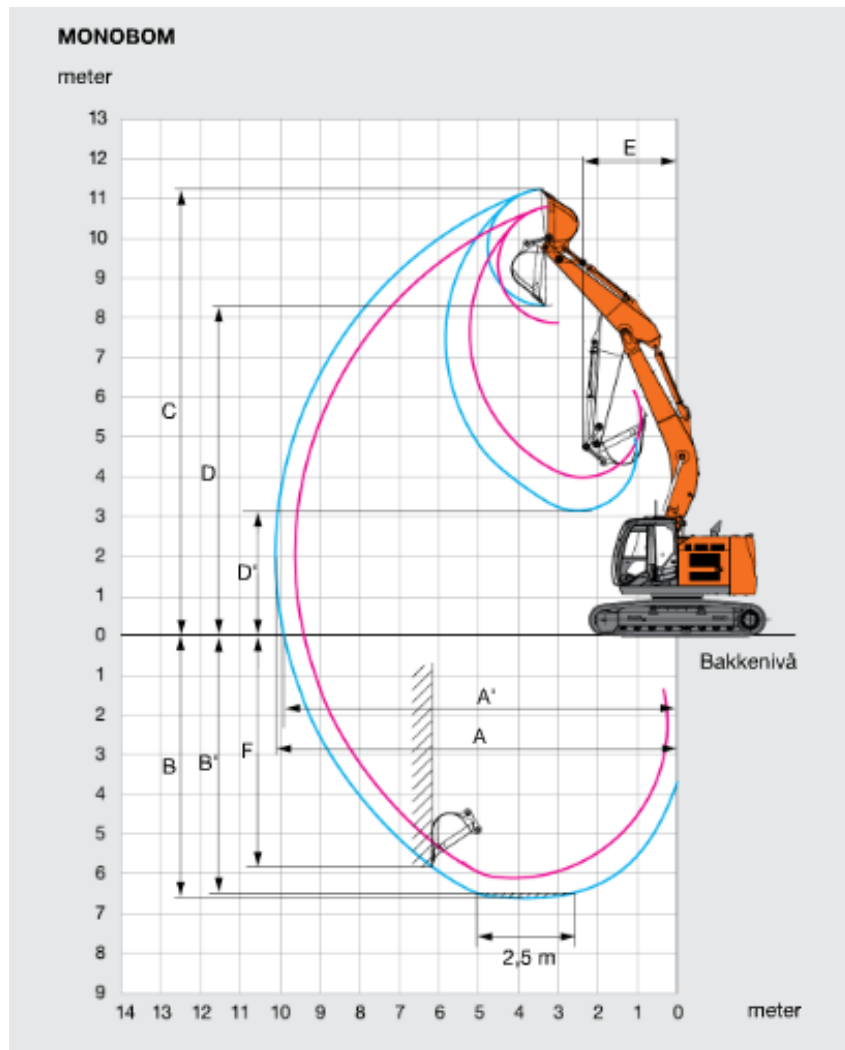
Bommen og stikken bestemmer gravemaskinens rekkevidde. Understellet kan ofte byttes ut for å tilpasse forholdene. Det kan for eksempel byttes til bredere belter om grunnforholdene er svake, for eksempel ved arbeid med leire eller myr [27].

Graveskuffen (på bildet) kan byttes ut med annet utstyr:

- Pigghammer for løsriving av fjell eller gamle betongdekker
- Klypeskuffe for sanering av bygninger
- Pusseskuffe for avretting av masser

Maskinene kommer både som beltegraver og som hjulgraver. Valget avhenger av hvor og hvor langt maskinen skal flytte seg underveis. En hjulgraver er raskere med en fart på opp mot 25 km/h [28], mens en beltegraver kan bevege seg med en fart på rundt 4 km/h [29]. Beltegraveren har derimot fordelen med å kunne kjøre på dårligere og mer ustabile masser, samt en større helning enn hjulgraveren. Beltegraveren kan ofte kjøre i helninger opp mot 35 grader [29]. Gravemaskinens kapasitet kan beregnes ved å lese av figur 2.13 og 2.14 på side 42.

Informasjon om den enkelte gravemaskinen er tilgjengelig på leverandørens nettsider. Man kan enkelt finne spesifikasjoner som svingeradius, hastighet og rekkevidde. Figur 2.8 viser et eksempel på hvordan man kan finne rekkevidder for en gitt maskin. Rekkevidden kan avgjøre hvor store lag man kan grave ut.



Figur 2.8: Eksempel på en gravemaskins rekkevidder [30]

Lastebiler

Til transport av masser brukes som oftest lastebiler. På Norske riksveier er maksimalt tillatt akseltrykk⁷ ti tonn pr. aksling. Lastebiler er bygget opp ulikt, med tanke på disse akslingene. Man kan for eksempel ha en lastebil med boggi, som er en dobbel aksling der man normalt har én. Dette vil fordele lastebilens vekt og dermed øke lasten som lastebilen lovlig kan kjøre med, dog ikke med ti ekstra tonn. Ved å benytte tvillingmonterte hjul, kan man også minske trykket på veien. Figur 2.9 viser en lastebil med boggi.

⁷Akseltrykk benevner lasten på hver aksel for et kjøretøy. En normal bil har for eksempel to akslinger, en for hjulene fremme, og en for hjulene bak.



Figur 2.9: Lastebil med boggi (bak) [31]

Alt ettersom hvilke akselkombinasjoner lastebilen har, kan lasteplanet skiftes ut i henhold til hvilke masser som skal transporteres. Det vil si at for en type masser med en gitt densitet, kan lasteplanet tilpasses til akselkombinasjonen slik at man får utnyttet maksimal last. Figur 2.10 viser ulike kombinasjoner for oppbygging av lastebiler, med tilhørende navn (forkortelse). Figur 2.11 gir maksimal lasteevne for disse oppbyggingene [32].

Kjøretøy	Forkorting
Lastebil med trekk på en av tre aksler	6x2
Lastebil med trekk på to av tre aksler	6x4
Lastebil med trekk på tre av tre aksler	6x6
Lastebil med trekk på to og styring på to av fire aksler	8x4/4
Trekkvogn med semi (forskyvbar boggi på semihengeren). Trekkvogn har trekk på to av tre aksler. Semi har to aksler.	semi
Trekkvogn med semi (ikke forskyvbar boggi på semihengeren). Trekkvogn har trekk på to av tre aksler. Semi har to aksler.	semi us
Lastebil med trekk på to aksler med henger. Trekkvogn har trekk på to av tre aksler. Tilhenger har tre aksler.	henger

Figur 2.10: Ulike lastebilkombinasjoner [32]

Lastebil	6x2	6x4	6x6	8x4/4	Henger	Semi us	Semi
Drivaksler	1	2	3	2	2	2	2
Tomvekt, kg	11000	11500	12000	14500	22500	20000	20000
Tillatt totalvekt, kg	25500	26000	27000	31000	50000	44000	47000
Lasteevne, kg	14500	14500	15000	16500	27500	24000	27000
Økonomisk levetid, eh	6579	6721	6889	7151	7385	7142	7171
Faste kubikk- *) meter pr. lass	5,5	5,5	5,7	6,2	5,5 + 4,9	9,1	10,2
Løse kubikk- *) meter pr. lass	9,0	9,0	9,3	10,3	9,0 + 8,1	14,9	16,8

Figur 2.11: Maksimal lasteevne [32]

Det antas her en masse med egenvekt $2,65 \text{ tonn}/\text{m}^3$ (se side 39) og volumutvidelsesfaktor på 1,65. Denne tabellen er også for en maksimal vekt på 50 tonn.

Borevogner

For boring i fjell brukes borevogner. Disse er utstyrt med en borhammer som kombinerer slag og rotasjon som en slagdrill. De kan som oftest bore hull på 25-127 mm [27]. Om det skal graves ut i kombinasjon med sprengningsarbeider, er det ofte disse borevognene som setter tempoet for fremdriften [33]. Figur 2.12 viser en borevogn. Normalt kan store borevogner bore tilsvarende



Figur 2.12: Borevogn

2500m³ pr. dag. Til dette trengs gjerne tre gravemaskiner, hver på 60-tonn [33].

Bestemmelse av fremdrift

Som nevnt i innledningen til dette avsnittet beregnes fremdrift for grunnarbeidene i forhold til en bestemt sluttdato. Ved å se på de antatte grunnforholdene gitt av byggherren kan de ulike maskinene som skal benyttes til utgravingen bestilles inn. Valg av maskiner avhenger av om det er mye grunnfjell, løsmasser eller en kombinasjon av disse. Om tomten består av fjell vil man bestille inn borevogner som borer ned hull for plassering av sprengningssalver. Ofte blir kapasiteten på disse borevognene, samt hvor store salver man har lov til å sprengre avgjørende for prosjektets fremdrift. Man bestiller inn gravere med kapasitet til å laste opp den frigjorte sprengsteinen, og antall lastebiler i henhold gravernes kapasitet. Dette beskrives nærmere i avsnitt 2.10.1.

Maskinvalg

Generelt blir ofte størrelsen på maskinene undervurdert. Det er ofte bedre å ta godt i og bestille inn en større graver enn man trenger. Dette vil selvsagt avhenge av størrelsen på jobben. Med en større maskin kommer også større transportutgifter. Noen overslag på maskiner kan derfor være [11]:

For en tomt hvor det skal graves ut $10.000m^3$ kan man gjerne bruke en 35-tonner, for eksempel en Volvo 290.

For en tomt hvor det skal graves ut $100.000m^3$ kan man bruke en 60-tonner. I tillegg bør man ha en mindre maskin på for eksempel 30 tonn som går etter og tar rensken⁸.

⁸Rensk er utjevning av massene til korrekt høyde, slik at det dannes en jevn flate for videre arbeid

2.6 Beregning av masser for uttak

For at entreprenøren skal prise en jobb må det beregnes hvor mye masser som skal sprenges og graves ut av en tomt. Entreprenøren vil få resultater fra grunnundersøkelsene, en sluttdato for ferdigstillelse og omfanget av utgravingen. Resultatene fra grunnundersøkelsene sier noe om hvor langt det er til fast fjell og hvilke masser som er i grunnen, samt om det er forurenset grunn som fører til ekstrakostnader. En riggteknikker gir bestemmelser for hvilke sikringstiltak som bør gjøres for utgravingen. Dette går for eksempel på om det skal spuntet, eller hvilken helning graveskråningene skal ha [14]. Fra dette må grunnentreprenøren bestemme hvor mange borerigger, gravemaskiner, lastebiler osv. som trengs for å fullføre jobben til den gitte sluttdatoen.

2.6.1 Volum og densitet

Volum og densitet for en masse vil avhenge av typen masse og for hvilken tilstand massen er i. Det skilles derfor mellom følgende tilstander [34]:

Fast tilstand

Før massen graves ut fra sin naturlige tilstand, sier man at den er i *fast* tilstand. Denne er som oftest godt pakket.

Løs tilstand

Når massen er gravd ut fra sin naturlige tilstand og plassert enten på transportmiddelet eller på bakken, defineres massen som *løs*. Denne vil da ha et større volum enn den har i fast tilstand, da det har dannet seg mellomrom i massen grunnet utgravingen.

Anbrakt tilstand

Anbrakt tilstand er når massen er levert på tipp, etter den er komprimert⁹. Volumet er her mindre enn det var i løs tilstand, men er fremdeles større enn i fast tilstand. Tabell 2.8 angir volumendringfaktorene for fast, løs og anbrakt tilstand.

⁹Komprimering er tettpakking av massene, se avsnitt 3.4.7

Volumendriftsfaktor

For å regne ut volum av masser for de ulike tilstandene, kan man multiplisere med en utvidelsesfaktor tilhørende massetypen. Denne gir forholdet mellom for eksempel utførte faste og løse masser.

Tabell 2.8: Volumendriftsfaktor for ulike jordarter [34]

Massetype	Fast	Løs	Anbrakt
Berg	1,0	1,55 - 1,65	1,35 - 1,5
Morene	1,0	1,3 - 1,4	1,0 - 1,1
Grus	1,0	1,1 - 1,2	1,0
Leire	1,0	1,3 - 1,4	1,0 - 1,2

Massetypene i denne tabellen er vanligvis stedlige masser. Om det skal bestilles masser til byggeplassen, for eksempel ved masseutskiftning, bestiller man ofte masser fra et pukkverk. Man bestiller da såkalte *spesialfraksjoner*, med omregningsfaktorer som vist i tabell 2.9. Det bør merkes at omregningsfaktoren her er fra ferdig utlagt og komprimert til løst lagret på lastebil, og ikke fra faste kubikkmeter som i tabell 2.8. Slike fraksjoner er produsert på pukkverket og har ikke fast tilstand.

Tabell 2.9: Omregningsfaktor for volumberegninger fra ferdig utlagt og komprimert til løst levert på lastebil hos produsent [16]

Steinmateriale	Sortering	Anbrakt	Løs
Subbus	0/20	1,0	1,2-1,3
Kult	20/120	1,0	1,15-1,30
Bærelag	0/32 og 0/64	1,0	1,15-1,30
Pukk	22/64	1,0	1,05-1,20
Pukk	8/11 og 11/16	1,0	1,05-1,15

Overmassefaktor

Det vil ofte være en forskjell mellom utført og prosjektert masse. Prosjekterte masser er det som ligger til grunn for utførelsen av arbeider, og utført volum er det som virkelig er utført. Om det utførte volum overstiger det prosjekterte volum vil man få en overmassefaktor. Denne faktoren vil da bli [34]:

Overmassefaktor uttak = utførte faste masser/prosjekterte faste masser.

Overmassefaktor plassering = utførte anbrakte masser/prosjekterte anbrakte masser.

Det vil alltid være en forskjell mellom det volum som er prosjektert, og det volum som faktisk blir utført. Dette på grunn av at grunnen ikke alltid er som angitt av byggherren, grunnet feile antagelser, eller valg som har ført til endret utgraving. Det må derfor ved beskrivelse av volum redegjøres for om det er prosjekterte eller utførte mengder. Overmassefaktoren vil ofte avhenge av overflatearealet. For veiskjæringer kan det ofte bli 10 % mer fjell enn teoretisk beregnet. For en stor byggegrøp, der overflaten er mindre, men volumet større, vil ofte prosjekteringen stemme bedre [35].

Med gode forundersøkelser vil type masse stort sett stemme. Avstand til fast fjell kan derimot variere, spesielt ved morenemasser. Store stein i morenen kan indikere at man har nådd fast fjell, slik at det er lengre til fjell en antatt. Dette kan utgjøre store kostnader, for eksempel for fundamenteringen.

Densitet

Densiteten til ulike masser vil avhenge av kornstrørrelse, mineralsammensetning og hvor kompakt massen er. Dette vil variere for ulike massetyper. Tabell 2.10 angir densiteter for tørr tilstand.

Tabell 2.10: Densitet for masser i tørr tilstand [34]

Fjell	Morene	Sand/grus	Leire
2,5-3,2tonn/m ³	1,8-2,4tonn/m ³	1,7-2,0tonn/m ³	1,5-2,0tonn/m ³

Ved deponering av masser, er det normalt å betale pr. tonn. Lastebilen veies da før og etter avlevering av masser [36].

2.6.2 Kapasiteter

For å beregne tiden man bruker på å grave ut et bestemt antall kubikkmeter med masser, må man ha kjennskap til kapasiteter. Kapasitet betegnes som forholdet mellom produsert masse og medgått tid, og er gitt ved [37]:

$$Kapasitet = \frac{Masse, [V]}{Tid, [h]}$$

Det vil være flere ulike faktorer som innvirker på kapasiteten som blant annet maskinens størrelse, lastbarhet, vegstandard og ikke minst maskinførerens dyktighet. Kapasiteten kan for eksempel sees på som hvor mye masse en gravemaskin kan laste i løpet av en dag eller en time.

I tabell 2.11 defineres de mest aktuelle tidsbegrepene [37].

Tabell 2.11: Tidsbegrep

Begrep	Forklaring
Nettokapasitet	Masse dividert med netto tidsforbruk. Dette vil si tiden som det har foregått arbeid, men ikke tapt tid
Bruttokapasitet	Masse dividert med brutto tidsforbruk. Det vil si den totale tiden inkludert alle deltider i tillegg til netto tidsforbruk
Skiftkapasitet	Bruttokapasitet multiplisert med antall effektive timer per skift. Effektive timer er tid per skift minus tapstider venting, pauser, og andre ting som gjøre at mannskap ikke arbeider
Langtidskapasitet	Kapasitet over lengre tid. Man må regne med at denne er lavere enn normal skiftkapasitet grunnet værforhold, maskinhaveri eller lignende
Lastekapasitet	<ul style="list-style-type: none"> • Netto lastekapasitet er tiden det tar å laste et bestemt volum uten andre tider • Brutto lastekapasitet er tiden det tar å laste et bestemt volum inkludert trimming av røys, planering av sålen og andre operasjoner som er nødvendig for at driften skal gå normalt

2.6.3 Utgraving, lasting og transport

For en gitt gravemaskin kan man finne antall lastebiler man trenger for å ha kontinuerlig drift på byggeplassen. Man tar utgangspunkt i en lastebils syklus, det vil si tiden den bruker på å bli lastet, kjøre til tipp, laste fra seg og kjøre tilbake. Man er da avhengig av å vite verdier for:

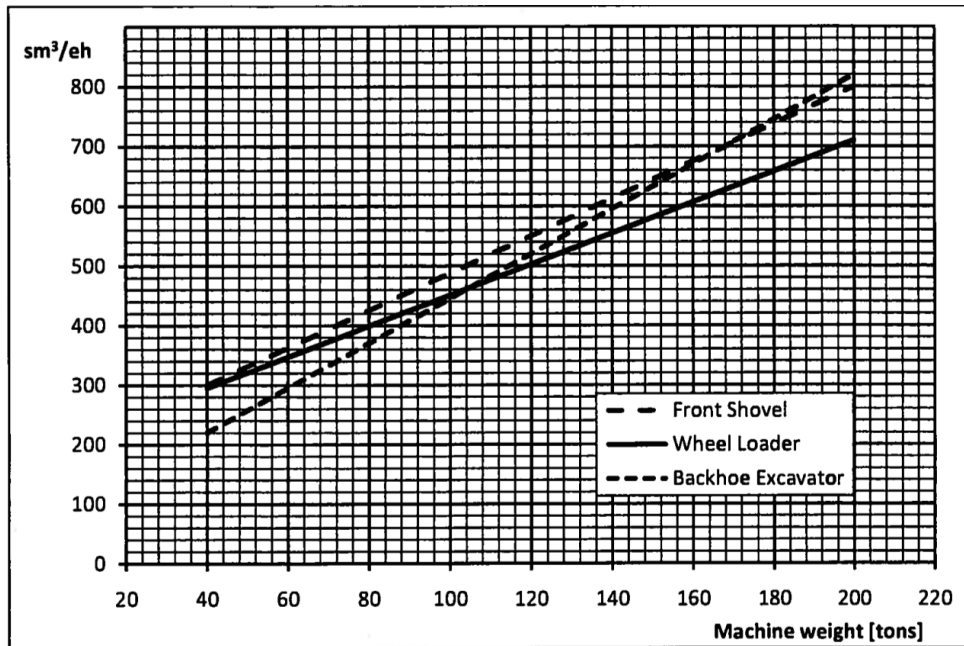
1. Avstand fra byggeplass til tipp, med tilhørende fartsgrenser og andre begrensninger
2. Type masse(r) som skal graves ut, med tilhørende volumendringsfaktor og eventuell densitet
3. Lastebilens kapasitet
4. Brutto og netto kapasitet på aktuell graver

1) Ved å vite avstand fra byggeplass til tipp kan man regne ut hvor lang kjøretiden blir. Man må ta hensyn til trafikk, lyskryss og eventuelt kjøreforhold som gjør at gjennomsnittsfarten blir lavere enn hva som er tillatt på veien.

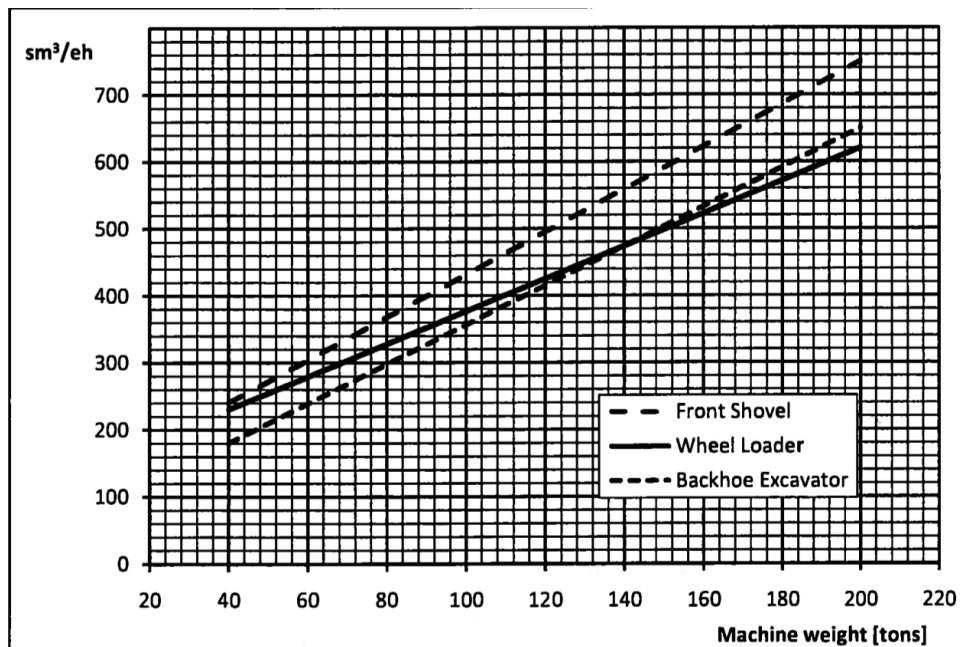
2) Teoretisk volum for uttak av masser kan regnes ut ved å beregne volumet av byggegropen. Hvis man vet massetypen(e) og volumendringsfaktor kan man bruke tall fra tabell 2.8 for å regne om fra faste til løse masser.

3) Lastebilens kapasiteter kan regnes ut ved å bruke figur 2.10 og 2.11.

4) Netto og brutto lastekapasitet for en graver kan finnes ved å lese av diagrammene på figur 2.13 og 2.14. Diagrammene viser faste kubikk pr. effektive time (her ved sm^3/eh) mot maskinvekt i tonn, og er laget for sprengstein og middels lasteforhold.



Figur 2.13: Netto lastekapasitet for gravere



Figur 2.14: Brutto lastekapasitet for gravere

I tillegg til dette vil det også være noen ”faste tider” som må legges til. Faste tider er tiden en lastebil bruker på tipp, på å snu og på å stille seg opp. I tillegg kommer møtetider, om det skulle være aktuelt. Møtetider vil i prinsippet være aktuelt ved større byggetomter eller i steinbrudd, der hvor man har en enfelts vei. Lastebilene må dermed stoppe for hverandre. Dette bør vurderes for hver utgravingstomt. Dette kapittelet tar utgangspunkt i at byggetomtene ikke er i denne størrelsesordenen, slik at det kjøres på normale kjøreveier det meste av tiden. Møtetiden kan derfor minskes etter vurdering av tomten. Verdier for utregning oppsummeres i tabell 2.12

Tabell 2.12: Verdier for utregning

Post	Verdi
Effektiv arbeidstid pr. 7.5 timer	6 timer
Faste tider lastebil	6 minutter 36 sekunder pr. syklus
Møtetid	40 sekunder pr. møte

Med bakgrunn i dette, kan antall lastebiler (n) regnes ut som forholdet mellom syklustiden for transport og syklustiden for lastning. Det defineres følgende variabler:

a: Faste tider

b: Netto lastekapasitet

c: Kjøretid

d: Møtetid

e: Brutto lastetid

n: Antall lastebiler for én graver

Av dette kan antall lastebiler regnes ut som:

$$n = \frac{a + b + c + (d * (n - 2))}{e}$$

Formelen forutsetter tre eller flere lastebiler i syklusen. Møtetiden kan som nevnt over, enten minskes, eller om det antas at det ikke blir noen møtetider, fjernes. Formelen blir i tilfelle slik:

$$n = \frac{a + b + c}{e}$$

Hvis antall lastebiler blir et desimaltall og man er usikker på om man skal runde opp eller ned, bør man runde ned. Grunnen til dette er at transportkostnader er høyere enn lastekostnadene. Det er med andre ord bedre at graver venter på lastebil enn omvendt. Tiden graveren har til rådighet kan gå med til å klargjøre massene for neste lastebil [34].

Erfaringsmessig blir det ikke helt slik som man teoretisk beregner. Morgen- og ettermiddagsrush fører til at bilene bruker lengre og lengre tid etter som trafikken tetter seg. I tillegg har bilene en tendens til å hope seg opp før, på og etter tipp, for så å returnere til samlet til byggeplass. Det vil si at det blir kø foran graveren. Når bilene forlater byggeplassen, er de igjen i beregnet rekkefølge, da graveren bare kan laste én av gangen.

Med bakgrunn i dette, kan det ofte lønne seg, om man har plass og adkomst, å grave ut tomten med to eller flere gravere. Om mer enn én lastebil kommer samtidig, kan sjåføren velge den ledige graveren, eller ihvertfall graveren med minst kø. Hvis man får dette til å fungere på en god måte kan man spare mye penger. Når gravemaskinene er ledig i en større periode byttes det fra tannskuff til pusseskuff, og dras over den delen av tomten den graver på til riktig høyde (rensk) [11, 38].

Risiko ved prising av jobber

Når man priser jobber for grunnarbeider er det ofte enkelte elementer man feilberegner. Fra grunnundersøkelsene mottar man av tiltakshaver en rapport om forventet byggegrunn, og skal deretter prise jobben. Det vil ligge en risiko i hvor mye av volumet som er fast fjell. Fjell er omtrent dobbelt så dyrt å grave ut som løsmasser. I tillegg går det tregere. Løsmasser kan på den andre siden være forurenset, og det er ofte usikkert hvor man kan levere fra seg de forurensete massene. Som nevnt tidligere kan store stein i byggegrunnen indikere fast fjell. Dersom det viser seg å ikke være fast fjell, kan det ha betydning for fundamenteringskostnadene [14].

Man får sjeldent en komplett bunnledningsplan, og må derfor ofte gjette seg til antall grøfter. Dette er meget vanskelig, og som oftest tar man feil her i forhold til omfanget [14]. Man pleier ofte også å sette av for liten tid til grøfter; spesielt om det er grøfter i fjell [33].

Når man skal levere fra seg masser, må man på forhånd gjøre avtaler med en mottakstipp. Det kan i enkelte perioder være fullt på tippene som ligger nært byggeplassen, noe som fører til at man må kjøre lengre [14].

Naboforhold kan utgjøre en risiko, både med tanke på arbeider som fører til støy og rystelser, men også i forhold til logistikk. Er man et sted uten bebyggelse vil man lettere kunne utnytte byggetomten i forhold til adkomst, i tillegg til at man slipper å ta hensyn til forbipasserende (HMS).

Kartgrunnlaget er ikke alltid oppdatert. Det hender at arbeider som har foregått de siste fem

årene ikke er blitt registrert i grunnbøkene, og derfor ikke blir tatt med i prisen. Eksempler på dette er kabler og føringer som ligger over tomten man skal grave ut [35].

Muligheter ved prising av jobber

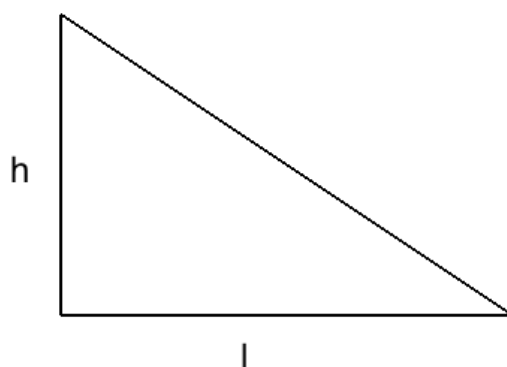
Man har muligheter for å selge eller gi massene videre til andre prosjekter. Dette kan føre til en gevinst om massene er gode. Eventuelt kan massene brukes til å heve tomter eller fylle inn daler. Store aktører har ofte et godt nettverk, og får dette lettere til enn små. Det er derimot sjeldent at man får solgt masser til andre prosjekter [11].

2.7 Graveskråning

Hvis man graver ut en tomt i løsmasser vil det dannes en graveskråning. Man kan velge å sikre denne med metoder som beskrevet i dette avsnittet, eller man kan la den stå uten sikring. Stabiliteten til skråningene vil da avhenge av blant annet de stedlige massene, vannforhold på tomten, og eventuelt belastninger. En brattere helning vil bety en mer ustabil skråning. Riggteknikeren vil derfor informere om de helningene som skråningen skal ha. Helninger som ofte kan brukes er gitt i tabell 2.13

Tabell 2.13: Anbefalte største skråningshelninger [39]

Grunnforhold	Største skråningshelning (h:l)
Stein	1:1,5
Grus	1:2
Sand $C_u \geq 5$	1:2
Finsand/silt	1:3
Leire	1:3



Figur 2.15: Høyde (h) og lengde (l) for beregning av helning på graveskråning

Avhengig av vannmetning og fare for dyptgående utglidninger kan skråningene måtte graves slakere ut.

Jo slakere graveskråningen er, jo større plass krever arbeidet. I tillegg blir utgravingen dyrere fordi man må ta ut et større volum av masser. Spesielt oppmerksom må man være på utgraving ved foten av graveskråningen, da slik utgraving kan føre til en kjedeeffekt oppover i skråningen. Dette kan føre til ras.

Det trengs en avstand mellom foten av graveskråningen og til konstruksjonen som skal føres opp. Ofte er kjellervegger og fundamenter støpt i betong. Disse operasjonene trenger plass, blant annet til å stille opp forskalingselementene. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 3.

Rundt bygget skal det, etter at kjellervegger er ført opp, graves ut grøfter for drensledninger. Dette gjøres med en kompaktgraver med størrelse avhengig av plassen. Ofte bruker man en graver på rundt fem tonn [14]. Bredden på slike gravere er rundt to meter [40].

Krav til bredde er angitt i NS3420 del F, og avhenger av konstruksjonens fundamenteringshøyde. Denne bredden blir derimot vanligvis mindre enn den bredden forskalingssystemet og graveren trenger, slik at man oftest graver ut mer enn NS-kravet. Vanligvis velges det litt over to meter [14]. All graving av masser i graveskråningens fot skal unngås, da graving der vil kunne føre til kjedereaksjoner oppover i graveskråningen og resultere i ras.

Graveskråningens topp må også sikres mot belastning, for eksempel av tunge kjøretøy. Det er derfor vanlig å opprette sperringer mot ferdsel av kjøretøy i avstander på rundt to meter mot skråningens kant [14].

Om graveskråningen står over lengre tid, for eksempel over vinteren, kan det utvikles tele i massene. Ved opptining av telen kan skråningens stabilitet svekkes og det kan forekomme ras. Dette kan forebygges ved å isolere skråningen med isoleringsmatter [41].

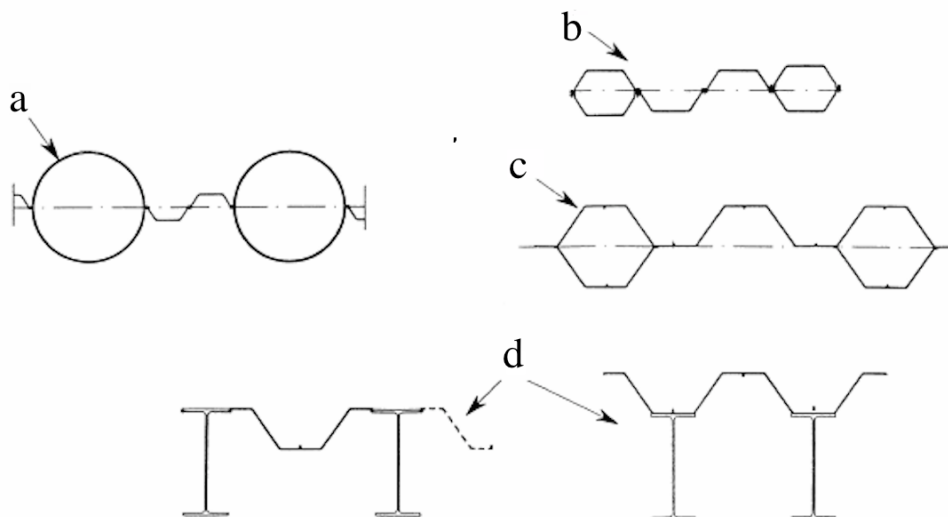
2.7.1 Sikring av graveskråning

Hvis det ikke er plass til graveskråninger, eller de stedlige massene regnes som for ustabile for frittstående graveskråninger, kan man velge å sikre dem.

Stålspunt

Når man spunter dannes en loddrett vegg langt byggegropens sider. Denne metoden for skråningssikring er meget aktuell der hvor man ikke har plass til å opprette en graveskråning, med de helningene som følger med. Den er også aktuell ved arbeider nær sjø, elv eller innsjø, da spuntene kan lages vanntett.

En stålspunt er bygget opp av spuntnåler eller spuntrør og danner som nevnt en vegg i byggegropens sider. Formålet er å holde løsmasser og vann ute fra byggegropen. Spuntnålens stivhet avhenger av spuntnålens godstykkelse. Tykkelsen vil avhenge av de stedlige massene, vannforhold og gravedybde. Spuntnålene kan låses sammen med profiler og rammes¹⁰, enten til fast fjell eller til en gitt løsmassedybde. Hvis det spuntet til fast fjell, kan spuntene låses fast til fjellet med *dybler*, som er en konstruksjonsdel med hensikt i å overføre skjærspenning mellom spuntene og fjellet [42]. Rammingen skjer fra bakkenivå, før utgraving. Etterhvert som spuntene graves ut, monteres puter på tvers av spuntveggen, som igjen sikres med stag eller avstivere. Spuntene kommer i flere varianter. Noen typer er vist på figur 2.16, her sett ovenfra.



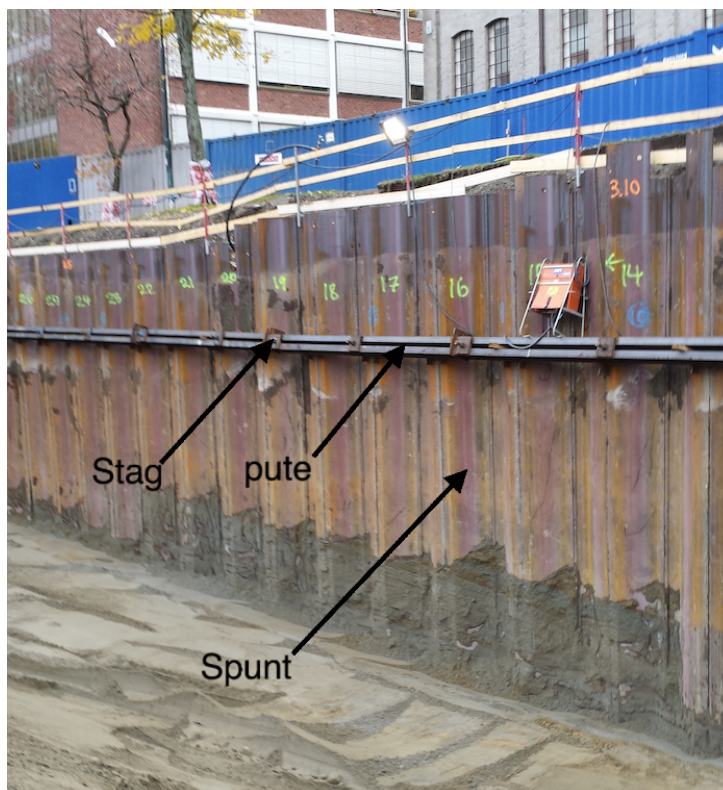
Figur 2.16: Ulike typer spunt, sett i snitt [42]

¹⁰Ramming er når spuntene bankes eller vibreres ned i grunnen med maskin

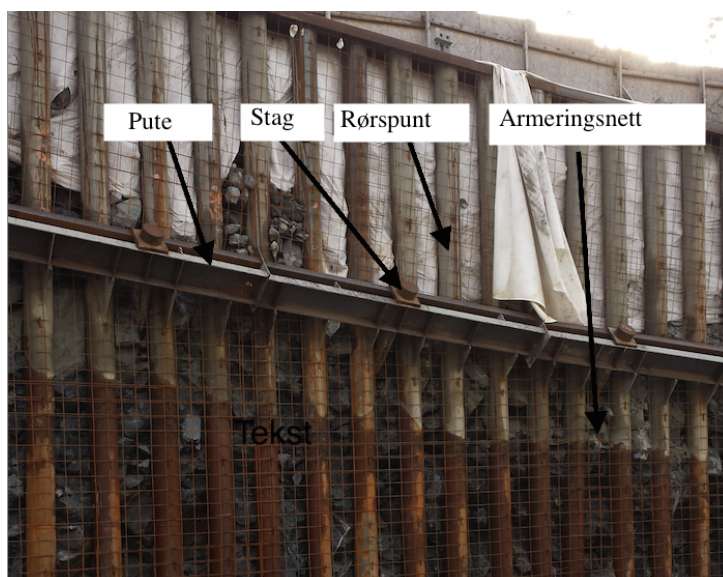
Der:

- a) er rør i tillegg til spuntnåler
- b) er U-formede, sammensatte profiler i tillegg til U-formede spuntnåler
- c) er Z-formede, sammensatte profiler i tillegg til Z-formede spuntnåler
- d) er H-bjelker i tillegg til Z-formede spuntnåler

Figur 2.17 viser en Z-formet spunt og figur 2.18 en rørspunt. Stagene er montert inn i løsmassene på spuntens bakside.

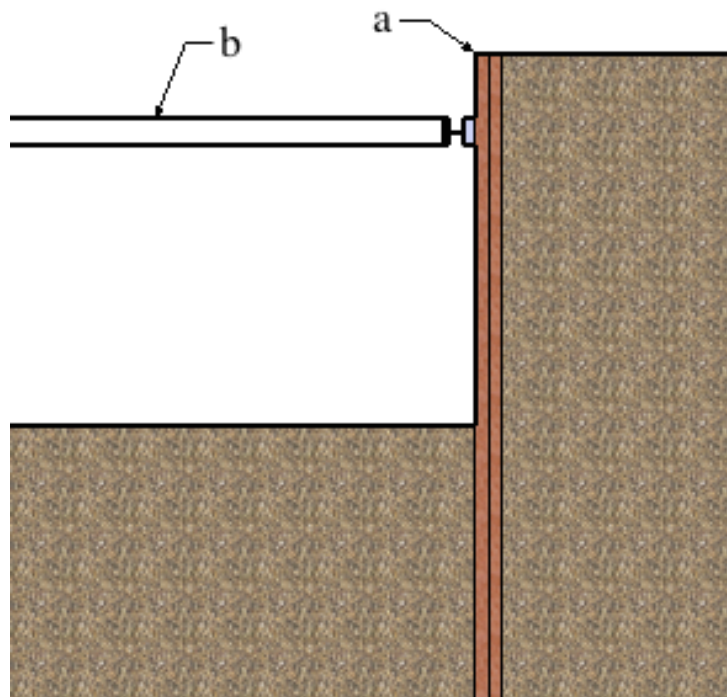


Figur 2.17: Z-formet stålspunt

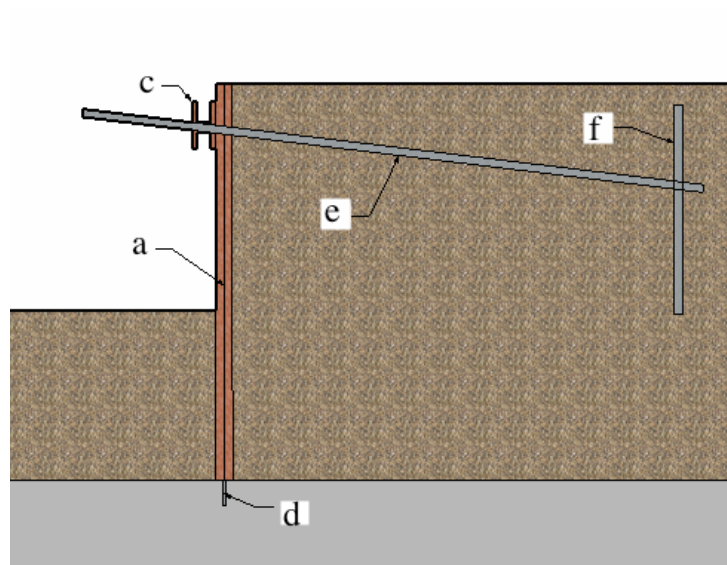


Figur 2.18: Rørspunt

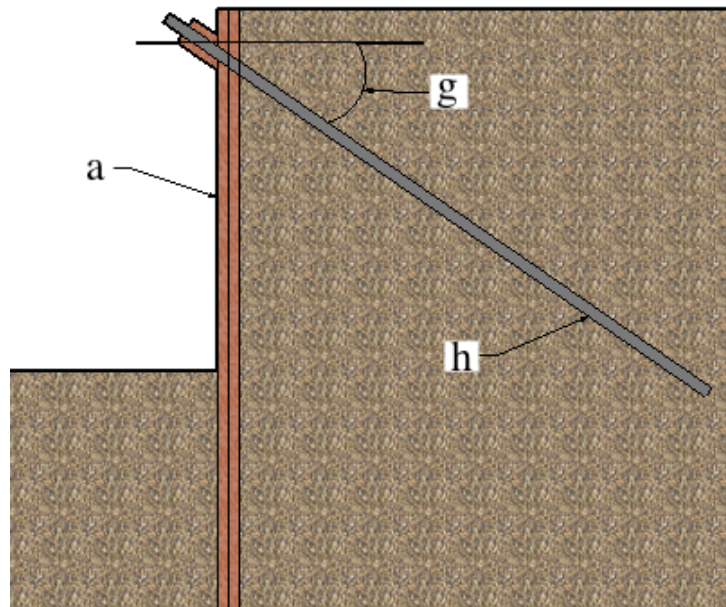
Spuntelementene sikres sammen med en tverrgående pute, som monteres fast og forankres. Figur 2.19, 2.20 og 2.21 viser aktuelle forankringer.



Figur 2.19: Spunt forankret ved tverravstiver [42]



Figur 2.20: Spunt forankret med stag og forankringsplate [42]



Figur 2.21: Spunt med jordforankring eller strekkstag [42]

Tegningsforklaring for figur 2.19, 2.20 og 2.21:

- a) Spuntnål
- b) Tverravstiver
- c) Pute
- d) Dybel
- e) Forankringsstag
- f) Forankringsplate eller forankringsvegg
- g) Variabel vinkel
- h) Jordforankringsstag eller strekkstag

I figur 2.19 er spuntet sikret med en tverravstiver. Dette kan være tilfelle om det skal spuntet på to, parallelle sider. Sidene kan ikke ha større mellomrom enn at man kan støtte den ene siden i den andre. Figur 2.20 viser en spunt som er forankret med stag som igjen er forankret i en forankringsplate. Figur 2.21 viser en spunt som er forankret med stag. Dette staget kan være injisert i løsmasser eller gyst fast i fjell.

Spuntnålene forbindes i hverandre ved at langsgående riller eller låseprofiler hakes sammen [42]. Tverrgående, horisontale puter monteres med gitte avstander. Putene fordeler lastene jevnt over hele spuntveggen, sikrer spuntnålenes posisjon, og er et forankringspunkt for eventuelle forankringsstag. Den geoteknisk prosjekterende velger godstykkelser, forankring og dybden spuntene skal rammes til. Spuntnålene kan rammes ned med et fallodd, eller presses ned med et vibrolodd. Ramming med fallodd gir både støy og rystelser og kan være sjenerende for naboer og andre som befinner seg i nærheten. Ved bruk av vibrolodd slipper man både støy og rystelser, men medfører en økning i pris. Spunting skjer før gravearbeidene begynner, og man rammer ned spuntene slik den skal være fra bakkenivå. Puter og stag monteres etterhvert som man graver seg ned i byggegropen. Spuntringen har behov for et bærelag med en viss fasthet. Dette medfører ofte at man må legge ut kvalitetsmasser i forkant av spuntingen.

Stag

Man kan i hovedsak bruke to typer stag.

- **Lissestag** er stålwire som i hovedsak benyttes når spuntene skal bakforankres i fast fjell eller i plate. Vanligvis forankres spuntene ved at stagene monteres med en vinkel på 45 grader. Stagene monteres ved at foringsrør først bores inn i løsmassene, slik at de danner en "tunnel" for stagene. Om det ligger fast fjell bak spuntene, bores det ned i fjellet på vanlig måte. Stagene føres så ned i det borede hullet og gyses¹¹ fast. Et forankringshode monteres på spuntens utside for å låse sammen spunt og stag. Det skilles mellom midlertidige stag og permanente stag ved at de permanente stagene har spesifiserte krav til korrosjonsbeskyttelse. Normalt regnes stag med en funksjonstid på over to år som permanent. Stagene har som oftest krav til forankringslengde, avhengig av lastdimensjonene og bergkvaliteten, samt et krav til fri lengde. Fri lengde er den lengden som stagene ikke er gyst fast. Dette kommer av at låsehodene normalt har et lite låsetap ved oppstramming. Dette tapet har ofte størrelsesorden 5-6 meter. Fri lengde på stagene er derfor ofte rundt 5 meter [44].

¹¹Liming ved en spesiell blanding av sement, sand, vann og tilsetningsstoffer [43]

- **Stålstag** er stålrør som ofte benyttes om man ikke kan gyse i fast fjell. Ofte benyttes slike stag ved at de bores ned i løsmasser og gyses fast med gysemasse, og fungerer omtrent som en injeksjonspeler (se side 61). Figur 2.22 viser slike stålstag [44].



Figur 2.22: Gjengede stålstag til forankring av spunt

Jordnagling

Ved bruk av jordnagling sikrer man graveskråningen i den vinkelen den er gravd ut i. Med denne metoden bruker man jordnagler (løsmassestag), sammen med armeringsnett og sprøytebetong. Løsmassestag bores inn og gyses fast i løsmasser, her også med tilsvarende metode som for injeksjonspeler. Deretter legges armeringsnett som sprøytes med betong. Denne metoden er dog ikke egnet i meget bløt jord, Figur 2.23 viser en graveskråning som sikres med jordnagling.



Figur 2.23: Jordnagling [45]

2.8 Grunnforsterkning

Om grunnundersøkelser indikerer/avdekker dårlige grunnforhold kan man måtte forsterke dem. Aktuelle problemer kan være:

- **Setningsømfintlige masser:** Masser som kan gi setninger ved stor vektpåførsel eller senking av grunnvann [46]
- **Overflatestabilitet:** Dårlig overflatestabilitet kan gi erosjon og/eller dårlig stabilitet i overflaten [?]
- **Stabilitet i undergrunn:** Om fyllmasse består av organiske materialer som kan råtne eller underjordiske elver som kan erodere vekk bærelag i undergrunnen kan man få problemer med stabiliteten [?]

Det er en rekke metoder som kan brukes for å utbedre dette. Den aktuelle metoden velges av den geoteknisk prosjekterende.

2.8.1 Masseutskiftning

Masseutskiftning brukes om grunnen består av setningsømfintlige masser eller ved dårlig overflatestabilitet. Det vil si at det øverste masselaget skiftes ut. Det øverste laget kan erstattes med steinmasser av god kvalitet, for eksempel kult eller puk. Ved masseutskiftning er man avhengig av at undergrunnen er stabil. Man risikerer også heving av nærliggende terreng. Ved store lagtykkelser vil kostnadene stige.

For å skille kvalitetsmassene fra de stedlige massene kan man legge ut en geotekstil mellom masselagene [18]. Massene legges ut i lag på omtrent én halv meter. Massene komprimeres etter hvert lag. Dette er forklart nærmere i avsnitt 3.4.7.

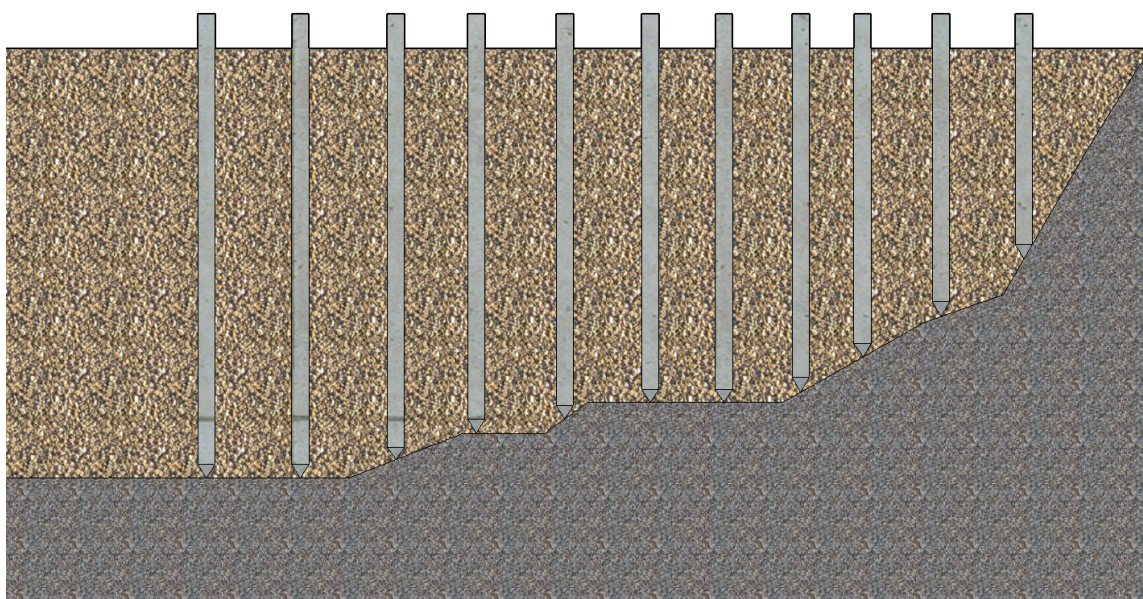
Det kan bli nødvendig å legge ut en geotekstil i bunnen av byggegropen før massene legges ut. Denne geotekstilen hindrer de gode kvalitetsmassene i å blande seg med de stedlige massene [18]. Eventuelt kan det legges ut et separasjonslag med en sortering på 0/60 i et lag på 0,2 meter [47].

Bestilling av kvalitetsmasser gjøres fra et pukverk. Man kjøper da masser pr. tonn. Typiske priser for masser til utskiftning er rundt 170 kroner/tonn (puk). I tillegg kommer normalt en pris for transporten pr. tonn pr. kilometer, eller etter avtale [48].

2.8.2 Peling

Om grunnen er setningsømfintlig eller ved ustabil undergrunn kan peler benyttes for å forsterke den. Peler er lastbærende elementer som enten bores eller rammes ned i grunnen, med formål om å forsterke grunnen som en konstruksjon skal føres opp på. Man skiller ofte mellom to ulike peletyper [49]:

- **Spissbærende peler** er vist på figur 2.24, og overfører laster fra konstruksjonen ned til fast fjell eller hardpakkede masser via pelens spiss. Man regner normalt ikke noe friksjonsbidrag fra pelene til massene ved slike peletyper.
- **Friksjonsbærende peler**, som overfører laster fra konstruksjonen til de underliggende massene ved friksjon mellom pelens overflate og de omkringliggende massene, i kombinasjon med pelens spissmotstand. Pelens spissmotstand varierer stort, avhengig av de stedlige massene. I leire er den nærmest ubetydelig, mens den i sand kan utgjøre en stor del av bæreevnen.



Figur 2.24: Prinsipp for spissbærende peler

Spissbærende peler

Som for spunting er det behov for et bærelag som riggene kan kjøre på. Dette kan for eksempel være én meter med pukk som legges ut der hvor peleriggene skal kjøre og arbeide. En pelerigg kan typisk ta plass, ferdig opprigget, 5 meter i bredden og 13 meter i lengden. I tillegg vil man ofte ha en sikkerhetsavstand hvor det ikke skal foregå andre arbeider. Pelene heises i loddrett tilstand før de rammet. Sikkerhetsavstanden blir derfor pelens lengde pluss en tilleggsavstand på 10 meter. Pelens lengde vil variere med type pel, men kan normalt være rundt 14 meter. Totalt vil man da ha en sikkerhetssone på 24-25 meter [38]. Krav til maksimalt støynivå er satt til 75 dB i tett bebygde strøk. Overgår arbeidet denne grensen, kan det være nødvendig å sende inn søknad om dispensasjon fra lokale myndigheter. Nedramming av peler vil føre til massefortrengning, som igjen kan føre til oppbygging av poretrykk. Ved oppbygging av poretrykk kan man risikere stabilitetsproblemer i områder med ustabile grunnforhold [50].

Man ønsker ved nedramming en homogen grunn uten store stein eller blokker. I tillegg ønsker man økende fasthet med dybden og jevnt og godt berg ved spissbærende peler. Grunnen bør heller ikke være korrosjonsfarlig.

Ved nedramming av peler bør man måle porevannstrykk underveis. Om man rammer ned i vannførende lag med artesisk trykk kan vannet strømme opp langs pelene og vaske ut masser rundt dem. Dette vil igjen kunne føre til redusert bæreevne. Man kan da risikere at grunnen synker mens konstruksjonen blir stående på pelene [49].

Betongpeler

Betongpeler er som oftest spissbærende peler som rammes ned til fast fjell. Pelene er bygget opp av armeringsstål og betong. De kan også benyttes som friksjonspeler i sand, grus og fast leire [44]. Betongpeler egner seg best til moderate laster og bergdybder. Det bør ikke være for grove steinmasser som kan vanskeliggjøre nedtrengingen av pelene, slik som for eksempel morene, som kan inneholde store steiner. Pelene kan ved slike forhold gå i stykker og det må da påregnes ekstra kostnader i forhold til pelevrak. Pelene produseres normalt i lengder på 4-14 meter, og produseres med eller uten pelespiss. For lengder lengre enn 14 meter skjøtes pelene sammen med et låsesystem av bolter etterhvert som de rammes ned. Nedrammingen gjøres med en pelerigg, med normale loddvekter fra 40-60 kN [51].

Prosedyre for betongpeler [38]:

1. Utstikking (se side 66) av tomt for bestemmelse av hvor pelene skal rammes
2. Lodding av pel for å sikre korrekt retning ned i massene
3. Ramming av pel [49]:
 - (a) Det er her viktig å ha tilstrekkelig tungt lodd , god slaghette og god føring
 - (b) Begrens bruk av jomfru¹²
 - (c) Pass på utmatting ved mange slag, spesielt for betongpeler
 - (d) Ved treff av store steiner vil man kunne få store momentlaster.
4. Eventuell skjøting av pel
5. Etterramming for å sikre pelen mot heving
6. Innmåling av pel
7. Godkjennelse av pel
8. Kapping av pel til korrekt høyde.

Figur 2.25 viser nedrammede betongpeler. Pelene i figuren er ikke kappet.



Figur 2.25: Nedrammede betongpeler [44]

¹²Jomfru et et hjelpemiddel for å ramme ned pelen, men som gir en lavere rammeenergi enn man normalt ville oppnådd.

Stålkjernepeler

Stålkjernepeler er massive stålpeler som er støpt inn i nedborede foringsrør i stål. Vanligvis bores foringsrørene ned gjennom løsmasser og til fast fjell. Deretter føres stålpelene ned i røret. Det vil alltid være et mellomrom mellom stålkjernen og foringsrøret. Dette mellomrommet støpes igjen med en gysemasse. Stålkjernepeler kan også ta opp strekklaste med den forutsetning at kjernen bores inn i berg den gyses fast. Stålkjernepeler har større bruddstyrke enn betongpeler og brukes derfor i *harde* løsmasser som er lite egnet for betongpeler [44]. Slike forhold kan for eksempel være blokk eller fyllmasser. Normalt bestilles pelene i lengder på 6-8 meter. De kan sendes til verksted for sammenskjøting til større lengder, eller sveises sammen på byggeplass. De kan også leveres i gjengede skjøter [51].

HP-peler

HP-peler er peler laget av valset profilstål der flens og steg har samme godstykkelse. Disse kan rammes til store dyp og kan ta opp store laster. Når peler rammes ned i grunnen vil de fortrenge masse tilsvarende volum av pelene, som for HP-pelens tilfelle er relativt lite. Om det er stabilitetsproblemer i grunnen, kan HP-pelene med fordel brukes, da de fortrenger relativt lite masse, som igjen vil føre til mindre stabilitetsproblemer ved ramming [44]. I tillegg kan de nyttes ved harde grunnmasser som inneholder store stein. De skjøtes ved sveising, noe som vil ta tid, og dermed være den fremdriftsstyrende begrensningen.

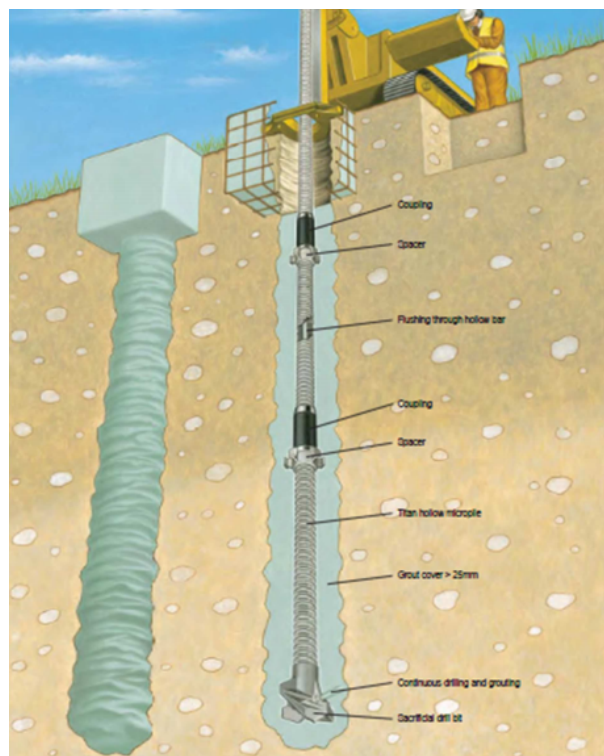
Installasjonshastighet

Installasjonshastigheten varierer stort i forhold til hvilket utstyr man har, og hvilke masser det skal rammes i. For utstyret er det loddvekten som bestemmer fremdriften. For normale masser kan man gjerne bruke et lodd på 5 tonn, men i harde masser bør man gå opp til 9 tonn [38]. Det går betydelig forttere de øverste meterne enn i de nederste om man skal ramme ned peler til dype lag. Hvis man som et eksempel skal ramme ned betongpeler til 35 meters dybde må man regne 30 meter pr. time for harde masser og 40 meter pr. time for bløtere masser. Skjøting av pelene kan settes til 10 minutter. I tillegg bør man sette av litt tid til reparasjoner [38].

Det hender at pelene stikker opp av grunnen med ulik vinkel, slik som på figur 2.25. Normalt skal alle pelene stå vinkelrett opp fra grunnen, men på grunn av kollisjoner med stein i grunnen nær overflaten får ofte pelene en litt annen vinkel i forhold til hvordan den ble slått ned. Denne er "umulig" å rette opp i, og det ender derfor med at pelene blir ulikt slått ned [38]. Lydnivået vil kunne ligge rundt 92-94 dB, som ligger godt over grensen på 75dB. Det må derfor, avhengig av naboforhold, søkes om tillatelse til arbeidene, og det kan bli gitt restriksjoner på når det kan arbeides [50].

Injeksjonspeler

En injeksjonspeler er i utgangspunktet et stålelement som bores ned i løsmasser og er en *friksjonsbærende pel*. Stålet er hult og har derfor mulighet til å transportere injeksjonsmasse fra borhodet mens man borer. Mens man borer blir injeksjonsmassen tilsatt og det dannes en sementbasert pel om stålkjernen. Stålkjernen fungerer som armering, borestreng og som injeksjonskanal. Man oppnår ved denne metoden god friksjon til løsmasser, i tillegg til god korrosjonsbeskyttelse av stålelementet. Figur 2.26 viser prinsippet for en injeksjonspeler.

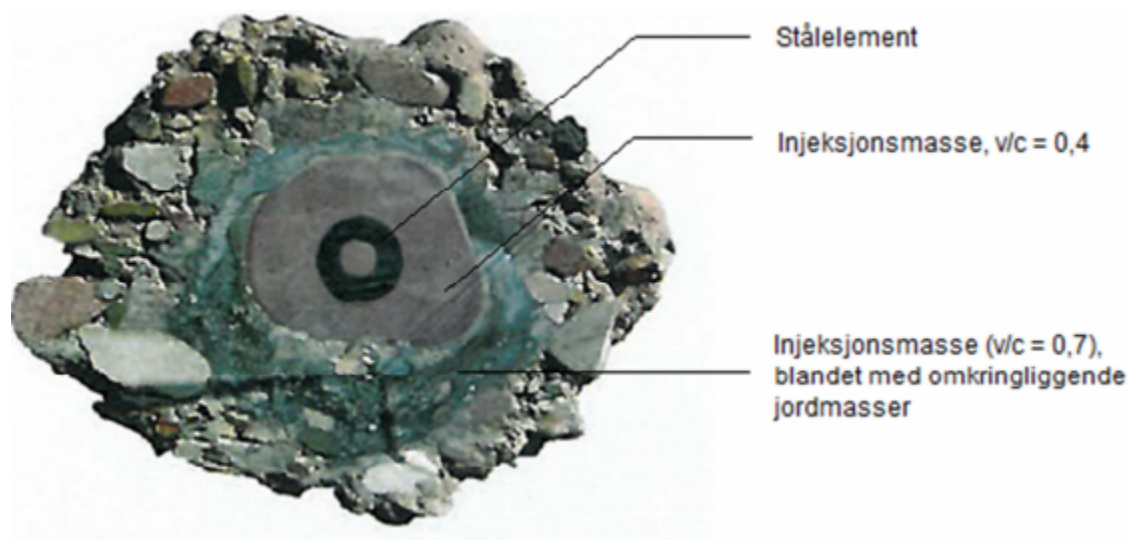


Figur 2.26: Prinsipp for injeksjonspeler [18]

Pelen har god virkemåte i både trykk og strekk [52]. Denne metoden er relativt kostbar, men blir stadig mer vanlig i bruk [18]. Injeksjonspeler gir vesentlig mindre støy og rystelser og kan være å foretrekke fremfor andre peletyper med tanke på naboer og nærmiljø. I tillegg øker den opprinnelige styrken til grunnmassene grunnet betongmassene som blir injisert i dem [53].

Prosedyre:

Først installeres borestreng med borekrone til boreriggen. Deretter blandes betongmasse for injeksjon. Den første dosen har ofte et vann/semest-forhold (v/c-forhold) på 0,70. Mer om v/c-tall i kapittel 3. Når borestrengen bores ned i massene, injiseres samtidig betongmassen med $v/c=0,7$ [54]. Rotasjonsbor med slag kan brukes ved veldig harde forhold. Når man har nådd maksimal dybde endrer man v/c-tallet i betongmassen fra 0,7 til 0,4. Dette er en sterkere (og dyrere) betongmasse. Denne massen skal dekke stålet i hele pelens lengde. Figur 2.27 viser et snitt av en slik pel. Typisk installasjonshastighet er mellom 150-250 meter pr. dag med normale grunnforhold og én rigg [53].



Figur 2.27: Snitt av en injeksjonspil [18]

Pelehode

På toppen av pelen støpes et pelehode. Pelehodet er normalt av betong og gjør at peletoppens overflate økes slik at kreftene bedre kan fordeles mot konstruksjonen. Pelehodet kan støpes på én eller flere peler. Et eksempel på et pelehode er vist i figur 2.28.



Figur 2.28: Pelehode

2.8.3 Andre metoder

Forbelastning

Om grunnundersøkelsene indikerer at det er stor fare for setninger i grunnen kan man forbe- laste den. Denne metoden har som hensikt å påskynde setningene i grunnen. Masser legges ut slik at grunnen får en større belastning enn fra den prosjekterte konstruksjonen [55]. Denne metoden er derimot treg og kan ta opp til flere år. Forbelastningen kan fjernes når den bereg- nede primærsetningen er nådd. I myr og torv blir disse setningsberegningene meget usikre og det bør kontrolleres kontinuerlig mot beregnet setning. Setninger i lite permeable jordarter kan påskyndes ved nedsetting av vertikale dren som gjør at porevann lettere kan unnslippe.

Lette fyllinger

Ved normal masseutskiftning har massen ofte en densitet på $2t/m^3$. Om grunnforholdene un- der fyllingen er dårlige og man ønsker å belaste denne mindre, kan lette masser benyttes i deler av fyllingen. Løs leca, ekspandert polystyren og skumglassgramulat er materialer som kan brukes[55].

Grunnvannsenking

Når man graver ut under grunnvannsnivå kan bunnen bli lite bæredyktig og medføre vanske- ligheter med videre gravearbeider [11]. Ved å senke grunnvannsnivået kan man kunne bedre forholdene. Det er fortsatt at massene er så grove at vannet blir filtrert ut som følge av grunn- vannsenkningen. Man bør derimot være oppmerksom på at senkning av grunnvannet kan ha uheldige virkninger på nabotomter. Om grunnmassene er setningsømfintlige kan en senkning av grunnvannet føre til at massene kan sette seg, med påfølgende skader på konstruksjonene [46].

Oppsummering grunnforsterkning

Tabell 2.14 summerer opp for hvilke forhold tiltakene kan brukes.

Tabell 2.14: Ulike tiltak for å bedre dårlige grunnforhold [39]

Tiltak	Setningsømfintlig grunn	Overflatestabilitet	Stabilitet i undergrunn
Masseutskiftning	X	X	
Peling	X		X
Forbelastning	X		
Lette fyllinger	X		X
Grunnvannssenking		X	

2.9 Utstikning

I forkant av alle arbeider må det avklares hvor man kan/skal grave, spunte, pele osv. Dette må gjøres både i form av hvor tomtegrensene går, og hvor den ferdige konstruksjonen skal stå. Dette arbeidet utføres som oftest av en stikningsingeniør. Ved hjelp av diverse instrumenter, kan man definere akser og sette ut punkter for fundamenter og vegger og gravedybder. De mest vanlige instrumentene er [?]:

- Totalstasjon: Landmålingskikkert med innebygget avstandsmåler som bruker laser
- GPS: Instrument som setter ut punkter ved hjelp av satellitt
- Nivellementsikkert: Instrument for å sette ut høyder ved å måle forskjellen mellom to nivåer
- Plan- og fallasere: Laserinstrument som brukes til å sette ut høyder og retninger

Totalstasjon

En totalstasjon er en landmålingskikkert med innebygget avstandsmåler. Denne kan avlese horisontale og vertikale vinkler med stor nøyaktighet, i tillegg til å måle avstander. Totalstasjonene er utstyrt med en elektronisk målebok som registrerer, beregner og lagrer nødvendige data for videre bruk og rapportering. Denne ”boken” brukes også av gravemaskinførere som har gravemaskin utstyrt med GPS. Dette gjør at gravemaskinen kan grave ut til korrekt høyde, uten hjelp fra stikker, men med måleboken som stikker har laget. Figur 2.29 viser en totalstasjon.



Figur 2.29: Totalstasjon [12]

Innmålingsinstrumentet brukes til det aller meste som krever stor nøyaktighet, som for eksempel utsetting av høyder og plassering for fundamenter. For det videre bygget settes det ut høyder for etasjeskiller og plassering/retning på vegger, samt utsparinger. Dette blir nærmere forklart i kapittel 3. Totalstasjonen er avhengig av et fastmerkenett som etableres tidlig i prosjektet. Fastmerkenettet er prismet/punkter rundt tomten som totalstasjonen kan bruke for å lokalisere sin posisjon via [56]. Moderne totalstasjoner er meget nøyaktige. Nøyaktigheten ligger normalt på +/- 2,5mm./km.

GPS

GPS (global positioning system) er et instrument som lokaliserer punktet man befinner seg i via satellitter. GPS brukes oftest i forbindelse med grunnarbeider og er et utmerket verktøy for skogrydding, graving, sprenging og lignende. Den har en fordel med at den slipper fastmerkenett. Nøyaktigheten er relativt god og ligger rundt ca. 10 mm. i grunnriss og 30-50 mm.

i høyde. GPS er ømfintlig for forstyrrelser og er avhengig av klar sikt til himmel og horisont. Høye fjellskjæringer og tett skog vil kunne sperre/reflektere signalene og dermed også forverre nøyaktigheten.

Nivellementkikkert og lasere

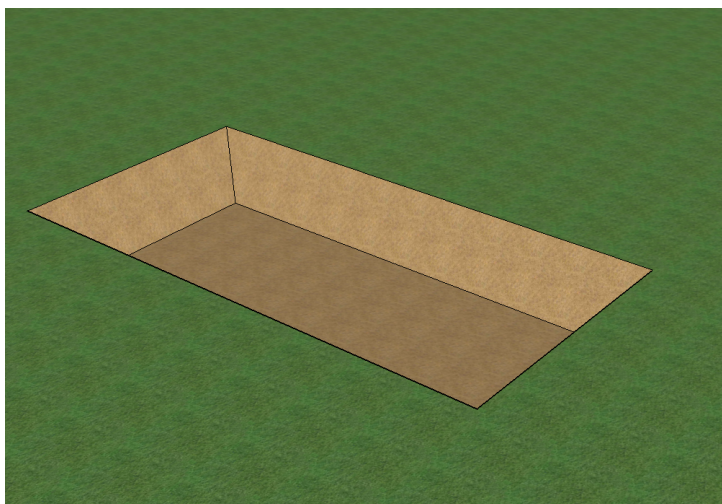
En nivellementkikkert er et instrument som brukes for å sette ut høyder ved å måle avstanden mellom to høyder. Sammen med lasere brukes de primært av håndverkere til å sette ut gravehøyder og lignende.

2.10 Utgraving av tomt

Når tomten er utstukket slik at det er klart hvor man skal grave, kan gravearbeidene begynne. Som tidligere nevnt kan det graves ut i løsmasser, utsprengt fjell, eller en kombinasjon av disse. Denne teksten tar for seg, der ikke annet er nevnt, utgraving i løsmasser. Normalt vil uønsket masse på byggetomten graves opp og lastes vekk, i tillegg til at noe kvalitetsmasser fraktes til byggetomten etter behov.

Byggegrøp

Som nevnt i kapittelets innledning tas det utgangspunkt i at det etableres en byggegrøp der hvor det skal bygges et bygg. Et meget forenklet prinsipp av en byggegrøp er vist i figur 2.30.



Figur 2.30: Prinsipp for en byggegrøp

Byggegrøpens mål settes ut av stikningsingeniøren, og graves ut i henhold til størrelsen av konstruksjonen. Byggegrøpens sider sikres enten ved en graveskråning (som vist her), og eventuelle sikringstiltak i graveskråningen, eller ved spunt. Man vil grave ut grøpen blant annet med tanke på hvilke omgivelser man har og hvor dypt man skal grave. Det kan skilles mellom store og små byggegrøper. Ved kompleks geometri i store byggegrøper vil man ofte tilstrebe å grave ut tomten etter geometrien, mens man ved små byggegrøper vil grave ut byggegrøpen slik det er mest praktisk. Det vil koste mer å grave ut ekstra masser, om man for eksempel kutter hjørner. Dette blir en avregning som må gjøres underveis. Man kan generelt si at en byggegrøp på 10*10 meter er liten grøp og en byggegrøp på 100*100 meter er stor grøp [18]. Det vil også være store variasjoner for hvor byggegrøpen er i forhold til restriksjoner på arbeidstimer, arbeidsoppgaver og tilkomst. Byggegrøpen kan være lokalisert "på landet" eller i byen. Om den er i byen, som den veldig ofte er, blir straks alt av adkomst, føringer i grunnen og naboforhold mer komplisert, begrenset og kostbart [14].

Vegetasjon- markrydding

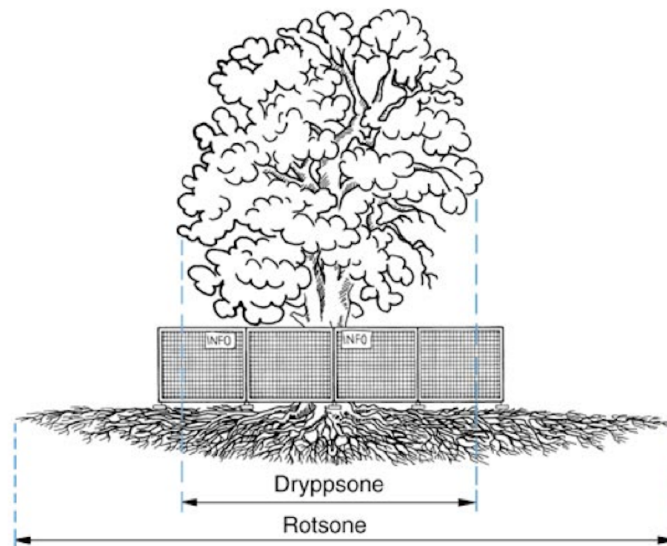
Om tomten er ”uberørt”, slik at det finnes trær, dyrket mark, eller lignende på tomten, skal dette ryddes vekk før utgraving. Det kan stilles spesielle krav til denne prosessen. Matjord kan i Norge ofte ansees som mangelvare, og man vil tilstrebe å bevare denne om mulig. Om man har plass, kan eventuell matjord mellomlagres som vist i figur 2.31. Slik matjord har derimot relativt dårlig bæreevne, og vil ikke egne seg særlig godt som fyllmasse [12]. Spesielle trær kan være verneverdige, og man vil kunne få pålegg om å bevare slike trær, samt trær som ligger mot tomten det skal graves på. Ødeleggelse av disse kan føre til bøtelegging av entreprenøren og kan i enkelte tilfeller ligge på rundt 200.000,- kroner pr. stykke [33].



Figur 2.31: Mellomlagring av stedlige masser

Det bør i forkant av markryddingen utredes en marksikringsplan som beskriver ulike vegetasjonssamfunn og deres egnethet for inngrep. Denne bør blant annet inneholde husplassering, nytt og gammelt terreng, veianlegg, planlagte grøfter, osv. Hensikten med denne planen er å bidra til å bevare riktig vegetasjon på rett sted[57]. Den beste metoden for å bevare trær på er å bevare større, sammenhengende områder med vegetasjon. Slike områder bør ikke være smalere enn 30 meter. Hvis områder ”kuttet av” ved for eksempel veier eller bebyggelse, vil dette kunne føre til utdrenasje av grunnens naturlige vanninnhold, og dermed utgjøre en fare for tap av vegetasjon. Kunstig vanning kan dog hindre ødeleggelse av vegetasjonen. På værharde steder vil det kunne ta flere år å bringe frem ny vegetasjon, spesielt trær, og beholdning av vegetasjon tilstrebes derfor ekstra her.

For spesiell beskyttelse av verneverdige enkelttrær bør treets dryppzone¹³ sikres med et gjerde [58]. Der kjøring nær trærne ikke kan unngås bør det bygges opp et stammevern rundt treet. I tillegg bør det bygges opp et midlertidig bærelag som avlaster rotsonen. Treets dryppzone er illustrert i figur 2.32.



Figur 2.32: Treets dryppzone [58]

Beskyttelse av trestammen kan utføres ved å dekke til stammen med en strie og et støtdempende materiale, som for eksempel halm eller et bildekk [58]. Om det skal graves i rotsonen kan røttene bevares ved å grave for hånd. Hvis deler av røttene skal fjernes bør de kuttes av og deretter fuktes og tildekkes [58].

¹³Der hvor det drypper fra treet, dvs. under den omkretsen som treets greiner projeksjonerer på bakken [58].

2.10.1 Utgaving i løsmasser

Metoden for hvordan tomten skal graves ut, og rekkefølgene av de ulike operasjonene, vil avhenge av svært mange faktorer. Det er så å si ingen tomter som er like, og det blir derfor til at rekkefølger og utførelsesmetode blir ulik for hver gang. Som oftest velger gravemaskinfører utgraving som best passer terrenget, massene og adkomster. For gravingen sin del ønsker man lett gravbare og stabile masser. Slike masser kan for eksempel være tørr leire eller morene [11, 14].

De mest vanlige problemene man opplever ved utgraving av tomt er [11, 14, 33, 35]:

- Store mengder med overvann, spesielt kombinert med frost
- Kvikkleire
- Eksisterende føringer i grunnen

En riggteknikker vil på forhånd avgi en rapport om hvilke forhold man må ta hensyn til ved utgraving og utførelse av grunnarbeidene. Disse punktene vil variere fra tomt til tomt. I tillegg er det flere andre forhold som må avgjøres avhengig av hva som er praktisk å utføre, og kan styres av entreprenør.

Punktene under beskriver forhold som kan styre metoden for utførelse, enten gitt av riggteknikker eller punkter som entreprenør velger å ta hensyn til [14].

- Adkomstveier og anleggsveier
- Tomtens topografi
- Overflatevann
- Grunnforhold
- Gravedybde
- Grunnvann
- Eiendomsgrenser, jernbane og bilveier
- Eksisterende kabler og føringer i grunnen
- Eventuelle sprengningsarbeider

Adkomstveier og anleggsveier

Ved grunnarbeider er det ofte slik at store volum skal graves og lastes ut av tomten. Det skal ofte også tilbakefylles kvalitetsmasser, som pukk og kult. Uansett må det sikres at det er adkomst(er) til tomten. Jo flere adkomstveier man har desto bedre er det. Man har da mulighet til å angripe tomten fra flere vinkler samtidig [35]. I trange bystrøk er det ofte mangel på adkomstveier i forhold til hvor mange man ønsker. Tilsvarende øker muligheten for gode adkomster jo lengre man kommer fra byen. Har man mulighet til gjennomkjøring av tomten, slik at man kan kjøre inn ett sted og ut et annet, er det beste, da man slipper å ordne med snuplasser og lignende [14]. Figur 2.33 viser en byggegrop med én adkomst.



Figur 2.33: Adkomst til spuntet byggegrop [59]

Gravemaskiner er som oftest utstyrt med belter. I tillegg har gravemaskinene muligheter for å legge ut flyttbare paller som gjør at gravemaskiner kan kjøre på de aller fleste underlag. Lastebilene har på den andre siden hjul som egner seg dårlig i ustabile masser [18]. Det må derfor avgjøres om grunnen kan kjøres på, både før man begynner å grave, og i lagene under. Om massen er slik at den ikke kan kjøres på, må det lages midlertidige anleggsveier som lastebilene kan kjøre og eventuelt snu på. Disse midlertidige anleggsveiene er relativt kostbare, og bør om mulig bare bygges en gang [18]. Anleggsveiene bygges opp med kvalitetsmasser som kult eller pukk og legges ut i lag på totalt 1-1,5 meter som komprimeres [35, 38].

Helningen på disse veiene må ikke være for bratt. En beltegraver kan kjøre i helninger på opp mot 35 grader [29], mens en lastebil bare kan kjøre på en helning på 15-20 grader. Man lager den derimot alltid så bratt som man får til [11, 18]

Tomtens topografi

Tomtens topografi vil ha mye å si for hvordan man angriper den. Tomten kan ligge i et søkk, på en topp, på flatmark eller i en skråning. Topografien kan sette begrensninger på adkomster og utgjøre en vesentlig faktor for hvordan overflatevannet beveger seg [14]. Hvis den ligger i en skråning vil man, om mulig, starte på toppen og deretter grave seg nedover. Befinner byggegropen seg i et søkk eller i en trang byggegrop der man ikke har mulighet for adkomstveier, kan man løse dette ved å la en eller flere gravere grave ut av byggegropen til én som står på toppen/ute av gropen. Denne graveren kan laste i lastebilene, som slipper å kjøre ned i gropen [14, 35].

Overflatevann

Overflatevann fører ofte til en dårligere drift. Vann vil alltid sige mot et lavere punkt, som ofte vil være mot byggegropen. Vannet som havner i byggegropen vil avhenge av tomtens nedbørsfelt¹⁴. Det er flere ulike problemer som kan følge med overvannet [14]:

1. Oversvømmelse av byggegrop
2. Hvor man kan gjøre av overskuddsvannet
3. Tilgrising av maskiner og veier
4. Byggeskråningens stabilitet
5. Byggegroppens stabilitet

1) Om byggegropen oversvømmes blir naturligvis fremkommeligheten og videre arbeid vanskeligjort. Fryser vannet forsterker det problemet ytterligere, da man må fjerne isen. Oversvømmelse kan oppstå ved defekte pumper, for eksempel i forbindelse med helg og mye nedbør. Ved å bygge anleggsveier med tilstrekkelig kvalitet kan man til en viss grad sikre fremkommelighet selv om tomten oversvømmes [35].

2) Det største problemet med vannet er som oftest hvor man kan gjøre av det [11, 14, 33, 35]. Ved grunnarbeider vil det ofte forekomme sprengningsarbeider og betongarbeider som går parallelt med utgravingen. Dette gjør vannet som havner i byggegropen meget basisk. Det vil også kunne være store mengder med fine steinpartikler i vannet. Dette, i tillegg til oljeutslipp fra maskiner, vil kunne føre til strenge krav til hvor man kan lede vannet. Er man heldig vil man etter avtale med kommunen få lov til å pumpe overflatevannet inn i det kommunale avløpsnett

¹⁴Nedbørsfelt er det landarealet som bidrar med nedbør til et område. Vannet samles opp innenfor et geografisk bestemt område, avhengig av terrengets topografi [60]

[35]. Dette klargjøres ofte av tiltakshaver før grunnarbeidene starter. Om man ikke får lov til dette og vannet som havner i byggegropen ansees skadelig for miljøet må man behandle vannet. Slike behandlingsmetoder kan være:

- Filtrasjon gjennom duk
- Sedimentering i basseng
- Tilsetning av syre (for å motvirke den basiske effekten fra sprengning og betongarbeider)

Deretter kan det gis tillatelse til utslipp i en egnet resipient¹⁵. Uansett må det ordnes med en pumpeanordning i byggegrop, som vist i figur 2.34.



Figur 2.34: Pumpe for overflatevann

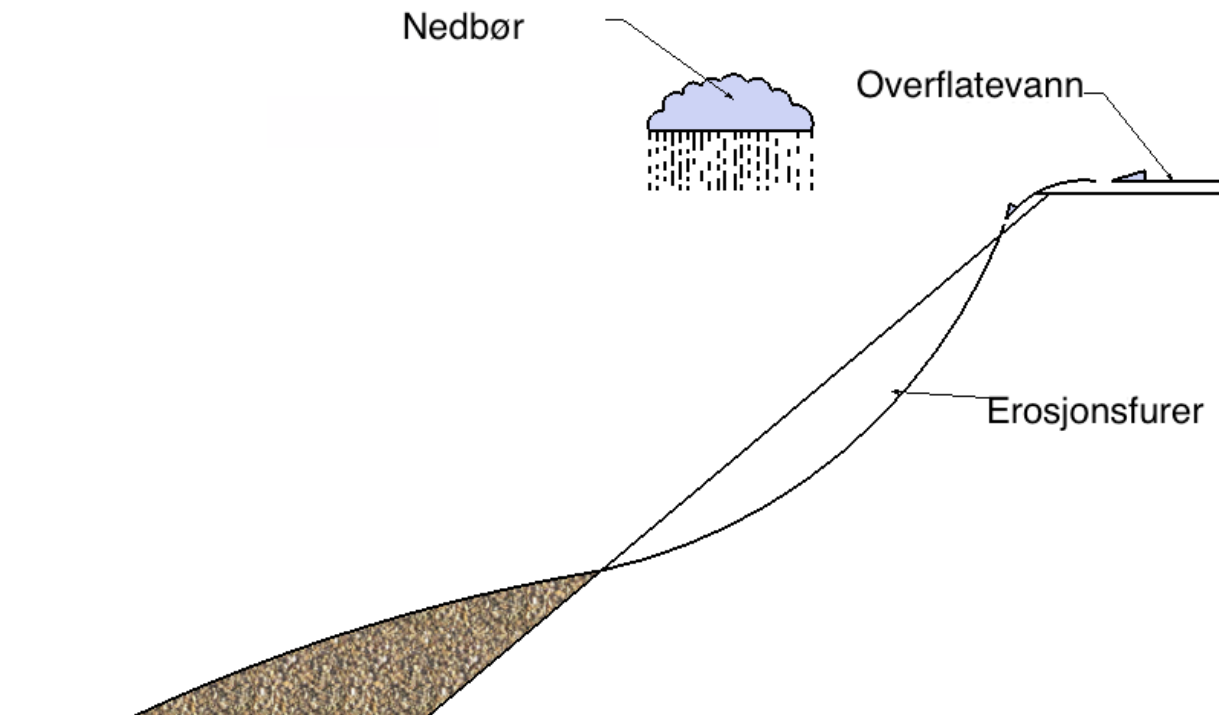
Figuren viser en pumpe som er plassert i byggegropens laveste punkt, kalt en pumpesynd¹⁶ (vannet er her pumpet vekk). Om man ikke pumper vekk vannet vil man oversvømme byggegropen og gjøre fremkommelighet og arbeider mye vanskeligere. Det bør derfor være tilstrekkelig med pumper og reservepumper på byggeplass [11].

¹⁵Vannforekomst som mottar mottar avløpsvann eller forurenset vann, for eksempel sjø, elv eller avløpsanlegg [61]

¹⁶Grop hvor vannet kan samle seg

3) Ved grunnforhold, som for eksempel leire, vil store vannmengder føre til tilgrising av kjøretøyer. Med stor trafikk av lastebiler inn og ut av byggetomt vil veiene i nærheten av byggeplass grises til og man må muligens rengjøre gatene eller opprette en vaskestasjon av bilene før de sendes ut på veien. Vasking av gatene kan gjøres med en spyle- og kostebil [14].

4) Mye overvann vil kunne føre til ustabile graveskråninger, som da muligens må sikres. Vannet kan grave ut graveskråningen som vist på figur 2.35.



Figur 2.35: Overflateerosjon

Man kan delvis sikre seg mot slike vannproblemer. Man kan enten sikre selve graveskråningen, eller forhindre at vannet ankommer byggegropen. Aktuelle sikringsmetoder for å beskytte selve skråningen kan være [14]:

- Duk med nagler
- Jordnagling som nevnt på side 55
- Armerings- eller jordnett

Disse metodene kan bidra til en mer stabil graveskråning, og dermed minske risikoen for utrasing.

For å forhindre at vann ankommer byggegropen kan man grave avlastningsgrøfter i ovenfor graveskråningen der man forventer at det vil komme vann. Vannet ledes rundt om byggegropen til en pumpesykk der en eventuell pumpe kan lede det vekk til ønsket resipient. Denne metoden bedrer problemet med at graveskråningenes stabilitet blir dårligere, og man får et betydelig mindre vannvolum å pumpe ut av grøften. Man slipper derfor også problemer med at vannet må renses [11].

5) Løsmasser som blir tette av vann kan bli til ”suppe” slik at byggegropens stabilitet blir bløtet opp. Dette gir forhold som er vanskelige å jobbe i for de utførende, samt at framkommeligheten for lastebiler og gravere blir redusert. Jo tettere massene er, desto fortere samles vannet [11].

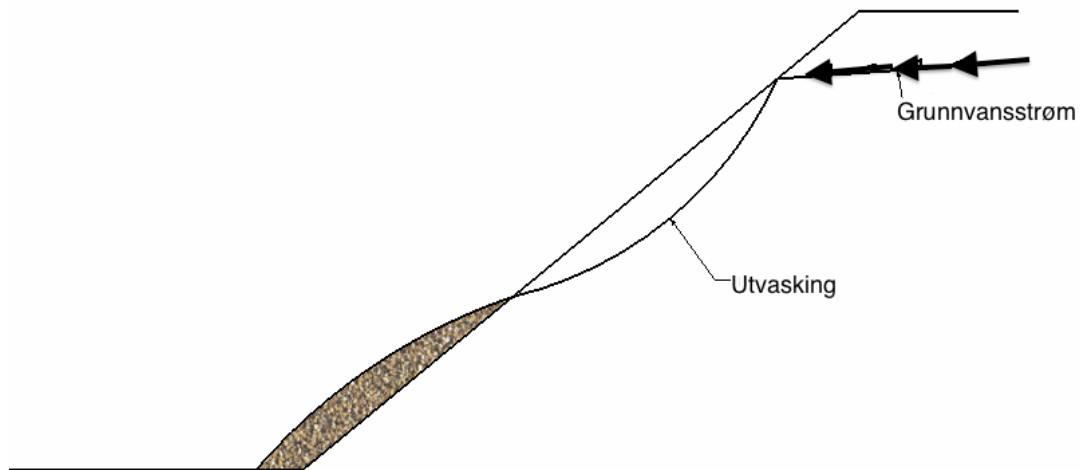
Gravedybde

Avhengig av gravedybden kan tomten graves ut i en eller flere omganger, kalt paller¹⁷. Antall paller vil blant annet avhenge av gravemaskinens rekkevidde, som vist i figur 2.8 og massenes stabilitet. Er massene lite stabile, vil man ikke kunne ha en like bratt helning på skråningen som dannes mellom nivåene, og graveren får dermed mindre rekkevidde. En slak helning på graveskråning vil kunne føre til flere lag enn en bratt skråning. Det må også vurderes i forhold til kostnadene ved å bygge midlertidige anleggsveier. Om grunnmassene ikke er stabile nok til at lastebil kan kjøre på den må man bygge midlertidige anleggsveier. For hver pall man graver ned må en ny anleggsvei graves. Derfor ønsker man å begrense antall paller. Ved vanlige konstruksjoner med én etasjes kjeller er det sjeldent man graver ut mer enn én pall [38].

¹⁷Én pall tilsvarer ett gravenivå. Om man graver to paller på to meter, har man totalt gravd seg ned fire meter.

Grunnvann

Strømninger under jorden som kommer ut i skråningssiden, kan føre til utvasking, som igjen fører til utglidninger. Figur 2.36 illustrerer dette.



Figur 2.36: Grunnvannserosjon

Naboforhold, jernbane og bilveier

Det vil rundt byggetomten være grenser for hvor arbeidet kan foregå og hvor man har lov til å bevege seg. Dette vil kunne begrense graveskråningens helning, lagringsplass og muligheter for adkomst til byggegroppen. Naboer/industri, veier og jernbane er vanlige faktorer som begrenser byggetomtens tilgjengelighet. Befinner gravearbeidene seg nær en jernbane, er konsekvensene av uforsiktig graving store, og det følger derfor med strenge regler. Det er vanlig å opprette en "30-meterssone" for alle arbeider nær jernbanen. Det vil si at det ikke skal arbeides innen en radius på 30 meter der hvor jernbanen går. Gjør man arbeider innenfor denne grensen kreves en vaktmann fra jernbaneverket som overvåker arbeidet [14]. Arbeid ved Norske riks-, Europa- og fylkesveier er ikke like strengt regulert, men det er naturligvis restriksjoner vedrørende graving som kan påvirke veiens stabilitet og lignende.

Eksisterende kabler og føringer i grunnen

Før gravearbeider begynner må det foreligge en gravetillatelse fra el-,tele-, vannverk, og etater som eier ledninger i grunnen. Man vil ved anmodning få beskjed om hvor aktuelle kabler og føringer ligger, slik at man ikke ødelegger disse ved graving. Man vil få tilsendt et kart over hvor føringene går og hvor man ikke kan grave. I tillegg vil kommunens grunnbøker bistå i å lokalisere føringer. Eksisterende kabler og føringer i grunnen blir ofte dyrt og er en vesentlig ulempe ved grunnarbeider [35]. Eksempler på slike føringer er:

- Drikkevannsforsyning
- Spill- og overvannsledninger
- Høyspentkabler
- El, tele og fiberledninger

Det vil fra kommune/ledningseier vedligge retningslinjer for hvordan arbeidet rundt disse føringene skal utføres. Elektriske høyspentledninger i grunnen er et spesielt risikomoment. Om man ikke oppdager slike føringer i tide kan man ved graving sette graveskuffen i en slik ledning. Nye gravemaskiner er ofte beskyttet mot elektriske støt fra disse, men eldre gravemaskiner er ikke, og vil derfor utgjøre en vesentlig fare for gravemaskinfører.

Når man skal grave ut en tomt ønsker man gjerne ikke at disse føringene skal være i veien for arbeidet. For en vannledning kan man for eksempel finne to kummer, en på hver side av byggegropen, hvor man installerer en ny vannledning som legges rundt tomt. Deretter kan vannledningen kappes. Ledningen kan eventuelt legges tilbake når gjenfylling av byggetomten er i gang [14].

Et problem ved slike arbeider er der det er etterslep i grunnboken. Det hender at arbeid utført i løpet av de siste fem år ikke er loggført i boken og dermed ikke med i arbeidsbeskrivelsen.

Sprengningsarbeider

Inneholder grunnarbeidene sprengningsarbeider vil rystelser i grunnen føre til en maks salvedybde, noe som igjen påvirker fremdrift og kostnader. Det kan også gis bestemmelser på spesielle tider på døgnet hvor det ikke kan sprenges. Det plasseres normalt ut rystelsesmålere som registrerer rystelser i ulike avstander til hvor det sprenges. Rystelsene avhenger av fjellets rystelseskonstant, og man kan ut ifra prøvesprengninger avgjøre hvilke maks salvedybder man kan ha. Naturligvis gir en lengre salvedybde en bedre fremdrift og lavere kostnader, slik at man ønsker å kunne lage denne så lang som mulig [35].

2.11 Gravearbeider

Ved utgraving av byggegrop skal det, som tidligere nevnt, graves ut og eventuelt tilbakefylles masser. Det er en fordel om man klarer å planlegge arbeidet slik at man kan utnytte massene på stedet, dersom massene har god nok kvalitet for bruk. Man ønsker minst mulig lasting og transport, da det er dette som koster mest penger [11].

Plassering av lastebil og gravemaskin

Da man er opptatt av at gravingen skal gå raskt og effektivt, ønsker man en best mulig plassering av gravemaskin og lastebil i forhold til hverandre. Graveren ønsker en god oversikt over tomt og lastebil, i tillegg til å slippe å rotere for mye ved lasting. Gravemaskinen bør ikke snu seg mer enn 90 grader [11, 62]. Den optimale oppstillingen er derfor når gravemaskinen står på toppen av graveskråningen og kan grave direkte opp i lastebilen som står nedenfor [18]. Sjøføren har da en god oversikt og trenger ikke rotere mye for å laste. For mye rotering av bommen vil øke tiden og dermed gi en dårligere fremdrift.

Lastebilens tilkomst til byggegropen vil avgjøre om denne plasseringen er mulig. For at det skal være mulig må:

- Grunnforholdene være så stabile at lastebilen kan kjøre på massene
- Nedkjøringsrampe eller innkjørsel til det nederste nivået være mulig
- Plass til å kjøre og eventuelt å snu

Om grunnforholdene ikke er stabile nok slik at det må bygges midlertidige anleggsveier, og/eller om det må bygges en nedkjøringsrampe kan kostnadene bli så store at det ikke lønner seg, og graving og lasting vil da bli utført på samme nivå. Dette må avgjøres fortløpende. Anleggsveier er relativt dyre, og man vil tilstrebe å ikke lage dem lengre eller oftere enn nødvendig [18].

Om lastebilen og graveren står på samme nivå, er det best å laste i lastebilen bakfra, dersom baklem kan åpnes. Gravemaskinfører har da mulighet til å følge med underveis og dermed kunne laste enklere. Hvis lastebilen har henger, vil det være ønskelig at lastebilen stilles parallelt med gravemaskinen slik at graver kan rekke over hele lastebilens lengde uten å flytte seg [11, 62]. Lasting av en lastebil med henger er illustrert i figur 2.37.



Figur 2.37: Lasting av lastebil med tilhenger, på likt nivå

Gravearbeider mot spunt

Skal man grave ut en tomt som er spuntet vil man ønske å grave inntil spunten før man graver i midten av tomten. Det vil si at man graver seg ut i striper langs spuntene hele veien rundt, for å så ta midten. Grunnen til dette er at stagene som forankrer spuntene, samt monteringen av putene er det arbeidet som begrenset fremdriften. Man graver derfor ut i striper slik at det akkurat er plass for riggene som skal bore inn for stag. Midten av byggerommet graves ut mens stagingen foregår. Figur 2.38 viser en tomt som er graves ut med dette formålet.



Figur 2.38: Utgraving med formål at stag kan bores fra byggegrop

2.12 Installasjoner i byggegrop

Når byggegropen er gravd ut, skal diverse komponenter legges ned. Dette er for eksempel rør og ledninger som skal sikre byggets strøm- og vannbehov. Man ønsker i prinsippet ikke føringer under bygget, da man ikke kan utbedre disse. Føringer som spillvannsledninger og vannforsyning legges derfor, om det går, ut gjennom byggets vegger og deretter i byggets randsoner. Om man er avhengig av føringer under bunnplaten, kan det velges om de skal støpes inn i bunnplaten. Fordelen ved dette er at man slipper risikoen for spenningsoppbygging og mulige ledningsbrudd ved differansesetninger mellom bunnplate og rør [38]. Aktuelle føringer vil fremkomme av en bunnledningsplan. Noen komponenter som ofte er aktuelle er beskrevet i tabell 2.15.

Tabell 2.15: Installasjoner i byggegropen [14, 38]

Komponent	Funksjon	Plassering
Drensledninger	Samle opp overflatevann. Vannet ledes til en kum og videre vekk fra bygget.	Plasseres i byggets randsoner, utenfor fundamenter
Spillvannsledninger	Lede spillvann fra vannklosett, dusj osv. til kummer og deretter inn i avløpsnett	Helst ut vegger og til byggets randsoner, men kan forekomme under bunnplate
Oljeutskillere	Skiller ut olje fra overflatevann.	Plasseres under bunnplate, og ofte ved sluk ved parkeringskjeller for å håndtere eventuelle lekkasjer fra biler.
Geobrønner	Hente jordvarme fra dype jordlag og fungere som varmekilde til bygningen	Under bunnplate
Kummer	Fungerer som koblingspunkter for installasjonene. I tillegg kan kummene brukes for å inspisere systemet, ved at de gir adgang til nettet	Strategisk plassert i forhold til hvor det er behov for koblings- og inspiseringspunkter

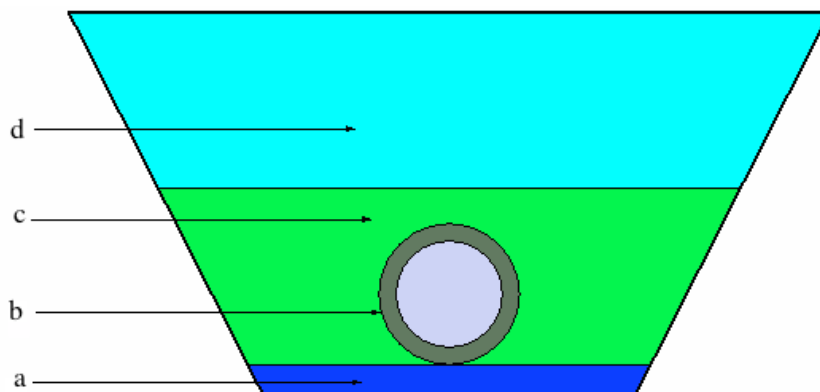
Alle disse komponentene legges i grøfter eller mindre byggegropen i byggegropen. Rør med flytende innhold skal ha et visst selvfall som skal sørge for selvrensning. Om ledningene ikke kan legges med tilstrekkelig selvfall, må det installeres en pumpeanordning som bidrar til dette

[14]. Man ønsker dog ikke å overdrive selvfallet, da økt fall på ledningene kan innebære dypere grøfter og dermed mer utgraving og eventuelt mer betong i bunnplaten.

Grøfter i byggegropen

Grøfter graves som nevnt ut både under bunnplate og utenfor byggets randsoner og graves/sprenges ut for å gjøre plass til komponentene som ble beskrevet i forrige avsnitt. Ved masseutskiftning graves grøftene normalt etter massene er utlagt og komprimert [14, 38, 47]. Nærmere forklart vil dette si at kvalitetsmasser legges ut og komprimeres til det nivået som utskiftet masse skal være. Etter dette graves grøftene ut i "striper". Dybden på grøftene vil fremkomme av prosjekteringen, samt variere for hvilken type komponent som skal i grøften og hvor grøften er. For grøftene som skal under bunnplaten er dybden normalt rundt 30-40 cm. Som nevnt i forrige avsnitt ønsker man selvrensing for rør. Grøftene bør derfor graves ut slik at helningen på rørene oppnås. Anbefalt helning er minimum 6:1000 [63] og maksimum 1:100 [17].

En grøft bygges i prinsippet opp som vist i figur 2.39.



Figur 2.39: Prinsipp for oppbygging av en grøft [18]

Der:

- a) Fundament
- b) Rør
- c) Omfyllingsmasse
- d) Gjenfyllingsmasse

Grøfter som er dypere enn 1,5 meter bør ikke ha en graveskråning brattere enn 1:1 [9]. Om det ikke er plass til slike graveskråninger bør grøftkasser vurderes for å sikre den. Figur 2.40 viser hvordan en grøftekasse kan benyttes.



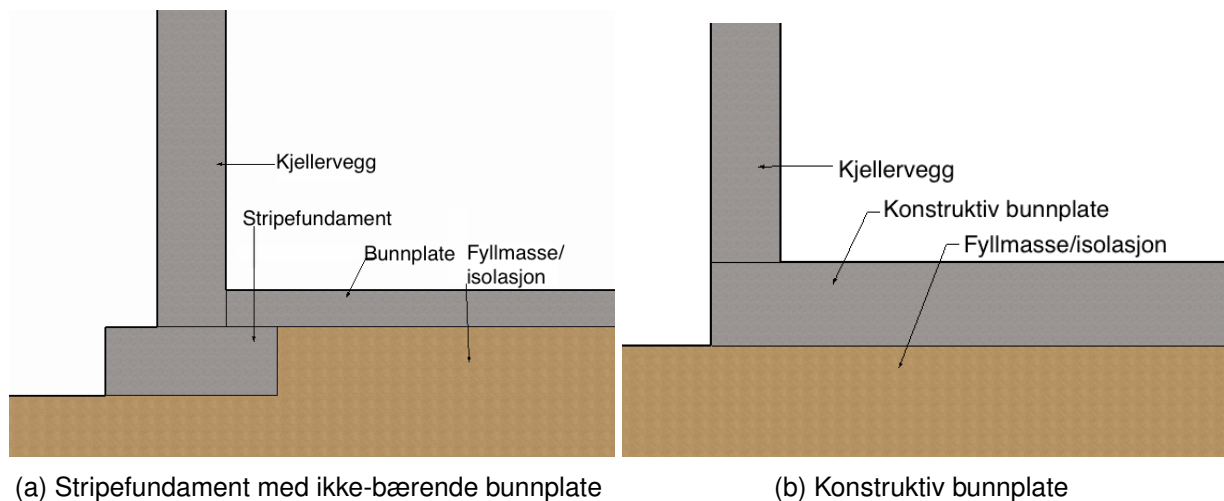
Figur 2.40: Bruk av grøftekasse [64]

Betong i byggegroppen

De typer av betongkonstruksjoner som skal bygges i byggegroppen avhenger av prosjekteringen. Det kan benyttes :

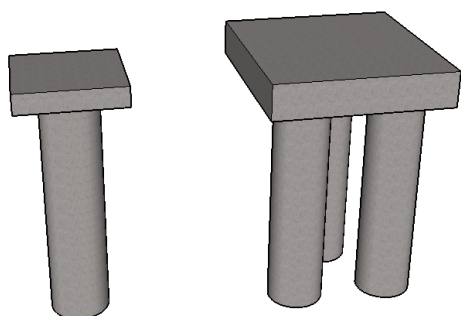
- Stripecfundamenter med ikke-bærende bunnplate, se figur 2.41a
- Konstruktiv bunnplate , se figur 2.41b
- Peler, der pelehodene støpes i betong, se figur 2.42a
- Kjellervegger, se figur 2.42

Disse betongkonstruksjonene plasstøpes som oftest, som vil si at de forskales, armeres og støpes ut på stedet. Denne prosessen er nærmere forklart i kapittel 3.



Figur 2.41: Hovedalternativer for bunnplater

Figur 2.41 Viser to alternativer av bunnplater som i hovedsak brukes (her sett i snitt). Begge metodene kan understøttes av peler og eventuelt isoleres. Man vil ønske å isolere bunnplaten om kjelleren skal være brukskjeller. Om det skal være parkeringskjeller eller lignende vil man heller isolere mot etasjen over [38]. Stripecfundamenter går i striper, ofte rundt byggets randsoner. Disse stripene er da de bærende elementene for bygget. Ved bruk av konstruktiv bunnplate er hele bunnplaten bærende.



(a) Pelehode for hhv. én og tre peler



(b) Kjellervegger i byggegrop

Figur 2.42: Pelehoder og kjellervegg i byggegrop

Pelehoder kan, som figur 2.42a viser, støpes på ett eller flere pelehoder. Pelene vil stikke omtrent 10 cm opp i pelehodet [38]. Kjellervegger støpes ofte i samme høyde som byggegropen. For å hindre fuktproblemer i kjeller kan veggene være tildekket med dreneringsplater eller knotteplast, eventuelt plater for isolasjon.

2.13 Tilbakefylling

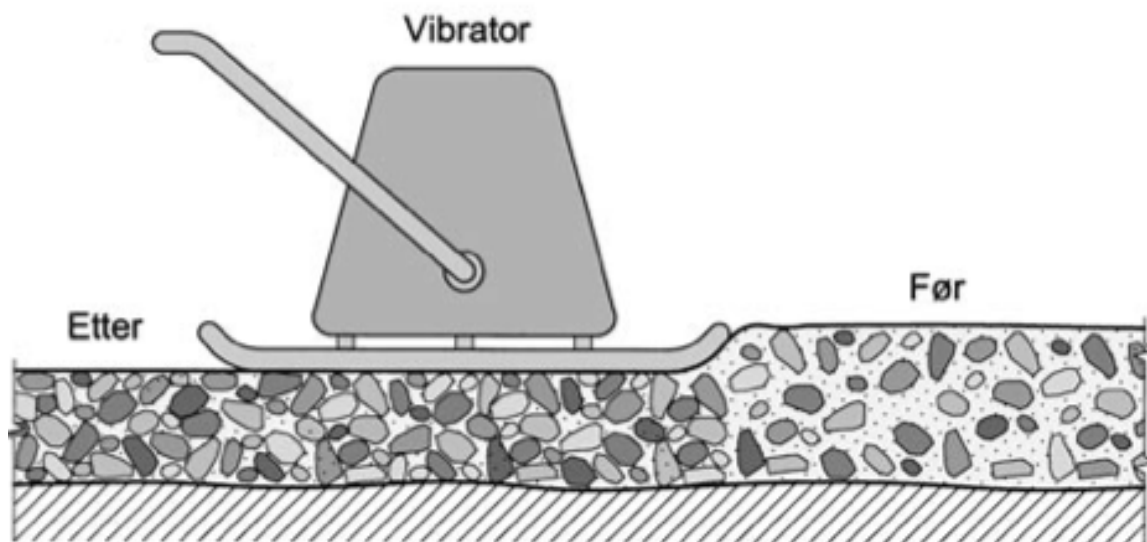
Ved oppføring av konstruksjonen vil det etterlate seg et mellomrom mellom kjellervegg og graveskråning. Dette mellomrommet skal fylles igjen med drenerende masser som beskrevet i 2.3[10]. Tilbakefyllingen av masser kan starte når konstruksjonen er reist opp av byggegroppen og har oppnådd tilstrekkelig styrke og stivhet. Normalt er dette litt etter dekket¹⁸ over kjelleren er støpt [14, 38]. Dette avklares med rådgivende prosjekterende for bygg (RIB). Om man har mellomlagret masser på byggetomten ønsker man gjerne å tilbakefylle så tidlig som mulig for å få frigjort arealer til andre formål. Det bør vises forsiktighet ved tilbakefylling om kjellerveggen er tildekket med knotteplast eller drenerings- eller isolasjonsplater da disse kan punkteres/ødelegges av rullende stein [17].

Etter at massene er fylt igjen bør man tette overflaten på gjenfyllingsmassene for å hindre luftbevegelser som kan føre til frost i bunnledningene, samt hindre fuktig luft som kan gi kondens på konstruksjonen. Dette kan for eksempel gjøres med matjord. Denne massen bør også ha en helning slik at overvann renner i størst mulig grad vekk fra konstruksjonen.

¹⁸Dekket er konstruksjonen som skiller de ulike etasjene

Komprimering

Enten man skifter ut masser, lager anleggsvei eller tilbakefyller masser bør massene komprimeres når de legges ut. Unntaket er masser som legges ut for pele- og spuntrigger. Når et steinmateriale komprimeres pakkes det sammen til et mer stabilt og kompakt lag, med et mindre volum. Om steinmaterialet ikke komprimeres, eller ikke komprimeres tilstrekkelig, vil det ved belastning av en konstruksjon kunne oppstå setninger i massene, som kan føre til skader på konstruksjonen. Figur 2.43 illustrerer hvordan komprimering utføres og hvordan resultatet av dette kan bli .



Figur 2.43: Prinsipp for komprimering [16]

Typisk utstyr for komprimering er vibrerende valse, vibrerende plate eller håndholdt maskinell stamper, se figur 2.44.



(a) Valse [65]



(b) Vibrerende plate [66]



(c) Håndholdt maskinell stamper [67]

Figur 2.44: Utstyr for komprimering

Komprimeringsutstyret vil produsere en statisk linjelast eller marktrykk som vil bestemme hvor godt komprimert massene blir. Avhengig av linjelasten bestemmes det hvor mange passeringer man må ta med utstyret og hvor tykke lag man kan legge ut. Dette vil avhenge av hvilke masser som legges ut. Hvert lag må komprimeres fullstendig før neste lag legges ut. Dette vil fremkomme av prosjekteringen.

Det kan normalt legges ut lag på rundt 1-2 meter for sprengstein, og 0,2-0,8 meter for kult [68][16]. Man bør regne med 1-2 timer pr. $100m^2$ for å komprimere hvert lag med masser [38].

For komprimering i soner der det går føringer, som ledninger og lignende, kan komprimering ødelegge ledningenes selvføll eller skade ledningen. Det er derfor gitt egne, strengere krav for slike soner [68]. Sprengstein bør ikke legges ut om vinteren hvis det er is eller snø i massene. Dette vil kunne føre til setningsskader når fyllingen tiner opp [16].

2.14 Planlegging av grunnarbeider

Oppstart

Normalt kan man ikke velge oppstart for prosjekter. Om man har mulighet og vet hvor lenge arbeidene skal vare, kan det noen punkter man bør tenke på.

Ugunstige forhold for gravearbeider er frost, snø og overvann. Overvann medfører de ulempene som nevnt på side 74.

Frost gjør at grunnen blir hardere og dermed blir arbeidet for maskinene hardere. I tillegg er det flere av maskinene som stopper opp ved temperaturer under -20 grader.

Snø fører til at området der man graver ut må måkes, noe som kan ta lang tid [14].

Værforhold vil variere med årstidene. For ordens skyld regnes det i denne oppgaven med at det kan oppstå frost- og snøproblemer desember-mars. Overvannsproblemene regnes for å være værst på høstparten i månedene september-oktober, da det er da det er mest nedbør (her for Oslo) [69].

For frost del er det grøfter som er værst å arbeide med. Man bør derfor som førsteprioritet unngå å få disse arbeidene i periodene med mest frost. Sprengning blir derimot ikke særlig berørt av frost. Tvert om kan det ofte være en fordel med frost når man sprenger, grunnet fraværet av overvann. Tunge gravearbeider kan også gjøres om vinteren, men da med den ulempen med graving under frostfri dybde. Hvis man graver under denne dybden kan grunnvannet i disse lagene fryse og dermed skape problemer med fremdriften [33].

Man transporterer som tidligere nevnt som oftest masser til et massedeponi. Massedeponier er, spesielt i nærheten av storbyer, veldig begrenset, og med begrenset kapasitet. Dette medfører at lastebilene kan måtte kjøre store avstander for å levere fra seg masser. I storbyer som Oslo er det normalt å måtte kjøre 4-5 mil ut av byen for å deponere masser [36]. Det er stort sett likt hele året, men pågangen kan derimot være noe redusert på vinterstider. I tillegg kan transportprisene ofte være billigere. Det kan derfor lønne seg å drive de tunge grunnarbeidene på vinteren [14].

Om man skal utføre korte jobber, ønsker man å unngå vinteren helt og dermed arbeide vår/sommer [11, 14, 33, 35].

Hvis man har mulighet til å velge oppstart og man vet at jobben tar over ett år, vil man ønske å starte den på senvåren. Man kan da foreta de tunge gravearbeidene og sprengningen gjennom sommeren, høsten og vinteren, for så å ta arbeider med grøfter på vårtiden igjen.

Hvis man skal bestille inn kvalitetsmasser avtales dette med et pukkverk. Om pukkverket man kontakter har fraksjonen(e) man ønsker, kan man få massene levert på dagen. Om pukkverket ikke har fraksjonen, må det bestilles ny duk (sikt) som kan produsere den fraksjonen som er ønsket. Leveringstid er da normalt en uke [48]. Pågangen er størst i mai-desember, men pukkverk har generelt ikke problemer med leveringskapasiteten.

Ulike aktører i byggegrop

Som beskrevet i kapitlet skal det utføres en rekke arbeidsoppgaver i forbindelse med arbeider med byggegropen. Det er flere aktører som skal utføre arbeid og ofte oppstår det situasjoner der en aktør ikke får utført arbeid grunnet for eksempel plassmangel. Problemet er ikke nødvendigvis fremdriften, men prisen man ender opp med. For en totalentreprise har ofte UE for grunnarbeider en mengdepris. Om det er for mange aktører, slik at UE ender opp med mye dødtid skrives det avviksmeldinger. Prosjektet blir da dyrere enn det kunne vært om aktører fikk arbeide alene. For grunnarbeider er det best om alt av arbeider som kan utføres uavhengig av andre fag gjøres først. Dette vil skape en mye bedre drift [11, 14].

Kapittel 3

Plasstøpt betong

3.1 Innledning

Dette kapitlet handler om plasstøpt betong og de ulike prosessene som inngår før, under og etter utstøping. I tillegg til teori om forskaling, armering og betong, vil det også bli gjennomgått hvordan utførelsen av prosessen fra fersk betong til ferdig konstruksjon foregår. Til slutt blir planlegging av en støp gjennomgått.

Byggenæringen er en bransje med ca. 450 milliarder kroner i omsetningen. Grovt sett utgjør betongarbeider ca. 20% av byggekostnadene i et typisk leilighetskompleks [70]. Da byggenæringen omfatter vesentlig mye mer enn leilighetskompleks kan man ikke trekke noen direkte slutninger av denne prosentandelen, men den kan gi en viss pekepinn på hvor viktig betongarbeid er for BA-næringen. Betong er et meget godt byggemateriale og har flere gode egenskaper. Noen av disse egenskapene er [71]:

- God bestandighet og lang levetid
- God trykkfasthet
- Meget god formbarhet, som gjør den veldig arkitektonisk allsidig.
- God brannsikkerhet
- Relativt billig med tanke på pris
- God lydisolasjon

I de følgende delkapitlene vil teori om forskaling, armering og betong bli gjennomgått.

3.2 Forskaling

Betong er i fersk tilstand en flytende masse uten særlig styrke. For å forme den slik den er tiltenkt trengs det et hjelpemiddel: forskaling. Forskalingen er en form som betongen helles i. Denne forskalingen må stå helt til betongen har oppnådd en tilstrekkelig styrke til å stå alene. Det beste resultatet man kan oppnå er et 100 prosent speilbilde av forskalingsoverflaten når forskalingen er i belastet tilstand [72].

I henhold til NS-EN 13670 skal forskalingen [73]:

1. Motstå alle forutsigbare laster som den kan utsettes for i hele prosessen. Dette gjelder også laster under utførelsen, og omfatter ulike kombinasjoner av:
 - (a) Egenvekt av forskaling, armering og betong
 - (b) Betongens trykk mot forskalingen
 - (c) Dynamiske og statiske nyttelaster: Mannskap, utstyr, utlegging av betong og vibring
 - (d) Vind- og snølaster
2. Være tilstrekkelig avstivet og godt innfestet
3. Være stiv nok til å sikre at de geometriske toleransene som er spesifisert for konstruksjonen blir overholdt
4. Sikre at den permanente konstruksjonen ikke skades av forskalingens egenskaper

I tillegg må forskalingen være tett nok til at det ikke blir lekkasjer. Lekkasjer kan føre til at finstoffet og bindemiddelet i betongen renner ut og etterlater større partikler. Dette vil føre til betongsår som reduserer bestandigheten og estetikken til betongen.

Forskaling kan grovt skilles i to hovedkategorier:

1) Systemforskaling er ferdige kassetter som leveres i ulike størrelser og ulike dimensjoner [74]. Systemforskalingen er lett å montere og rive, men den krever en tilgjengelig kran, da den er meget tung. Systemforskaling er nesten enerådene i boligbygging og annen drift der betongarbeidene er lite komplekse [75].

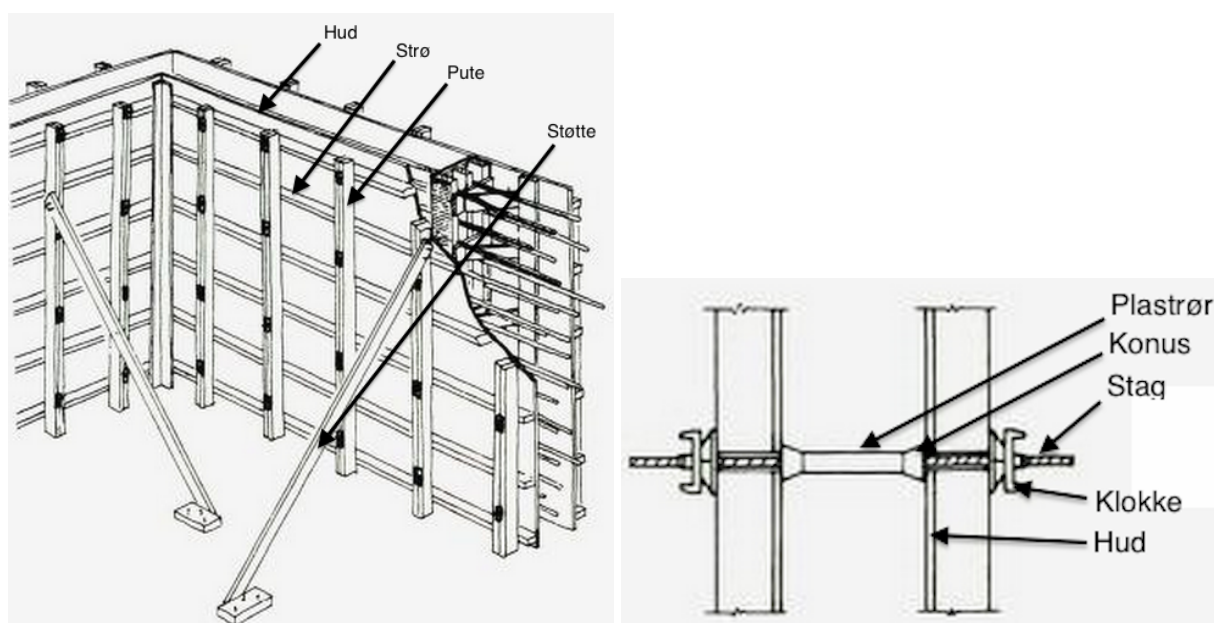
2) Tradisjonell forskaling er når forskalingen bygges opp ”fra scratch”. Dette gjøres oftest om det er komplekse arbeider der man ikke kan bruke systemforskaling, eller når konstruksjonen er en engangsforeteelse som ikke skal gjentas innen rimelig tid. Eksempler på dette kan være spesielle arkitektoniske utforminger, fundamenter, eller spesielle tilpasninger mot grunn, for eksempel en ujevn overflate av fjell.

3.2.1 Veggforskaling

En veggforskaling er en støpeform med to forskalingssider som bindes sammen med stag. Stagene finnes i ulike lengder og dimensjoner og skal sikre den veggtykkelsen som er prosjektert, samt sikre at veggene ikke beveger seg i forhold til hverandre. Støtter på sidene hindrer veggforskalingen i å velte [76].

Tradisjonell veggforskaling

Figur 3.1a viser oppbyggingsprinsippet for en *tradisjonell* veggforskaling. Den er bygget opp, innenfra, med hud, strø, puter og støtter. Disse delene er nærmere beskrevet under. Figur 3.1b viser et snitt av en forskaling som er bundet sammen med et stag (formstag).



(a) Oppbygging av tradisjonell forskaling [76]

(b) Snitt av en forskaling [76]

Figur 3.1: Forskalingsoppbygging

Strø

Strøene legges ut for å ta opp kreftene fra betongen, via forskalings huden. Mer om forskalingshud i avsnitt 3.2.2. Strøenes retning er avhengig av forskalingshudens retning. Har man for eksempel liggende bordforskaling, må strøene ligge vinkelrett på forskalingen og strøene blir stående. Den vanligste formen for strø er trebjelker med dimensjoner på $48 * 98\text{mm}$. Støpetrykket avgjør hvilke dimensjoner og senteravstander strøene skal være i.

Putestrekfisk

Putene legges vinkelrett på strøene og sikrer at strøene holdes i posisjon til hverandre, samt til å ta opp kreftene fra strøene.

Støtte

For å sikre at forskalingen står oppreist støttes de opp av forskalingsstøtter. Forskalingsstøttene boltes eller forankres slik at forskalingen ikke kan bevege seg.

Stag

For å sikre at forskalingen holder ønsket posisjon monteres det stålstag på utvalgte steder i forskalingen. Det finnes to hovedtyper stag [12]:

Malthusstag er stålstenger som støpes inn i betongen med konus. Disse har faste lengder og knekkes av etter støp. De låses av med kiler.

Dywidagstag er et stag som ofte støpes inn i betongen med plastrør/hylse og konus rundt seg. Figur 3.1b viser en forskaling hvor det er brukt dywidastag. Staget kan eventuelt støpes inn uten konus, men med et lengre plastrør. Etter betongen har oppnådd tilstrekkelig med styrke dras stagene ut av betongen slik at forskalingen kan fjernes. De etterlater seg hull som vanligvis fylles igjen med betong. Dywidastaget er mye tykkere og tåler betydelig større laster enn malthusstagene.

Antall stag og plasseringen av disse er avhengig av trykket fra betongen. I ferdig leverte forskalingskassetter er det faste hull hvor stagene skal monteres [77].

Klokke

Klokken fungerer som en mutter som skrues på hver av endene til dywidastaget, og brukes for å sikre at dywidastaget og forskalingen er i riktig posisjon i forhold til hverandre.

3.2.2 Forskalingshud

Forskalingshuden er den delen av forskalingen som er i kontakt med betongen, se figur 3.1b. Det er huden som i hovedsak angir utseende til ferdig herdet betong. Om kunden definerer et gitt utseende velges forskalingshud ut ifra dette. Om det ikke er definert, står entreprenøren fritt til å velge den forskalingshuden som passer best. Forskalingshud bør være *passé tett*. Er den *for tett* vil ikke separasjonsvann (se side 129) og luft fra betongen unnslippe og utseende til betongen vil bli nedsatt. Er den *for lite tett* vil mørtel og finstoff fra betongen kunne lekke ut, og det dannes steinansamlinger i betongen som forkorter konstruksjonens levetid. Med bakgrunn i hvilken tetthet man ønsker kan man velge mellom forskalingshud som beskrevet under. Det kan grovt skilles mellom to typer forskalingshud [78]:

- **Glatt:** Kryssfinér, stålhud, høvlet bordforskaling, plastbelagt finér.
- **Ru:** Uhøvlet bordforskaling eller drenerende forskalingsduk.

Kryssfinér, også kalt finér, er i dag det vanligste forskalingsmaterialet både ved plasstøpte konstruksjoner og ved prefabrikkering [79]. Fordelene med kryssfinér er at den gir glatte overflater og er tilgjengelig i mange ulike dimensjoner. En dimensjon som ofte brukes er $15 \times 750 \times 1500 \text{ mm}$ [12]. Vekten er også relativt liten, slik at den er lett å håndtere. Figur 3.2 og 3.3 viser en finérplater sett fra avstand og fra siden.



Figur 3.2: Finérplate

Finérhud som gjenbrukes og slites, vil gi ulik farge på betongen etterhvert, og de bør da bli byttet ut om det er krav til like farger/lik kvalitet på betongen. Finérlemmer bør være uten sår og hjørneskader. Om ikke hjørnene er nøyaktig 90 grader, vil det kunne oppstå glipper som fører til lekkasjer.



Figur 3.3: Finérplates lagoppbygging [80]

Stålhud gir ofte en fin og glatt overflate og brukes vanligvis ved støping av store, rene flater. Den har derimot noen ulemper [72]:

- Stålblater kan lett få bulker eller rustskader og bør kontrolleres mot dette ved jevne mellomrom.
- Forskalingshud av stålblater er relativt tung.
- Den er ømfintlig for temperaturforskjeller- den utvider og trekker seg sammen ved varierende temperaturer.
- Den gir liten isolasjon slik at den ofte er uegnet i kalde temperaturer.

Stålhud er helt tett slik at det forekommer lite lekkasjer. Dette kan være en ulempe som nevnt over. Både stålhud og finérhud har god kapasitet og kan ta store laster.

Bordforskaling (bordhud) er ”vanlige” treplanker som legges inntil hverandre og dermed utgjør en større forskalingsflate. Bordforskaling var tidligere den eneste metoden for å forskale før kryssfinér kom på markedet [74]. Bordforskaling er meget fleksibel med tanke på formen til den ferdige betongen. Denne typen forskaling tar derimot vesentlig lengre tid, og koster dermed mer penger enn annen forskaling. Den benyttes hovedsakelig når man skal støpe ut en konstruksjon man ikke vil klare med annen forskaling.

Bordforskalingens absorberende evne gjør at luftlommer og vann fra separasjon lettere forsvinner fra forskalingen, slik at problemer med porer i overflaten kan unngås. Denne typen forskaling gir da ofte et pent resultat om man greier å få forskalingen så tett at det ikke blir lekkasjer samtidig som den lar luft og vann unnslippe [81]. Fuktinholdet i forskalingen må også tas hensyn til. Blir bordene våte, sveller de opp og kan vri seg mot hverandre. Om materialene er fuktige når de påføres og deretter tørker ut (svinn), kan sementlimet renne ut og det vil kunne dannes brede fuger [72]. Dette kan løses ved å enten beskytte bordene mot vann, eller å vanne bordforskalingen. Bordforskalingen er i utgangspunktet ru, men kan gjøres glatt ved å bruke høvlrede bord.

Plasthud brukes mest som belegg for kryssfinér. På samme måte som stålhud gir plasthud en betongoverflate med meget fin og knapt synlig overflatestruktur[77]. En fordel med plasten er at den ikke bulkes eller medfører rustproblemer slik som stål huden.

Som tidligere nevnt vil en forskaling som er for tett kunne gi problemer med betongens utseende. For å unngå dette kan en **drenerende forskalingsduk** brukes for at vannet og luften skal unnslippe forskalingen. Duken legges på innsiden av forskalingen og lar vann og luft unnslippe mellom duken og forskalingsoverflaten. Den holder på partiklene i betongen, og sikrer en tett og porefri overflate, samt en tett betong. Den brukes derfor mye i marine områder, der det er store krav til betongens tetthet [77].

Forskalingsolje

Når betongen har herdet og fått den styrken den trenger for at betongen kan stå uten forskalingen, rives forskalingen. Forskalingen skal rives uten at betongoverflaten skades. Det påføres derfor et slippmiddel i forkant av støpen, som gjør at betongen slipper forskalingen lettere. Som slippmiddel brukes som oftest forskalingsolje. Oljen sprøytes på forskalingen og skal dekke hele forskalingsoverflaten i et jevnt, tynt belegg. Overflødig olje bør svabres vekk for å unngå porer og ujevnheter i betongen. Oljen må ikke komme i kontakt med armeringen, da dette minker heften mellom betong og armering [77]. Mer om heft i avsnitt 3.3.7.

3.2.3 Systemforskaling for vegger

En **systemforskaling** er bygget opp av et sett med standardiserte kassetter i ulike bredder og høyder som kan settes sammen og tilpasses etter ønske. Kassettene kan låses sammen med et låsesystem, og man har muligheter for å låse sammen i både bredden og i høyden. Dimensjonering av forskalingen gjøres som oftest av leverandør, og det er ferdige utsparinger for stag [82]. Støtter og støpeplattformer monteres på. Som hud er det mest vanlig å bruke forskalingsfinér, med eller uten plastbelegg, som støttes av et rammeverk av stålprofiler [77]. Figur 3.4 viser en systemforskaling som heises på plass.



Figur 3.4: Systemforskaling

Både tradisjonell forskaling og systemforskaling avsluttes med et **endesteng**. Et endesteng er ofte en trebjelke som monteres fast der hvor veggen skal avsluttes. Mer om hvordan dette utføres i avsnitt 3.6. Endesteng kan også monteres der hvor bunnplate skal støpes direkte på grunnmasser.

3.2.4 Gjenbruk av forskaling

Ved bestemmelse av hvor mange ganger forskalingen skal gjenbrukes, vil kundens krav og ønsker være en viktig faktor. Skal man bruke bordhud og ha fokus på *pene overflater*, vil det kunne tåles et gjenbruk på 3-4 ganger. Om det ikke stilles like store krav til overflatene, ligger gjenbruket på ca. 8-10 ganger. Uansett er det forutsatt at bordene behandles hensiktsmessig, med riktig påføring av forskalingsolje, forsiktig riving og rengjøring av materialene etter bruk. Forskalingen kan rengjøres med såpevann. Når man bestiller forskaling, bestiller man da ut ifra forutsatt gjenbruk[75]. Skal man grave ned veggene og/eller det ikke er andre krav til veggen enn at den skal være bestandig, kan forskalingen gjenbrukes vesentlig mer, ofte gjennom hele prosjektet. En systemforskaling med for eksempel finérhud kan brukes veldig mange ganger om det ikke er stilt noen krav til overflaten [83].

3.2.5 Dekkeforskaling

Dekkeforskalingen skal kunne bære vekten av betongen i tillegg til vekten av utstyr, materialer og bemanning.

Systemforskaling bygges opp med samme prinsipp som systemforskalingen for vegger, med hud, ramme og støtter. Disse heises inn og monteres sammen til et dekke. Figur 3.5 viser en av mange typer dekkeforskaling og hvordan den kan monteres.



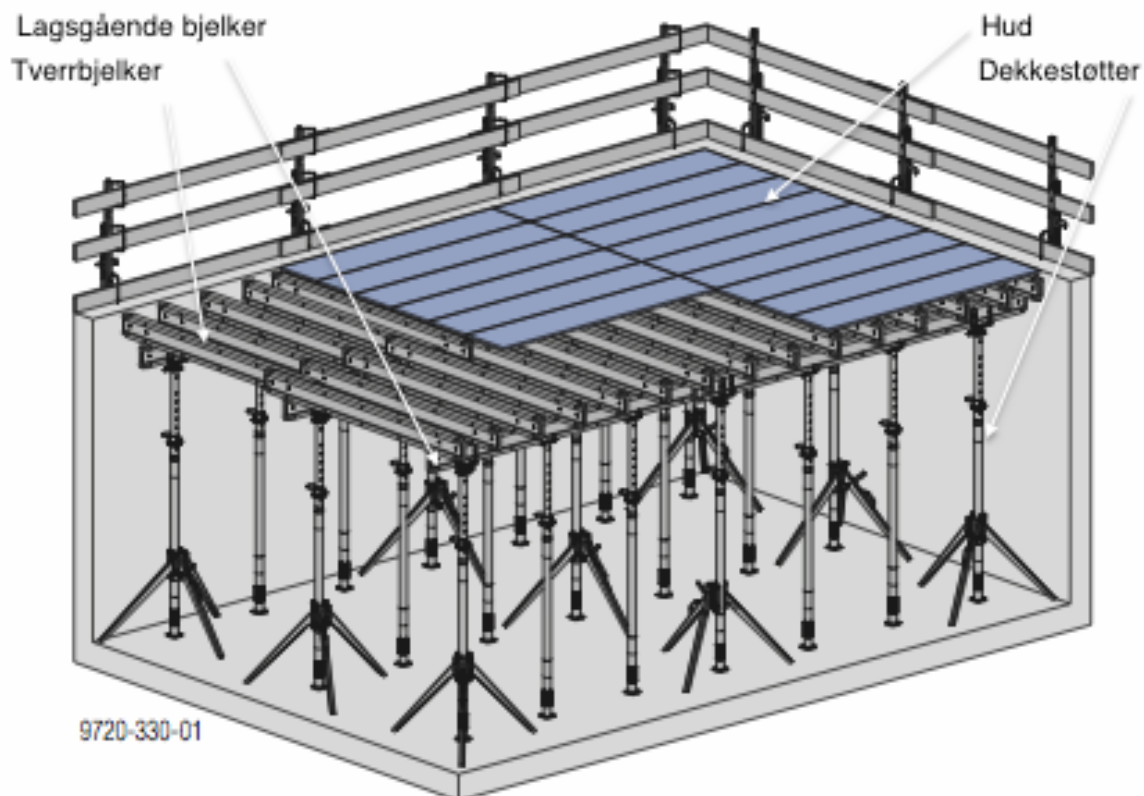
(a) Systemkassett [84]



(b) Montering av systemkassett [84]

Figur 3.5: Systemforskaling

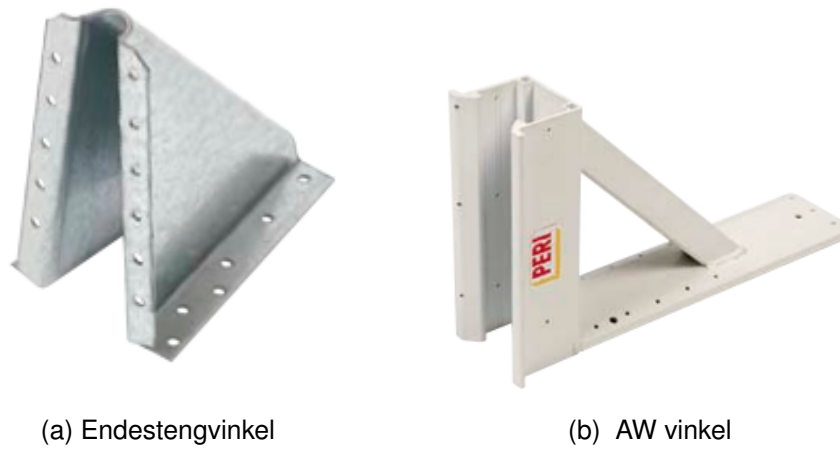
Tradisjonell dekkeforskaling kan bygges opp med dekkestøtter, langsgående bjelker (hovedbjelker), tverrbjelker og hud, se figur 3.6.



Figur 3.6: Tradisjonell dekkeforskaling [85]

Det er mest vanlig å bruke forskalingsfinér som hud. Denne har gode tilpasningsmuligheter, god kapasitet og er forholdsvis lett å anvende[83].

Både ved systemforskaling og tradisjonell forskaling kan støpen avsluttes og avgrenses med bruk av dekksteng. Dette kan være en bjelke, med dimensjoner avhengig av dekketykkelsen som monteres der støpen skal avsluttes. Dekkestengen kan sikres med en endestengsvinkel eller en AW vinkel, som vist i figur 3.7. Dekket på figur 3.8 er støttet med AW-vinkler.



Figur 3.7: Endestengsvinkel og AW-vinkel [86]



Figur 3.8: Oppstøtting av dekkesteng med AW-vinkel

3.2.6 Annen forskaling

Søyleforskaling

Søyleforskaling kommer i flere ulike former. De mest vanlige er kvadratiske, rektangulære eller runde [78]. Det kan enten forskales fra bakken med for eksempel systemforskaling, se figur 3.9a ,eller det kan forskales med pappforskaling. En stor forskjell er at man ved forskaling med papp ikke har den samme stabiliteten som ved systemforskaling. Dette medfører at forskaling med papp trenger ekstra støtte. Det er derfor mer vanlig å bruke pappsøyler når man skal støpe søyler der der en etasjeskiller på forhånd har blitt forskalt. Man kan da bruke dekkeforskalingen som støpeplattform og støtte for selve forskalingen.



Figur 3.9: Søyleforskaling [86]

Fundamentforskaling

For fundamenter er det som oftest mest fokus på konstruksjonens bestandighet og overdekning av armering, heller enn en pen overflate, siden fundamentene som oftest graves ned. Kvaliteten på forskalingshudens overflate er derfor ikke like viktig her som for vegger. Ofte er det slik at fundamentene i et bygg i stor grad er like. Derfor bygges det kassetter som er enkle å montere sammen og rive igjen, for så å kunne brukes på nytt [83]. For et kvadratisk eller rektangulært

fundament kan dette for eksempel løses ved å bygge forskalingen i to deler, med mulighet for å låse og åpne to steder.

3.2.7 Dimensjonering av forskaling

For at forskalingen skal kunne settes opp og støpes ut, må den dimensjoneres i forkant for at utførelsen og resultater er sikkert og gir de resultatene som er tiltenkt.

Tradisjonell forskaling

Dimensjonering av tradisjonell forskaling utføres av rådgivende ingeniør bygg, og resulterer i ferdige formtegninger som de utførende kan bruke for å montere forskalingen. Dette vil ikke bli nærmere gjennomgått i dette kompendiumet.

Systemforskaling

Systemforskaling kommer ferdig dimensjonert fra leverandør. Leverandøren oppgir tillatt belastning som bemanning, utstyr osv. For stige­hastighet tas det utgangspunkt i en hastighet på 1,5 m/time [79]. Det kan også brukes en støpetrykkskalkulatorer som er tilgjengelige på internett. Et eksempel på en slik kalkulator finnes på:

[http : //www.doka.com/web/tools/apps/doka](http://www.doka.com/web/tools/apps/doka)

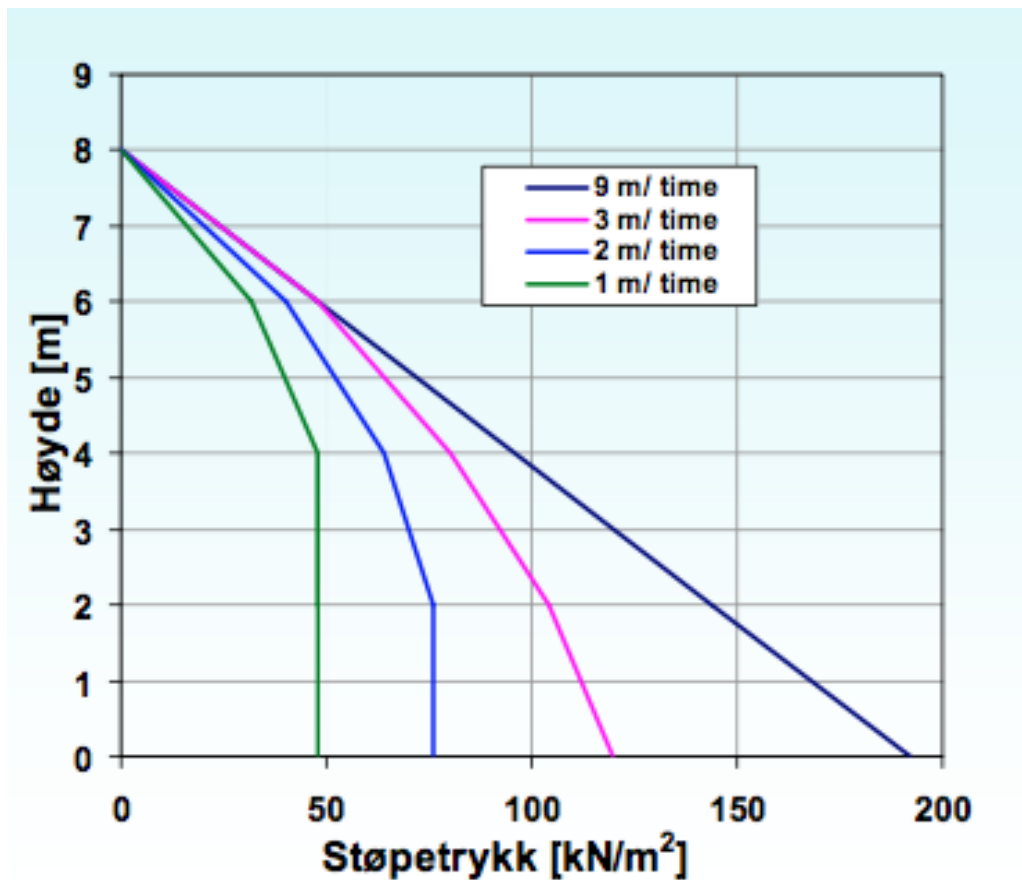
Denne kalkulatoren beregner tillatte laster for vegger og dekker (men bare for Dokas forskalingsprodukter). Blant annet får man ut maks tillatte variable og faste laster, samt avstander mellom støtter og lignende.

Laster på veggforskaling

Som nevnt i innledningen til kapittelet må forskalingen blant annet dimensjoneres for forskalingens, armeringens og betongens egenvekt, i tillegg til betongens trykk og andre dynamiske og statiske laster som mannskap, utstyr og vind.

Betongtrykket

Betongtrykket oppstår ved fylling av formen og kalles *tikstopisk trykk*. Trykket utvikles med et prinsipp som vist i figur 3.10 og er svært avhengig av hvor fort man heller betong i formen. Betongen binder av etterhvert og trykket avtar da som følger av dette.



Figur 3.10: Prinsipp for utvikling av en betongs støpetrykk i forhold til høyde og støpehastighet [87]

Vanlig betong vil inneholde luftporer når den helles i formen. For å få ut disse porene er det vanlig å vibrere betongen. Som oftest bruker man en stavvibrator. Bruk av denne beskrives nærmere i 3.4.7. Når vibratoren føres ned i betongen slår den mot steinene i betongen og hjelper luften å unnsnippe betongen. Det vil si at jo mer stein det er i betongen, jo større effekt har vibratoren [79]. Vibreringen fører også til at betongen blir hydrostatisk¹ i det området vibratoren virker, ved at den bryter ned flyteskjærspenningen i betongen [6]. Man kan da si at den oppfører seg som en væske og man får dermed et lokalt, hydrostatisk trykk der hvor det vibreres (som er større enn om det ikke hadde blitt vibrert). Man kan si at vibratoren virker i en radius tilsvarende lengden av vibratoren [79].

Figur 3.11 viser en trykkmåler som kan brukes til å overvåke trykket som oppstår under støp.



Figur 3.11: Apparat for kontroll av betongens trykk

Apparatet måler strekkreftene i staget som binder forskalingen sammen og brukes gjerne i forbindelse med høye veggstøper. Det monteres på staget, mellom rammen og klokken og registrerer altså trykket som oppstår mellom de to.

¹Trykket et sted der en væske er i ro [88]

3.3 Armering

Betongen er et materiale med god trykkfasthet som vanligvis ligger rundt 25 MPa. Strekkfastheten er derimot relativt liten og er ca. 1/10 av trykkfastheten [89]. Da det i en konstruksjon vil oppstå krefter i ulike kombinasjoner i form av trykk, skjær og strekk trengs det noe som sørger for at ikke konstruksjonen bryter sammen. Til dette brukes det ofte armering i form av stålstenger. Armeringen ligger innstøpt i betongen, og bidrar til å bære laster som påføres konstruksjonen. Den tar opp trykk-, strekk- og skjærkrefter i tillegg til at den begrenser svinn og riss. Armeringen kan være slakkarmering, spennarmering eller fiberarmering.



Figur 3.12: Armering

3.3.1 Materialer

Stål er i utgangspunktet bygget opp av jern og karbon. Stålets mekaniske egenskaper varieres ved å endre på innhold av karbon. Et høyt karboninnhold gir et sprøtt stål med høy fasthet. Et lite karboninnhold gir et bløtere stål med lavere fasthet. Stålets egenskaper kan også endres i ulike retninger ved å tilsette stoffer som mangan og silisium [90]. Armeringsstålet skal samsvare med kravene som er gitt i produksjonsunderlaget og de aktuelle standardene det prosjekteres etter. Overflaten av stålet skal være uten løs rust og skadelige stoffer som kan ha negativ innflytelse på stålet, betongen eller heften mellom dem [73].

3.3.2 Slakkarmering

Slakkarmering, ofte kalt tradisjonell armering, er i dag mest brukt og kommer vanligvis enten som kamstål, side 111, eller armeringsnett, side 113. Slakkarmering legges/monteres i forskalingsformen uten noen form for oppspenning før utstøping. Avhengig av hva som trengs kan stålet leveres:

- I rette lengder (i bunt)
- Ferdig kappet til ønskede lengder
- Ferdig bøyd
- På rull (kveil)

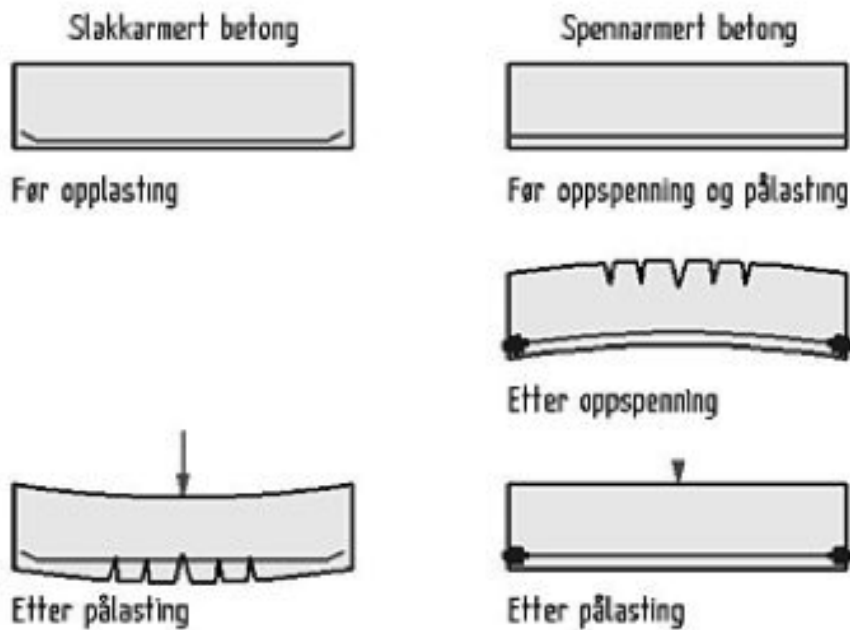
Slakkarmering kan prefabrikeres (monteres sammen) på *jernriggen*, se figur 3.13, før den heises på plass i forskalingsformen.



Figur 3.13: Jernrigg

3.3.3 Spennarmering

Spennarmering brukes for å øke kapasiteten til konstruksjonen, slik at man kan tåle større spenn og/eller mindre betongtverrsnitt enn når betongen er slakkarmert. Figur 3.14 illustrerer hvilken effekt spennarmering har på betongen: Det skilles mellom to former for oppspenning:



Figur 3.14: Slakk- og spennarmering [76]

Etteroppspent armering skjer i innstøpte kabelrør. Armeringen trekkes gjennom rørene, og spennes opp etter betongen har utviklet tilstrekkelig fasthet, og forankres i endene.

Føroppspent armeringen er armering som blir spent opp før betongen helles i formen. Når betongen herder er armeringen støpt inn med spenn. Heften mellom betong og armering sikrer kraftoverføringen.

Arbeid med spennarmering bør utføres av en spesialentreprenør med tilstrekkelig erfaring [73]. Det er også viktig å beskytte denne typen armering godt under transport og lagring, slik at ikke egenskapene svekkes som følge av korrosjon.

3.3.4 Kamstål

Kamstål er ”vanlig” armeringsstål og gjenkjennes ved at det har uthevede kammer i overflaten, se figur 3.15.



Figur 3.15: Kamstål [91]

Stålet kommer i flere ulike lengder, former og dimensjoner. Med dimensjoner menes diameteren til armeringen og betegnes med \varnothing . Har man kamstål med en diameter på 16 millimeter betegner man dette med $\varnothing 16$. For kamstål skal kvaliteten være i henhold til NS 3576, del 1-4 avhengig, av duktilitetsklasse, og sertifisert i henhold til NS-EN 10080. Figur 3.16 viser et eksempel på hvilke dimensjoner og lengder man kan bestille kamstål i, her hentet fra Smith ståls produktkatalog.

DIM. I MM	KG/M	LGD	DIM. I MM	KG/M	LGD
tykkelse			tykkelse		
8	0,40	6/12	16	1,58	6/12/14/18
10	0,62	6/12	20	2,47	6/12/14/18
12	0,89	6/12	25	3,85	6/12/14/18
14	1,23	12	32	6,31	6/12/14

Figur 3.16: Dimensjoner og lengder fra leverandør [91]

Det er greit å merke seg lagerlengdene, hvor de vanligste er 6 og 12 meter. Dette må man tenke på ved planlegging av støpeetapper. Mer om dette i avsnitt 3.7.

3.3.5 Betegnelse og identifisering av armering

Ulike konstruksjonsdeler har ulike krav til armeringen. Derfor merkes armeringen før den sendes fra stålleverandøren, slik at de utførende vet hvor den leverte armeringen skal plasseres i konstruksjonen. NS 3576 består av 4 deler (4 kvaliteter) under hovedtittelen *Armeringsstål- mål og egenskaper*. De ulike delene er [92]:

Del 1: Kamtråd B500A

Del 2: Kamstenger B500B

Del 3: Kamstenger B500C

Del 4: Sveiste armeringsnett

- Bokstaven B betegner at stålet har kammer
- Tallet 500 betegner stålets øvre flytegrense
- Bokstavene A, B og C betegner stålets duktilitetsklasse

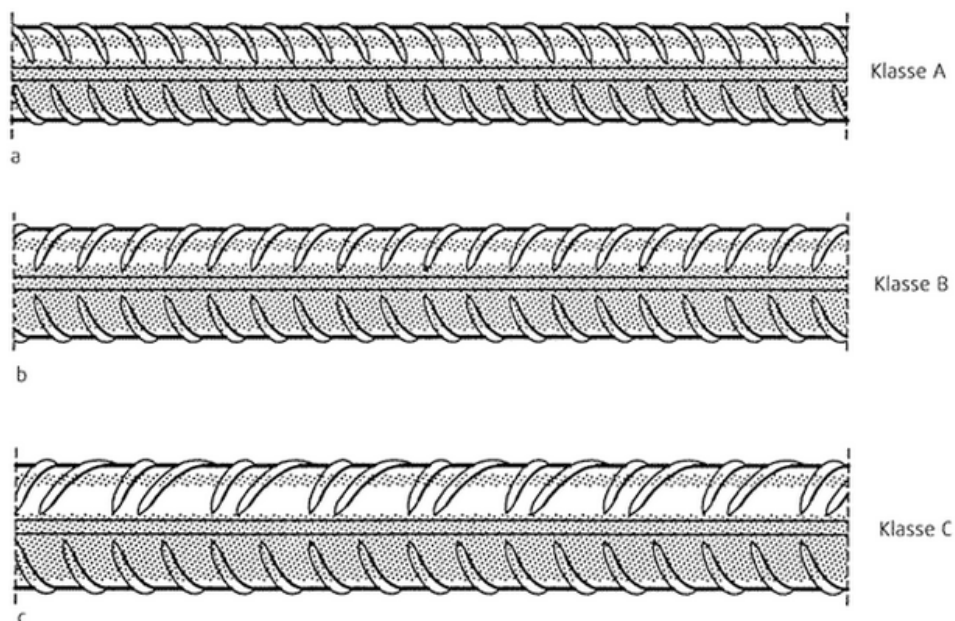
Det er altså duktiliteten som er hovedforskjellen mellom del 1, 2 og 3. Duktiliteten er er mål på hvor langt en gitt prøvestav kan tøyes ved en gitt kraft uttrykt i prosent av opprinnelig målelengde [93].

Når man betegner stålet skal både standarden som stålet ble produsert etter og standardens del være med. I tillegg skal nominell stangdiameter, ikke medregnet det kammene bygger, være med. Et eksempel kan være: *Kamstenger - NS3576-3 - 16 mm*.

Den stålklassen som er mest brukt i Norge er er B500C [94]. Det refereres derfor til denne stålklassen om ikke annet er oppgitt.

Identifisering

Armeringsstålet merkes for å kunne identifisere stålet. Merkingen skjer ved å endre på kammønsteret, se figur 3.17.



Figur 3.17: Merking av stål [93]

B500A er merket med tre kamrader hvor den ene heller motsatt vei av de øvrige to.

B500B identifiseres ved at den ene kamraden er i motsatt vinkel til den andre. Alle kammer i samme rad er parallelle.

B500C identifiseres ved at den ene kamraden har forskjellige kamvinkler, slik at hver kam har en annen vinkel enn nabokamen. På motsatt side skal alle kammene være parallelle.

Ved fortykning av enkelte kammer lages det et mønster av tykke og tynne kammer, slik landet som armeringen ble produsert i samt valseverket kan identifiseres.

3.3.6 Armeringsnett

Sveiste armeringsnett skal framstilles av kamtråd fra NS-EN 3576 del 1, eller kamstenger fra den samme standards del 2 eller 3 [93]. Armeringsnett leveres fra leverandør enten som standardnett eller prosjektnett.

Standardnett er leverandørens utvalg av nett med bestemte mål, der alle krysspunkter er sveiset. For betegnelse av nettype bruker man bokstaven **K** som betegner at nettets ruter er kvadratiske og et tall som betegner nettets armeringsareal (mm^2/m).

Det vil si at hvis man har et nett som har et armeringsareal på $257 \text{ mm}^2/\text{m}$ og kvadratiske ruter vil nettypen være *K257*. Vanlig størrelse på standardnett er $2000 * 5000 \text{ mm}$ med maskestørrelse på $150 * 150 \text{ mm}$. Slike typer armeringsnett brukes mest på gulv på grunn, i dekker eller i vegger. Fordeler med å bruke armeringsnett er:

- Man unngår kapping og bøyning på stedet
- Rask utlegging
- Sikkerhet ved gitt maskevidde
- Ofte på lager, og derfor er bestillingstiden kort.

Prosjektnett/spesialnett er armeringsnett som er tilpasset det enkelte byggeprosjektet. Det brukes ofte i forbindelse med plattendekke (se avsnitt 3.6.7) og vanlige størrelser er ca $500 * 4000 \text{ mm}$.

Rullearming

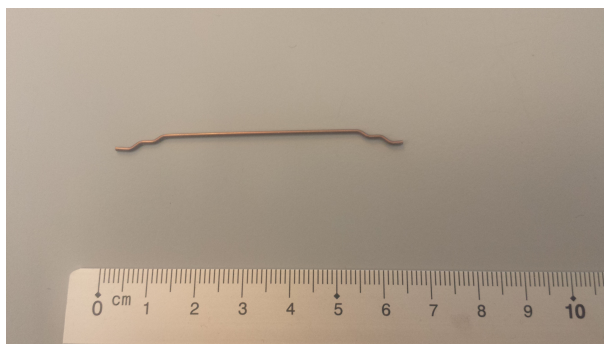
Rullearming er ferdig kappede armeringsstenger som er punktsveiset til et metallbånd eller lignende og levert på rull. Denne kan tilpasses de fleste geometrier og rulles direkte ut på dekket. Armeringstiden reduseres med opp mot 80 prosent [95]. Det krever derimot bedre planlegging og tilrettelegging før den kan rulles ut, og krever spesiell oppmerksomhet rundt utsparinger og oppstikk fra søyler. I tillegg krever den større lagringsplass enn vanlig kamstål. Figur 3.18 viser hvordan utlegging av rullearming kan foregå.



Figur 3.18: Utlegging av rullearming [95]

Fiberarmering

Fiberarmering brukes for å en økt armeringseffekt i alle sjikt av betongen. Fibrene blandes som oftest inn i betongen på blandestasjonen men noen type fibre kan også blandes direkte i betongbilene. Fibrene er vanligvis av plast eller stål og kommer i størrelser på 5-10 cm. Figur 3.19 viser et eksempel på en type fiberarmering. Fiberarmeringens funksjon er å ta opp strekkspenninger



Figur 3.19: Fiberarmering

som normalt fører til riss. Når fibrene tar opp disse kreftene spres kreftene til forankringsendene til fibrene slik at det dannes strekkspenninger. Dette fører igjen til riss. Disse rissene er derimot mindre enn de ordinære rissene. Ved tilsetninger av tilstrekkelig med fibre i betongen vil altså store riss forvandles til flere små riss [96]. Fiberarmering brukes mest i gulv på grunn, og i sprøytebetong [97]. De skaper også bedre duktilitet og skjærkapasitet. Noen type fibre kan også forbedre konstruksjonens brannmotstand. I Norge finnes det ikke noe godkjent regelverk for dimensjonering av konstruksjoner med bruk av fiberbetong. Det brukes derfor ikke som hovedarmering i lastbærende konstruksjoner. Det er viktig at betongen proporsjoneres korrekt ved bruk av fiberarmering. Om betongen er for stiv, kan man få problemer med at fibrene ikke synker ned i betongen, og kan ende med å stikke opp etter betongen er stivnet. Dette kan igjen føre til at man må slipe dem vekk etter støp [96].

Bøyd armeringsstål

Armeringsstål leveres enten i rette lengder eller bøyd. Armeringen bøyes med en helautomatisk bøyebank. Skal man bøye stål på byggeplass trenger man i følge NS-EN 13670 en slik bank [73]. Mer om bestilling av armering i avsnitt 3.7.

3.3.7 Korrosjon, heft og temperaturkoeffisienter

For at armeringen og betongen skal virke godt sammen, må de tilpasses hverandre og utføres korrekt. Det er tre faktorer som er vesentlige for å oppnå godt samvirke. Disse er [90]:

- Beskyttelse mot *korrosjon*: Aggressiver bryter ned armeringen slik at konstruksjonens levetid reduseres.
- *Heft*: Armeringen skal overføre krefter til betongen.
- *Temperaturkoeffisienter*: Betongen og stålet bør ha like temperaturkoeffisienter og bør utvides likt slik at ikke betongen risses eller sprekker opp ved temperatursykler.

Korrosjon

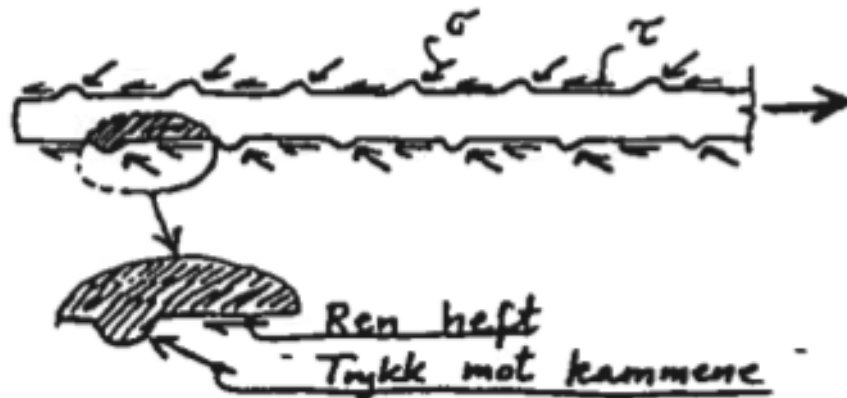
Korrosjon av armering skjer i hovedsak når klorider og/eller karbondioksid trenger inn i betongen og reagerer med stålet. Om betongen ikke er bestandig nok, eller har tilstrekkelig med overdekning, kan armeringen ruste. Dette gjelder spesielt for konstruksjoner ved sjøvann eller for konstruksjoner som utsettes for salting. Karbondioksid finnes i luften og trekker inn i betongen. Hastigheten avhenger av luftens relative fuktighet og betongens bestandighet (se avsnitt 3.4.3 for mer informasjon om bestandighet). Når stålet ruster får dette følgende konsekvenser for betongen:

- Stålet utvider seg og skaller av og betongen får et trykk innenfra. Dette kan i verste fall føre til at betongen sprekker opp eller skaller av.
- Konstruksjonen blir svakere som følger av at effektiv diameter på armeringen blir mindre og heften svekkes.

For å sikre mot dette, må det sørges for at betongen har riktig overdekning, og at den er tilstrekkelig tett. For utsatte konstruksjoner i meget aggressive miljøer kan man det vurderes å bruke rustfri eller syrefast armering. Eksempler på aggressive miljøer er offshorekonstruksjoner, kai-er eller bruer. Rustfri armering har en mye høyere resistens mot klorider enn vanlig armering. Syrefast armering har igjen høyere resistans enn rustfritt stål.

Heft

For å få maksimalt ut av en konstruksjon må armeringen og betongen virke sammen. Det er derfor viktig at heften er god. Heft er det som gjør at betongen og stålet ikke beveger seg i forhold til hverandre. I betong som er armert med kamstenger vil bidraget til heften være den rene skjærspenningen mellom betong og stål, i tillegg til skråtrykket mot kammene, se figur 3.20.



Figur 3.20: Heft mellom betong og kamstål [90]

3.3.8 Skjøting

Om man skal støpe en vegg som er så lang at man ønsker å dele støpen i to, er det nødvendig å skjøte de to etappene sammen. Dette gjøres ved å skjøte armeringen mellom etappene slik at armeringen fra den første etappen festes i armeringen fra den andre etappen.

Omfaringskjøt

En *omfarings-skjøt* er en armerings-skjøt der to armeringsstenger legges inntil hverandre og bindes sammen med ståltråd. Som en tommerfingelregel kan vi si at en omfarings-skjøt skal ha en lengde tilsvarende 50 ganger armeringens diameter [94]. Det vil si at om armeringen har en diameter på 16mm, bør lengden på omfarings-skjøten være:

$$\text{Omfaringsslengde} = 50 * 16\text{mm} = 800\text{mm} = 0,8\text{m}$$

Muffeskjøt

En muffe er kort og rørformet og brukes for å skjøte to armeringsstenger, se figur 3.21. Muffens styrke skal være så god at det ikke skal forekomme brudd i skjøten før flyting inntreffer i stangen utenfor skjøten [93].

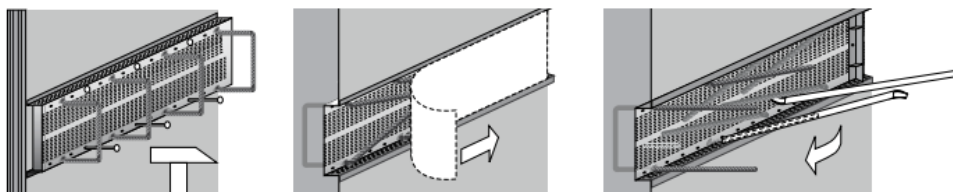


Figur 3.21: Muffeskjøt [86]

En fordel med denne typen skjøting er at man ikke trenger å forleng armeringen ut gjennom endestengen, slik man trenger for en omfaringskjøt. Mer en dette i avsnitt 3.6.3.

Skjøtearmeringskassetter

Skjøtearmeringskassetter er kassetter som spikres på innsiden av forskalingen. Bøyer stikker ut fra kassettenes baksider og kobles sammen med armeringen i konstruksjonen. Når forskalingen rives, kan belegget som dekker armeringen rives av og armeringsstenger bøyes ut. Disse kan omfarses med armeringen i konstruksjonsdelen den skal skjøtes mot. Figur 3.22 viser en slik kassett (her for skjøting av vegg og etageskiller).



Figur 3.22: Skjøtearmeringskassett [86]

Disse kassettenes brukes mest når en vegg skal skjøtes loddrett mot en annen vegg. Mer om dette i avsnitt 3.6.3.

3.3.9 Armeringsverktøy og tilbehør

For å sikre at armeringen kommer på plass og forblir der trengs det diverse hjelpemidler og produkter.

Armeringsverktøy

Hvis armeringen kommer på byggeplass som rette stenger, må de bindes sammen. De monteres sammen med ståltråd og det brukes som oftest en jernbindertang eller med en symaskin for å utføre dette. Figur 3.23 viser en jernbindermaskin, en jernbindertang og to armeringsstenger som har blitt bundet sammen. Jernbindermaskinen er betydelig raskere og gir mindre slitasje på kroppen enn jernbindertangen. Ved armering av store dekker er jernbindermaskinen en stor fordel.



(a) Jernbindermaskin [98]



(b) Jernbindertang [99]



(c) Sammenbundet armering

Figur 3.23: Jernbinding

Om man ønsker å kutte selve armeringsstangen, kan dette gjøres med en armeringskutter, som er vist i figur 3.24.



Figur 3.24: Armeringskutter [98]

Armeringstilbehør/produkter

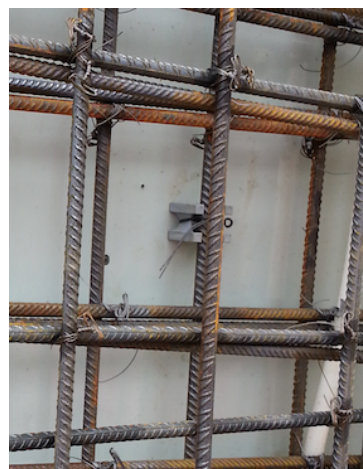
Armeringstilbehør sikrer blant annet at armeringen har riktig avstand i forhold til hverandre og at den får den nødvendige overdekningen² den trenger. Videre beskrives det mest vanlige armeringstilbehøret.

Armeringsstoler

For å oppnå den spesifiserte overdekningen for armeringen [73] brukes armeringsstoler. Riktig overdekning er viktig for å sikre beskyttelse mot korrosjon av armeringen samt sikre mot temperaturer i for eksempel en brann. Det skal merkes at ved for stor overdekning reduseres bæreevnen til konstruksjonen, som følge av mindre moment på armeringen [100]. Armeringsstolene kommer i både plast, stål og betong. Hvis den kommer i betong eller sementbaserte materialer bør den som et minimum ha samme fasthet og gi samme korrosjonsbeskyttelse som betongen i konstruksjonen. Hvis armeringsstolen er av stål, og den er i direkte kontakt med betongoverflaten, skal den bare brukes i tørt miljø, som tilsvarer eksponeringsklasse X0 og XC1 i NS-EN 206-1 [73]. Dette blir gjennomgått videre i avsnitt 3.4.3. Figur 3.25a viser en armeringsstol i plast og figur 3.25b hvordan en armeringsstol kan monteres for å sikre overdekning i en vegg.



(a) Armeringsstol i plast [86]



(b) Armeringsstol på vegg

Figur 3.25: Armeringsstol i plast

Armeringsstolen i figur 3.25a er laget slik at man ved å snu på den kan oppnå to ulike overdekningshøyder. Dette må man passe på da det potensielt kan gi for liten overdekning om man monterer den feil vei i forhold til den prosjekterte overdekningen. Armeringsstolene brukes bare i vegger.

²Lag med betong som dekker/beskytter armeringen

For dekker brukes langsgående armeringskinner. Figur 3.26 viser armeringskinner og hvordan de kan legges ut på et dekke.



(a) Armeringskinner for hard underlag [86]



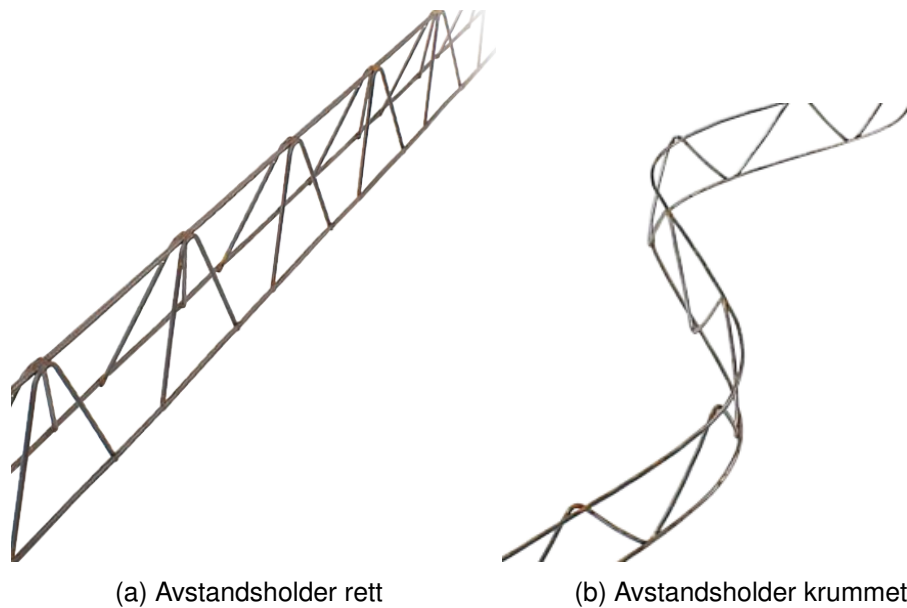
(b) Utlagte armeringskinner på en dekkeforsikling av finér

Figur 3.26: Armeringskinner

Armeringsstolene kommer i et stort antall varianter, både for hardt og mykt underlag, men prinsippet er det samme: Å sikre at armeringen får den overdekningen som er beskrevet i prosjekteringen.

Avstandsholdere

Avstandsholdere legges for å sikre at to ulike lag med armering har den avstanden i forhold til hverandre som er tiltenkt. Disse kan brukes både til vegger og til dekker. For et dekke vil disse sikre betongen får den overdekningen i overkant av armeringen som den skal ha. Figur 3.28 viser to ulike avstandsholdere og et eksempel på hvordan avstandsholdere kan legges ut på et dekke.



Figur 3.27: Avstandsholdere [86]



Figur 3.28: Rette avstandsholdere brukt på dekke

Utfordringer med armering

Trendene de siste årene har vært mer og tettere armering, trangere tverrsnitt og mer fokus på resultat [101]. Ved veldig tett armering kan vi få følgende problemer:

- Armeringen filtrerer betongen, slik at den separerer tilslaget. Ukomprimert mørtel og slam blir liggende på den andre siden.
- Armeringen hindrer tilstrekkelig komprimering, som fører til et dårligere resultat.
- Støpesår og manglende betong under og utenfor den tette armeringen.

Et viktig punkt å merke seg, er at kamstål bygger mer enn den nominelle diameteren. Kamme-
ne bygger, i ulik grad, avhengig av diameter ut og minsker avstanden til neste armeringsstang.
For kamstål med $\varnothing 16$, regnes det at kammene bygger 4mm. ekstra. Det vil si at vi får totalt 0,8
cm mindre avstand mellom armeringen enn vi kan forvente ut ifra stålets diameter [90]. Dette
kan bety en vesentlig ulempe for utstøpingen. Det er ofte vanskelig å oppdage om armeringen
er for tett ved å se på tradisjonelle armeringstegninger. Bruk av BIM³ kan forbedre dette inn-
trykket, og dermed bidra til at situasjoner med vanskelige utstøpningsforhold i større grad kan
unngås. I tillegg er det ofte slik at armeringstegninger kommer i siste liten og at bøyelistene blir
sent direkte til stålleverandør. Dette gir entreprenøren mindre tid til å planlegge og faren for at
konstruksjonen er vanskelig å støpe ut øker.

³BygningsInformasjonsModell som brukes i prosjektering av konstruksjoner [102]

3.4 Betong

NS-EN 206-1 definerer betong som et materiale som fremstilles ved å blande sement, grovt og fint tilslag og vann [103]. Betongmassen skal produseres i samsvar med denne standarden. Betongmassen skal ikke separere, og den skal være så stabil at den tåler transport, fylling i formen, bearbeiding og vibrering. NS-EN 13670 skal sikre at betongkonstruksjoner utføres med tanke på at bygget skal ha god levetid og kvalitet og stiller blant annet krav til kompetanse hos de utførende, geometriske avvik og grunnleggende krav til utførelse for de arbeider som omfattes av standarden.

Det er i denne delen av oppgaven valgt å skille mellom to typer betong: Normalbetong, og selvkomprimerende betong, heretter kalt SKB. SKB blir gjennomgått i avsnitt 3.4.5. Der det ikke er oppgitt annet, og det refereres til betong, er det da normalbetong det er snakk om da normalbetong brukes mest [79].

3.4.1 Betongens delmaterialer

Betongen er som nevnt normalt bygget opp av tilslag, sementlim og vann. I tillegg tilsettes tilsetningsstoffer for å bedre betongens egenskaper, og for å styre egenskapene i de retningene som er ønsket. Tilslaget, som ofte er sand og stein utgjør ca $\frac{7}{10}$ av volumet, mens vann og sementlim utgjør de resterende $\frac{3}{10}$. Tilsetningsstoffer utgjør lite i volum, men vil ha stor innvirkning på betongens egenskaper.

Tilslag

Tilslag er en fellesbetegnelse på sand og stein i betongen. Definisjonen av sand er når steinpartiklene har en størrelse på mindre enn 4 mm. For å få en stabil betong, ønsker man en mest mulig jevn kornfordelingskurve i tilslaget, uten sprang i størrelser. Man ønsker derfor en jevn fordeling av steinstørrelser i betongen. Kravene for tilslaget er gitt i standarden NS-EN 206-1. Tidligere var det ofte vanlig å ta tilslag fra elvegrus eller morene, men grunnet nye miljøkrav er det mer vanlig å benytte knust stein fra steinbrudd eller sprengningsarbeider. Knust steinmateriale har den fordel av at den har skarpe kanter som forbedrer heften, men også den ulempen at det må brukes mer vann og dermed også mer sement, noe som gjør betongen dyrere. Vanligvis har betongleverandørene grus og to fraksjoner med puk som brukes til produksjon av betong, og som tilfredsstiller alle krav [6].

Sement

Sement er limstoffet i betongen og sørger for at tilslaget henger sammen. Når man tilsetter vann til sementen begynner den etterhvert å binde av og herde (hydratisere), som vil si at den blir stiv, og begynner å utvikle fasthet. Sammen med tilslaget blir dette betong. Når sementen herder utvikles det store mengder med varme. Dette har en betydelig innvirkning for herdingeprosessen til betong. Mer om herding i 3.4.4. Konstruksjonssementer på det norske markedet er klassifisert i forhold til NS-EN 197-1 og NS 3086. Sementen beregnes etter sin nominelle sluttfasthet og det opereres med tre fasthetsklasser: 32,5, 42,5 og 52,5 (MPa) [77]. Da fastheten til sement er betydelig lavere enn fastheten til tilslaget som normalt brukes i Norge, er det sementens styrke som vil avgjøre hvor sterk betongen er. Det finnes ulike sementtyper for forskjellige formål. Under beskrives de mest vanlige typene:

Standardsementer er de mest brukte sementene i Norge [104]. Den mest vanlige er standardsement FA med 20% flyveaske, og utgjør opp mot 70% av det norske markedet [6]. Disse sementtypene egner seg best til ordinære konstruksjoner og har en moderat fasthetsutvikling [77].

Industrisement gir en rask fasthetsutvikling og brukes i elementindustrien [6]. Industrisement utvikler mye varme, som kan være en fordel ettersom vi ønsker å unngå at betongen fryser ved kalde temperaturer. Det kan argumenteres for at dette ikke er en riktig metode for å unngå frost i betong. Mer om dette i avsnitt 3.4.4. Industrisement brukes mye i elementindustrien [77].

Anleggssement har en meget høy sluttfasthet samtidig som fasthetsutviklingen er forholdsvis treg. Dette gjør at sementtypen passer godt til store konstruksjoner, der det er fare for at betongen utvikler så høye temperaturer at det skapes riss i betongen [6]. Aktuelle bruksområder er bruer, kaier og kulverter.

EPD

EPD (Environment Product Declaration) er miljødeklarasjon for et produkt og gir et livsløpsbasert regnskap for det aktuelle produktet. For betongen deklarerer karbonavtrykket og innebygd energi. Det vil si hvor mye energi som har gått med til å lage betongen, inkludert sementen [6].

Tilsetningsstoffer og tilsetningsmaterialer

Tilsetningsmaterialer, også kalt pozzolaner, er mineralske materialer som til en viss grad reagerer med de andre bestanddelene i betongen. De mest vanlige tilsetningsmaterialene er silikastøv og flygeaske. Når sement reagerer med vann dannes det, i tillegg til sementlimet, et biprodukt som ikke bidrar til fasthet i betongen. Et pozzolan reagerer med dette biproduktet og danner mer bindemiddel, som igjen gir betongen en fasthetsøkning [77].

Silikastøv kan bedre betongens stabilitet og bestandighet.

Flygeaske brukes som en tilsetning i sementen og har ofte en positiv effekt på betongoverflaten og kan bidra til færre porer og skjolder, i tillegg til at faren for svinnriss minker. Flygeaske gjør også betongen mer stabil.

Tilsetningsstoffer er produkter som tilsettes betongen i relativt små mengder, som påvirker betongens egenskaper i ulike retninger avhengig av hvilket stoff man tilsetter. Effekten av tilsetningsstoffene vil variere noe og er blant annet avhengig av sementtypen, tilslaget, kombinasjon av andre tilsetningsstoffer, temperatur og blandetid.

Tilsetningsstoffer som brukes i Norge er gitt i tabell 3.1. Til å beskrive tilsetningsstoffenes funksjon brukes begreper som støpelighet, konsistens og mobilitet. Disse begrepene forklares i avsnitt 3.4.2.

Tabell 3.1: Tilsetningsstoffer

Tilsetningsstoff	Funksjon	Tilsettes ved/når
Luftinnførende stoffer (L)	Danner jevnt fordelte luftporer i sementpastaen. Porestrukturen fungerer som kulelagre og forblir i betongen etter at den har herdet. Dette gir betongen en bedre frostbestandighet, mobilitet og stabilitet.	Normalt tilsettes dette på blandeverket, men kan også tilsettes på byggeplass, for eksempel ved plutselig forandring i temperatur som krever at det trengs en mer mobil betong [77].
Plastiserende (P) og Superplastiserende (SP) stoffer	Reduserer overflatekreftene og friksjonen mellom sementpartiklene. Dette fører til en <i>økt støpelighet</i> og <i>økt mobilitet</i> . I tillegg er stoffene til en viss grad <i>retarderende</i> . Forskjellen på P og SP er graden av den plastiserende effekten, hvor da SP har en større effekt enn P. All konstruksjonsbetong i Norge inneholder plastiserende stoffer og tilsettes i betongproduksjonen [6].	Om en støp blir forsinket slik at betongbilene må vente med å levere fra seg betong kan SP tilsettes for å bevare betongens støpelighet [79].
Akselererende tilsetningsstoff (A)	Finnes i to varianter: Størkningsakselererende og herdingsakselererende. Stoffene påskynder da hhv. <i>størkningen</i> og <i>herdningen</i> til betongen.	Størkningsakselererende stoffer brukes mest i sprøytebetong, hvor rask størkning er ønsket. Herdingsakselererende stoff kan brukes når man ønsker at betongen skal herde raskere, for eksempel om man ønsker å komme tidlig ut på dekket for videre arbeid, eller for å redusere formtrykk. Brukes derimot sjeldent [6].
Retarderende tilsetningsstoff (R)	Forsinker størkningen og gjør den bearbeidbar over lengre tid. Den kan utsette herdeprosessen fra noen timer til over et døgn.	Kan brukes når det ønskes utilsiktede støpeskjøter ved lengre opphold i støpearbeidet, ved lange transporter, ved glidestøp ⁴ eller når lufttemperaturen er veldig høy [77]. Brukes også sjeldent.

3.4.2 Begreper

Når betongen og dens egenskaper beskrives, både i fersk og fast tilstand, brukes ulike begreper og definisjoner. I det følgende beskrives disse.

Mørtel

Mørtel er betong uten grov stein, for eksempel grusfraksjon 0/8mm, sand, sement og vann.

Filler

Filler er en betegnelse på kornstørrelser $< 0,063\text{mm}$. Tilslag større enn dette vil være omsluttet av sementpasta.

Matriks

Matriks har partikkelstørrelser opp mot 0,1mm. Den har litt filler, men er dominert av sement og vann.

v/c-tall

Forholdet mellom vann (v) og sement (c) i betong.

Konsistens

Betongens *konsistens* betegner hvor bløt eller stiv betongen er, og kan varieres innen svært vide grenser. Den kan være alt fra tørr og stiv, til flytende, selvkompimerende betong [77].

Påvirkningsfaktorer for betongens konsistens er:

- *Vanninnhold*- Betongen blir mer flytende ved tilsetning av vann
- *Kornform*- Betongen blir stivere ved mer flate og og avlang kornform
- *L-stoffer*- Betongen blir mer flytende.
- *Superplastiserende stoffer (SP)*- Betongen blir mer flytende gjennom sementpastaens økende flyteegenskaper.
- *Tilsetningsmaterialer*- Både silika og flygeaske øker betongens stabilitet og dermed muligheten for å benytte en bløtere konsistens uten separasjon

Stabilitet

Med stabilitet menes betongens evne til å beholde sin homogenitet i fersk form, det vil si å ikke separere. Dette gjelder for både under transport og andre påkjenningen, samt i upåvirket tilstand [77].

Mobilitet

Med mobilitet menes betongmassens evne til fri bevegelse ved en ytre påkjenning. Høy mobilitet gir ofte redusert stabilitet, samtidig som høy stabilitet gir lav mobilitet. Betongens mobilitet styres i stor grad av vanninnhold, steinandel og tilsetningsstoffer. Høy mobilitet kan oppnås ved å gi betongen et høyt vanninnhold og en liten steinandel.

Komprimerbarhet

Når betongen helles i formen er det, for normalbetong, vanlig å komprimere betongen. Man komprimerer betongen for å hjelpe innkapslet luft å unnslippe betongen. Dette gjøres ofte med en stavvibrator, se avsnitt 3.4.7. Betongens komprimerbarhet er den ferske betongens evne til å fylle forskalingen og la luftlommer unnslippe ved denne komprimeringen [105]. Jo stivere betongen er, jo mer må den bearbeides for å bli komprimert.

Støpelighet

Betongens egenskaper i fersk tilstand kan sammenfattes i begrepet *støpelighet*. Begrepet omfatter betongens *stabilitet*, *mobilitet* og *komprimerbarhet*. Hva som er god støpelighet vil avhenge mye av konstruksjonstype. Man ønsker for eksempel en relativt stiv betong til veidekker, men en flytende betong til vegger med tett armering. Betongens støpelighet styres av hvordan den er sammensatt, og påvirkes i stor grad av mengden finstoff [77].

Seperasjon

Man skiller ofte mellom to typer separasjon; vannseparasjon og mørtelseparasjon. Uansett hvilken type som forekommer, vil det kunne oppstå fargeforskjeller og/eller sår i overflaten.

Vannseparasjon, som også kalles *bleeding*, er forårsaket av for lite finstoff (sement og filler) i forhold til betongens vanninnhold. Separasjonsvannet kan lekke ut gjennom utettheter i forskalingen og danne mørke partier i overflaten. Er formen tett, kan vannet forårsake kanaler i betongflaten eller danne grove porer. Betong som har strenge krav til fasthet og bestandighet vil derfor ha et høyt innhold av sement, for å hindre dette.

Mørtelseparasjon skjer når de største partiklene i betongen ikke klarer å holde seg flytende i betongen, og synker ned. Risikoen for mørtelseparasjon øker med bruk av flytende betong i kombinasjon med vibrering. Faren for slik separasjon øker også om betongen har et høyt steininnhold i kombinasjon med tett armering og store fall for betongen. For eksempel om den slippes fra toppen av formen og ned i bunnen [77]. Det er ikke nødvendigvis fallhøyden som er farlig, men den tette armeringen. Når betongen treffer armeringen henger limet igjen, mens steinen blir slått unna og betongen separeres [79].

Støpesår

Støpesår er store uregelmessige sår eller hull i betongoverflater. Støpesår kan skyldes blant annet steinseparasjon, for stor støp høyde, utilstrekkelig vibrering, trang form eller for tett armering. Tiltak man kan gjøre mot dette er å justere betongresepten, begrense støp høyde til 1 m eller å bruke selvkomprimerende betong [77]. Mer om selvkomprimerende betong i avsnitt 3.4.5.

Skjøter i betongen

For skjøter i betongen skilles det mellom følgende [77]:

I en støp der man skjører to eller flere forskalingskassetter vil det, selv om betongen støpes jevnt ut, være noe matrix og mørtel som lekker ut mellom forskalingskjøten og lager merke. Dette kalles en *formskjøl*. En formskjøl er vist i figur 3.29. Den andre formen for skjøl får man



Figur 3.29: Formskjøl

der det er lengre opphold i støpearbeidet fører til at betongen ikke lengre er bearbeidbar og dermed ikke lar seg vibrere sammen med fersk betong. Dette fører til en markert skjøl og kalles en *støpeskjøl* [77]. Støpeskjøter oppstår mellom hver *støpeettappe*, og det er viktig å planlegge hvor man kan få støpeskjøter. Et annet ord for en støpeskjøl er en *kaldskjøl*. Kaldskjøl brukes ofte om støpeskjøter midt i en vegg eller et dekke som ikke er planlagt.

3.4.3 Betongens bestandighet

Bestandigheten til betong blir ivaretatt først og fremst ved å definere:

- Klasser for den påkjenningen betongen blir utsatt for- *Eksponeringsklasser*
- Klasser for betongsammensetning som skal være i stand til å motstå forskjellige påkjenninger- *Bestandighetsklasser*
- Klasser for *overdekning* fra betongoverflaten og tinn til armeringsstålet

Eksponeringsklasser

Det er i NS-EN 206-1 definert 8 *eksponeringsgrupper* og 20 *eksponeringsklasser*. Disse er definert av hvilke nedbrytningsmekanismer som betongen kan bli utsatt for, eksempelvis karbonatisering og frostnedbrytning. Eksponeringsgruppene går fra 1-8 hvor gruppe 1 tilsvarer miljø som ikke utgjør fare for nedbrytning, mens gruppe 8 tilsvarer særlig aggressive miljø med stor fare for nedbrytning [105]. Gruppene er videre delt inn i eksponeringsklasser, som beskriver de ulike miljøene og tilfellene som inngår under hver gruppe.

Bestandighetsklasser

NS-EN 206-1 beskriver også 6 *bestandighetsklasser* som stiller krav til betongens tetthet. Dette stiller igjen krav til betongens sammensetning og materialer. Bestandighetsklassene går fra M90 (lavest) til MF40 (høyest) og er avhengig av miljøpåkjenningene. Videre beskriver standarden hvilke sementtyper, hvilke masseforhold og hvilke luftinnhold som er tillatt for hver enkelt bestandighetsklasse og hvordan man skal gå frem for å beregne masseforholdet. For mer informasjon om dette vises det til NS-EN 206-1.

Kombinasjon av Eksponeringsklasse og bestandighetsklasse

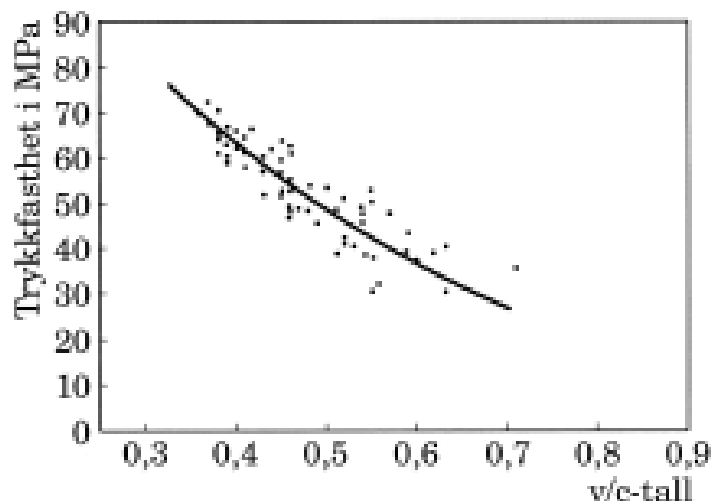
Figur 3.30 viser hvilke bestandighetsklasser som er krevd for de ulike eksponeringsklassene. En strengere eksponeringsklasse kaller opp en høyere bestandighetsklasse. Dette oppnås ved å senke masseforholdet, som igjen gir en høyere fasthet [6].

Eksponeringsklasse	Bestandighetsklasse					
	M90	M60	M45	MF45	M40	MF40
X0	X	X	X	X	X	X
XC1, XC2, XC3, XC4, XF1		X	X	X	X	X
XD1, XS1, XA1, XA2 ^{a)} , XA4 ^{b)}			X	X	X	X
XF2, XF3, XF4				X		X
XD2, XD3, XS2, XS3, XA3 ^{a)}					X	X
XSA ^{a)}	Betongsammensetning og beskyttelseiltak fastsettes særskilt. Betongsammensetningen skal minst tilfredsstillende kravene til M40.					
^{a)} Om det i eksponeringsklasse XA2, XA3 eller XSA er mulighet for kontakt med sulfater i konsentrasjoner høyere enn grenseverdien for XA2, skal det i produksjonsunderlaget være presisert at det skal anvendes sulfatbestandig sement ^{b)} For konstruksjoner utsatt for husdyrgjødsel skal det i produksjonsunderlaget være angitt at det skal anvendes minst 4 % silikastøv						

Figur 3.30: Bestandighetsklasse i forhold til miljø [103]

Betongens trykkfasthet

Forholdet mellom vann og sement er en av de viktigste faktorene når det gjelder betongens trykkfasthet. Figur 3.31 viser denne sammenheng.



Figur 3.31: v/c-tall og trykkfasthet [106]

Betongens trykkfasthet angis i henhold til det nasjonale tillegget til NS-EN 206-1 med bokstaven B etterfulgt av den karakteristiske sylindrefastheten f_{ck} . Som tabellen under viser går fasthetsklassene fra B10 til B95. Det bør merkes at det er en forskjell mellom karakteristisk

sylinderfasthet og karakteristisk *terningfasthet*. Ved kvalitetskontroll tas det ut betongterninger som påføres last til de går i brudd for å sikre at betongen holder den fastheten som er tiltenkt. Denne fastheten er da litt større enn for sylinderfastheten som tabellen viser.

Fasthetsklasse NS	B10	B20	B25	B30	B35	B45	B55	B65	B75	B85	B95
CEN-betegnelsen		C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C45/55	C55/67				
Karakteristisk sylinderfasthet f_{ck}	10	20	25	30	35	45	55	65	75	85	95
Karakteristisk terningfasthet $f_{ck}^{1)}$	12	25	30	37	45	55	67	80	90	100	110
¹⁾ For fasthetsklasse B55 og høyere kan andre verdier benyttes hvis forholdet mellom disse og referansefastheten for sylindere er etablert med tilstrekkelig nøyaktighet og dokumentert for den aktuelle betongsammensetningen											

Figur 3.32: Betongens trykkfasthet [103]

Krav til overdekning

Betongens overdekning vil si tykkelsen på betonglaget som dekker den ytterste armeringen. Ved bestemmelse av dette ser man først på eksponeringsklassen og prosjektert levetid for konstruksjonen. En økt eksponering mot for eksempel klorider vil gi et økt krav til overdekning. I områder hvor det er fare for både frostsprengning og inntrengning av klorider, for eksempel i skvalpesoner (kaier og brufundamenter) er kravet til overdekning stort [6]. Man får ønsket overdekning ved å bruke en armeringsstol, se figur 3.25a. Figur 3.33 viser sammenhengen mellom eksponeringsklasse og tiltenkt levetid for konstruksjonen. Det tas også hensyn til om armeringen er korrosjonsømfintlig eller ikke. Korrosjonsømfintlig armering er for eksempel spennarmering eller armering med diameter mindre enn 5mm [90].

		50 års dimensjonerende levetid		100 års dimensjonerende levetid	
Eksponeringsklasse XC, XD, XS og XSA	Eksponeringsklasse XF og XA ¹⁾ (informativt)	Korrosjonsømfintlig armering	Lite korrosjonsømfintlig armering	Korrosjonsømfintlig armering	Lite korrosjonsømfintlig armering
XC1		25 mm	15 mm	35 mm	25 mm
XC2, XC3, XC4	XF1, XF3, XA1, XA2	35 mm	25 mm	45 mm	35 mm
XD1, XD2, XD3, XS1, XS2	XF2, XF4, XA3, XA4	50 mm	40 mm	60 mm	50 mm
XS3	XF4 (skvalpesone)	60 mm	50 mm	70 mm	60 mm
XSA		Fastsettes særskilt	Fastsettes særskilt	Fastsettes særskilt	Fastsettes særskilt

Figur 3.33: Krav til overdekning [106]

Oppsummering

For å oppsummere skiller det mellom ulike konstruksjoner med generelle verdier for fasthet, bestandighet og krav. Det tas også utgangspunkt i figur 3.34 for å illustrere sammenhengen mellom fasthetsklasse, bestandighetsklasse og masseforhold (v/c). Man kan altså kombinere

Bestandighetsklasse	Masseforhold	Fasthetsklasse				
		B20	B30	B35	B45	B55
M90	0,90	■				
M60	0,60		■			
M45	0,45			■		
M40	0,40				■	

Figur 3.34: Sammenheng mellom bestandighetsklasse, masseforhold og fasthetsklasse [106]

klassene slik man vil, men må passe på at klassene henger sammen. Man kan for eksempel ikke ha en Fasthet på B45 og en bestandighetsklasse på M90, da bestandighetsklassen automatisk økes til M45 ved et masseforhold som gir fasthet lik B45.

- 1) For konstruksjoner som ikke er utsatt for sjøvann eller veisalt, for eksempel bolig- og kontorblokker (ikke parkeringskjeller) er der karbonatisering som er utfordringen. Den dårligste betongen som tilfredsstiller dette er M60-kvalitet.
- 2) For bruer, tårn og kaier trenger man ofte en litt høyere fasthet enn for kontor- og boligbygg. I tillegg er de ofte utsatt for klorider fra sjøvann.
- 3) Parkeringskjellere er ofte utsatt for veisalter. I tillegg har man ofte krav om at for eksempel bunnplaten og kjellerveggene skal være vanntett.

Overdekning av betong vil som vist i forrige avsnitt avgjøres av den dimensjonerende levetiden, eksponeringsklassen og om armeringen er korrosjonsømfintelig. Man kan generelt si at infrastruktur som veier og bruer dimensjoneres for 100 år, mens kontorbygninger og boligblokker dimensjoneres for 50 år. Normal overdekning for kontor- og boligblokker er 35mm [6].

Med bakgrunn av dette lages følgende tabell:

Tabell 3.2: Konstruksjonstype med tilhørende fasthet og bestandighet

Kontruksjonstype	Eksempel på fasthet/bestandighet
Bolig- og kontorbygg	B30M60
Kaier og bruer	B45M40
Bunnplater og kjellervegger	B34M45

3.4.4 Herdeteknologi

Herdeteknologi er mye rettet mot vinterproduksjon, og er sammenhengen mellom reaksjonshastighet og temperatur. Det må vurderes om det bør gjøres herdetiltak på betong som er helt i formen for å sikre at resultatet og fremdriften blir slik man ønsker [6]. Hensikten med å tilstrebe gode herdebetingelser er [81]:

- Minimalisere faren for plastisk svinn som kan føre til oppsprekking av betongen
- Tilsikte tilstrekkelig med fasthet i overflatesjiktet
- Tilsikte tilstrekkelig med bestandighet i betongens overflatesjikt
- Hindre frysing

Temperatur

Sementens hydratisering er i stor grad temperaturavhengig. Høye temperaturer fører til rask hydratisering, og tilsvarende fører lave temperaturer til langsom hydratisering. En temperatur under 0 grader gir en meget sen tilvekst, men sementreaksjonen stopper ikke helt opp.

Ved høye temperaturer kan man risikere å få *plastiske svinnriss* grunnet uttørking av betongens overflate. *Bleeding* er når vannet i betongen trenger ut mot betongoverflaten. Når betongen får plastiske svinnriss er da uttørkingen større enn bleedingen. Dette kan skje enten når maksimumstemperaturen i betongtverrsnittet blir for stor, eller om temperaturgradienten fra senteret i betongen til betongens ytterkant blir for stor [79].

Ved lave temperaturer kan man risikere at vannet i betong fryser. Herdeprosessen vil uansett gå saktere. Dette fører til at vi må vente lenger med å rive forskalingen. Forskalingen kan ikke rives før betongen har oppnådd en fasthet på ca. 5 MPa [73]. Man prøver ofte å styre betongens herding ut ifra behovet for avforming, det vil si at den styres av fremdriften på prosjektet.

Fukt

For at sementreaksjonen skal kunne foregå uhindret, er det nødvendig med tilstrekkelig tilgang på vann. Dersom vannet forsvinner vil herdingen stoppe opp [107]. Hydratiseringen kan sikres ved to metoder. Man kan enten *tilføre* vann, eller *hindre* vann fra å unnslippe betongen.

Tilførsel av vann er mest aktuelt i startfasen av herdingen og bør startes så tidlig som mulig, men ikke så tidlig at betongen ikke er stiv. For å hindre borttransport av vann kan man dekke til med plastfolie, diffusjonstett papp eller påføre herdemembran, også kalt ”kur”. Denne formen for herdetiltak er mest vanlig for betongdekker. Det er unødvendig med herdemembran om man skal ha en påstøp eller en form for avrettningsmasse som skal oppå betongdekket [83].

Tiltak ved vinter-/sommerstøp

Behovet for herdetiltak vil variere for ulike årstider og temperaturer. Tabell 3.3 beskriver hvilke herdetiltak som kan iverksettes for hhv. vinter og sommer.

Tabell 3.3: Tiltak for å sikre gode herdebetingelser

Årstid	Problem	Tiltak
Vinter	Langsom herdeprosess i tillegg til en fare for at vannet fryser	<ul style="list-style-type: none"> • Dekke til konstruksjonen med plastfolie og fyre for å heve temperaturen. Dette kan for eksempel gjøres på dekkestøp. (dekke over og ned på sidene og fyre i etasjen under) • Isolere forskalingen • Bruke industrisement i stedet for standardsementer. • Øke sementmengdene. • Tilsette akseleratorer • Varme opp betongen slik at den får en høyere utgangstemperatur • Påføre membranherder.
Sommer	Betongens overfalte kan tørke ut	<ul style="list-style-type: none"> • Vanning av betongen. Man vanner da det ferdigstøpte dekke i en periode etter støp, eller man vanner forskalingen slik at den ikke suger vann fra betongen. • Dekke til betongen med plast for å hindre fordampning. • Påføre herdemembran.

Herdeprogrammer

For å ha bedre kontroll med herdingen kan man benytte seg av herdeprogrammer. Et eksempel på et slikt program er HETT 97 som er et hjelpeverktøy primært for vinterproduksjon. Programmet tar hensyn til sementtype og betongens egenskaper, i tillegg til konstruksjonstype, dimensjoner og lufttemperatur [108]. Dette kan for eksempel være praktisk ved dekkestøp og riving av dekkeforskalingen. Man kan fra RIB få oppgitt hvilke rutenett man må støtte opp dekke, kalt stemple, for ulike fastheter. Man kan da enten bruke programmet til å simulere hvilke fastheter man har til et gitt tidspunkt, eller man kan bruke programmet til å få vite hvilke tiltak man må gjøre for å holde en viss fremdriftsplan. Det er vanlig at stemplingen må stå i rundt tre uker etter riving av forskaling [83]. Ekstra støtter settes alltid opp der hvor dekket blir ekstra belastet, for eksempel der man planlegger å kjøre med lifter eller der hvor det kan komme leveranser.

3.4.5 Betongtyper

Normalbetong

Normalbetong er betong med densitet mellom 2000 og 26000 kg/m³ i tørr tilstand [103]. Fasthet måles i [MPa] og er gitt i fasthetsklasser fra B10 til B95. Tabellen i figur 3.32 viser hvordan de ulike fasthetsklassene tilsvare hhv. karakteristisk ternings- og sylindrefasthet. Normal betong brukes mest i Norge og passer til de fleste formål.

Lettbetong

Lett betong er relativt lik normalbetong, men der hele eller deler av tilslaget er ”lett”. Lettbetong en densitet i området 800 – 2000kg/m³ [103]. Det tilstrebes tilslag med lav densitet og samtidig høy fasthet. Tilslag som ofte brukes er enten naturlige, som pimpstein, eller fabrikkfremstilte. Blant de fabrikkfremstilte er laeca og liapor de mest vanlige [77]. Der lettbetong skal pumpes, skal det foreligge tilgjengelig dokumentasjon som viser til at betongen ikke tar skade av pumpingen i form av tapt fasthet [73].

SKB- selvkomprimerende betong

Normalt gir høy mobilitet redusert stabilitet, samtidig som høy stabilitet gir lav mobilitet. SKB har derimot en meget god stabilitet og mobilitet. SKB består av sementbaserte blandinger og har som regel er høyt pastainnhold (bindemiddelmengde). Dette fører til en minsket friksjon mellom tilslagspartiklene som igjen fører til bedre mobilitet for betongen. Samtidig reduseres faren for separasjon ved at det blir mindre vannseparasjon og mindre mørtelseparasjon ved blokkering mot armering [77].

For en veggforskaling SKB kan plasseres i formen og fylle den helt ut ved hjelp av dens egenvekt. Betongen er svært lettflytende og det er derfor viktig å ha fokus på tette former. For en dekkestøp kan man oppnå stor utbredelse av betongen. Man trenger ikke å komprimere den, verken for vegger eller for dekker.

Man kan ved bruk av SKB oppnå følgende, ønskede, egenskaper for betong:

Vegg: God fyllingsevne, stor flyteevne og liten blokkeringsrisiko. Ingen initiell motstand.

Dekke: Liten seighet, god separasjonsmotstand. En viss stivhet for å begrense utflytingen.

Man kan i prinsippet forskale vegger for en hel etasje, og støpe alt i en operasjon [79]. Man får best resultat om man pumper betongen inn fra undersiden av forskalingen, gjerne gjennom en ventil [77]. Dette krever en meget stabil betong, men gir rom for å bedre automatisere byggeprosessen, samt gir en god overflatekvalitet.

Tabell 3.4 gjennomgår fordeler og utfordringer med bruk av SKB.

Tabell 3.4: Fordeler og utfordringer ved bruk av SKB [77]

<p style="text-align: center;">Fordeler med SKB</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● SKB gir en pen overflate med få porer og liten risiko for dannelse av støpesår og steinreir, grunnet liten fare for vannseparasjon ● SKB omslutter lettere armeringen i tett armerte konstruksjoner ● God å bruke når det er tett armering, slanke konstruksjoner, overforskaling eller andre steder det er vanskelig å komme til med vibrator. ● Mindre slitasje på muskler og ledd, da vibrering ikke trengs ● Krever lavere bemanning ved utstøping og reduserer timeverk og byggetid. ● Minimaliserer risikoen for etterarbeid- flikking, sparkling osv.
<p style="text-align: center;">Utfordringer ved SKB</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Ved store støpehastigheter kan støpetrykket formen fort bli stort. Det vil gjerne være behov for stivere former enn man ellers ville benyttet. Det er også et stort krav til tetthet i formene.

SKB er mer og mer vanlig ved bruk i plasstøpt betong, men brukes fortsatt lite grunnet en noe konservativ bransje. Støp med SKB i Norge utgjør ca 3-4% i volum [79]. SKB er dyrere i pris men har potensiale til å gi en bedre totaløkonomi, spesielt om det er krav til pene overflater. Med totaløkonomi tenkes det da på spart timeverk som går med til utstøping og etterbehandling.

Sprøytebetong

Betong som sprøytes på et underlag danner en heldekkende overflate og brukes gjerne til fjell- eller skråningssikring. Sprøytebetong kan bruke vanlig- eller fiberarmering, hvor fiberarmering er mest vanlig. Vi skiller mellom to metoder for utførelse av sprøytebetong [77]

Våtspøyting

Ved våtspøyting tilføres vanligvis fibre på blandesstasjonen. Under spøytingen tilføres ofte en akselerator ved sprøytemunnstykket som sikrer at betongen binder av fortere. Den vil dermed si mindre om det sprøytes mot en skråning.

Tørrespøyting

Ved tørrespøyting leveres massen som tørrmørtel, og vannet tilsettes i sprøytemunnstykket. Her har man mulighet til å justere mengden vann slik at betongen får den konsistensen den trenger mot den skråningen eller veggen det sprøytes mot. Akseleratorer brukes derfor sjeldent ved tørrespøyting. Uansett metode, vil man slippe å komprimere betongen da den sprøytes på med stort trykk og hastighet. Bestemmelse for hvilken metode man skal bruke avhenger av hvilket volum og hvilken hastighet man trenger. Tørrespøyting er mest vanlig i mindre støper med mindre utstyr, mens våtspøyting er mer vanlig ved store volum. Her bruker man i større grad store maskiner som sprøyteroboter.

3.4.6 Interntransport av betong

Betong som ankommer en byggeplass må transporteres internt på byggeplassen for å få den på plass i forskalingsformen. Valg av interntransport vil bety mye for hvor lang tid til støpen tar da kapasiteten varierer veldig mye. Det er en rekke former for transport. Noen av dem er:

- Renne/teleskoprenne
- Pumpe
- Tobbe
- Transportbånd
- Trillebår

Betongen ankommer byggeplass med betongbiler. Betongbiler kan frakte fra 6 – 12m³, hvor det vanligste er 7m³ [109]. Bilene trenger ofte en anleggsvei å kjøre på, og er ofte utstyrt med en renne og/eller en pumpe.

Renne/ teleskoprenne

Betongen kommer som oftest til byggeplassen med en betongbil, se avsnitt 3.7. Betongbilen er utstyrt med en renne, slik at den til en viss grad kan styre hvor den skal legge betongen. Ved å montere på en *teleskoprenne* oppnår man en radius på ca 9m og kan svinge denne ca 180 grader, se figur 3.35.



Figur 3.35: Betongbil med renne [109]

Ved bruk av renne fra betongbil kan man legge betong direkte formen om kjøreveien er tilrettelagt for betongbilen. Dette kan for eksempel være aktuelt for fundamenter [83].

På byggeplassene er det derimot ikke alltid tilrettelagt for at betongbilene kan kjøre så tett opptil støpededet, slik at ikke rennen er tilstrekkelig lang.

Pumpe

Ved støp av dekker og vegger brukes pumpe i ca. 80 % av tilfellene [79]. Det er to former for pumper:

Den første er betongbiler som er utstyrt med egen pumpe. Disse bilene har den fordelen at de kan pumpe rett fra bilen, og er godt egnet til mindre oppgaver (i volum). Bilene kan frakte med seg et betongvolum på ca. $4 - 5m^3$. Pumpebilene har ofte en rekkevidde på ca 20 meter horisontalt og 24 meter vertikalt [109]. I forhold til en separat pumpe, som beskrevet under, trenger denne mindre plass for oppstilling.

En separat pumpe, som er mer vanlig å bruke i store støper settes opp før støpen skal starte. Betongen helles fra betongbilene og ned i pumpen. På det Norske markedet er det mulig å leie pumper i flere ulike varianter. På de fleste hjemmesider, som for eksempel Unicons eller Norcems finnes det beskrivelser av rekkevidder og kapasiteter til deres pumper. Vanlige avstander er fra 19-46 meter vertikalt og opp mot 120 meter horisontalt. Kapasitetene kommer opp mot $160m^3/time$. [110] [109].

Fordeler med bruk av pumpe [105]:

Tabell 3.5: Fordeler og ulemper ved bruk av pumpe

<p>Fordeler</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Stor kapasitet i forhold til andre metoder • Krever relativt liten plass • Bruker ikke krankapasitet som tobbe gjør • Billigere enn andre metoder ved store støper • Meget fleksibel med tanke på avstander og høyder
<p>Ulemper</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Krever en viss stabilitet på betongen • ”Stjeler” litt sement fra betongen som festes i veggen på pumpe-slangen. Den første kubikken med betong blir dermed meget steinrik og bør pumpes rett tilbake i betongbilen • Stiller krav til en viss kontinuitet i støpen • Dyr ved små støper

Figur 3.36 viser en separat pumpebil som er oppstilt for mottak fra betongbiler. Figur 3.37 viser hvordan utstøpingen foregår.



Figur 3.36: Pumpebil



Figur 3.37: Utstøping med betongpumpe

Tobbe

En tobbe finnes på de aller fleste byggeplasser som plasstøper betong. En tobbe kan romme fra ca. $0.5 - 2m^3$ betong og er meget fleksibel, men krever en kran for å kunne brukes [111]. Støpekapasiteten er begrenset, med en kapasitet fra $12 - 16m^3/time$, avhengig av størrelse på tobben og kranens manøvrering. Figur 3.38 viser hvordan en vegg støpes med bruk av tobbe. Ved bruk av tobbe bør det brukes en trakt for å sikte (unngå å treffe armering) eller en strøppe som når ned til bunnen ved oppstart av støpen. Dette for å redusere separasjonsfaren [72].



Figur 3.38: Fylling av formen med bruk av tobbe

Transportbånd

Ved bruk av transportbånd leveres betongen fra betongbil og på båndet. Denne typen interntransport egner seg best når det er litt avstand mellom parkering og støpedet eller når parkeringen ligger lavere enn støpedet slik at en renne ikke kan benyttes. Med transportbånd kan betongen leveres opptil 16 meter fra bilen [112]. Transportbånd kan f.eks. føres inn gjennom dør eller vindu for å komme inn i hus.

Trillebår

Enkelte ganger er det nødvendig å frakte betongen med trillebår. Dette er en meget langsom tungvindt metode som sjelden brukes utenom for spesielle arbeidsoppgaver.

3.4.7 Komprimering av betong

Som teksten har vært litt inne på tidligere komprimeres betongen for at luft skal unnslippe betongen. Dette gjøres som oftest med en stavvibrator. Stavvibratoren vibrerer på steinene i betongen og hjelper på den måten luft å unnslippe betongen. Hvordan dette gjøres blir videre forklart i avsnitt 3.8. En stavvibrator for vegger er vist i figur 3.39.



Figur 3.39: Vibrator for vegg [113]

Denne typen vibratorer har langt skaft og er beregnet for vegger. Den har mulighet for å stikkes helt ned i bunnen av en vanlig veggforskaling. En vibrator som brukes for dekker vil ha et mye kortere skaft. En vibrator påvirker betongen i en radius som ca. tilsvarer vibratorens lengde[113]. Som en generell regel bør man velge den største vibratoren man kan bruke [79]. Indikasjoner på at betongen er tilstrekkelig komprimert er [114]:

- Betongen har sluttet å sette seg
- Det stiger få eller ingen luftbobler opp fra betongen

Støpehastighet for en vegg

Ved utstøping av en vegg blir forskalingen utsatt for store påkjenninger. En av grunnene til dette er betongens trykk på forskalingen. Det gis anbefalinger fra forskalingsleverandører for hvor fort man kan fylle betong i forskalingen. Anbefalt støpehastighet kan variere mye og er svært avhengig av betongtype og hvordan forskalingen er dimensjonert. Grunnen til at det ikke anbefales å fylle formen i en operasjon er at betongen binder av med tiden og trykket mot forskalingen avtar. Figur 3.40 viser hvordan betongen binder av etterhvert og at dette trykket er mindre enn det hydrostatiske trykket man ville fått om man hadde fylt opp forskalingen i en operasjon. Dette fører til at om man venter med å støpe, reduserer man trykket på forskalingen. Venter man for lenge, vil det derimot kunne oppstå kaldskjøter. Anbefalt støpehastighet for vegger er derfor et sted mellom 0,5-1,5 meter/time [82].



Figur 3.40: Forskalingstrykk

Figuren er en forenklet figur i forhold til figur 3.10 på side 106.

3.4.8 Innstøpningsgods og utsparinger

Ved produksjon av leilighetsblokker skal det ofte støpes inn ulike elementer i vegger og dekker.

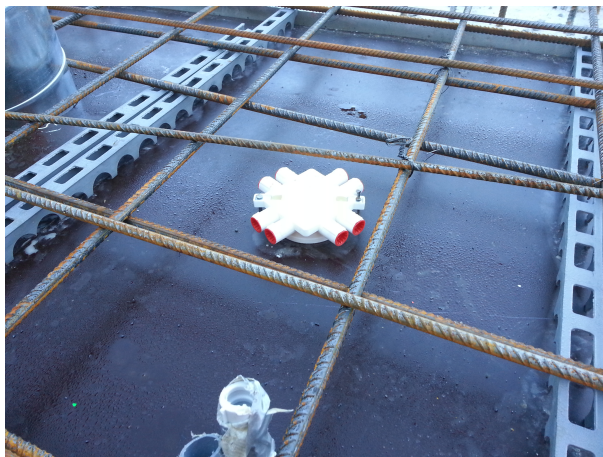
Innstøpningsgods

Med innstøpningsgods menes det som skal støpes inn i vegger og dekker av for eksempel elektriker eller rørlegger.

Elektrikers innstøpningsgods består stort sett trekkerør for elektriske føringer, og fordelingsbokser. De kan støpes inn i både vegger og dekker. Figur 3.41 viser trekkerør for en vegg, og figur 3.42 viser en fordelingsboks.



Figur 3.41: Trekkerør i vegg



Figur 3.42: Fordelingsboks i dekke

Det spesifiseres at elektrikers ønske i prinsippet er å unngå å støpe inn trekkerør, og i stedet legge elektriske føringer langs lister og lignende etter konstruksjonen er ført opp. Dette grunnet den ekstra tiden som går med til å samkjøre med forskalingsnekkerne. Det er betydelig lettere om elektriker kan komme i etterkant å montere alt i en gang [115].

Rørlegger vil i stor grad støpe inn rør-i-rør systemer. Vannførende rør til tappevann legges da inn i støpte føringer, slik at de kan skiftes ut i etterkant. I tillegg til vannførende rørsystemer for tappevann, kan det være aktuelt å støpe inn rørsøyfer for vannbåren varme [116].

Utsparinger

Utsparinger er en fellesbetegnelse for alle åpninger man lager i den plasstøpte betongen. Disse åpningene kan lages på forskjellige måter. Mest vanlig er utsparinger ved hjelp av treverk, se figur 3.43a og 3.43b. For utsparinger i dekke kan også brukes treverk, eller det kan brukes korrugerte stålrør for sirkulære utsparinger. De korrugerte stålrørene brukes ofte for å lage utsparinger for sluk i bad. Disse tettes med en kork, se figur 3.44. Etter støpen rives utsparingene og det står igjen åpninger i betongen.



(a) Dørutsparinger



(b) Diverse utsparinger

Figur 3.43: Utsparinger i vegg



(a) Korrugert stålrør med kork



(b) Korrugerte rør i dekke

Figur 3.44: Utsparinger i dekke ved bruk av korrugerte stålrør

3.5 Kvalitetsstyring/kontroll

På byggeplass skal en byggeplassledelse ha ansvaret med å organisere arbeider. Ledelsen skal sikre at maskiner og utstyr blir brukt korrekt, at materialer har tilstrekkelig kvalitet og at utførelsen av konstruksjonen oppfyller de kravene som vedgår av prosjekteringen.

Utførelsesklasser

Utførelsesklassen bestemmer i prinsippet hvor strenge kravene er til kontroll av produktet som lages. Det finnes i NS-EN 13670 tre ulike utførelsesklasser- 1, 2 og 3, hvor utførelsesklasse 1 er mildest og 3 er strengest. Hvilken utførelsesklasse som skal brukes skal vedgå av produksjonsgrunnlaget. Forskjellene avgjøres av hvor mye som skal kontrolleres og dokumenteres og hvilke metoder som er krevd for kontrollene. Det skal kontrolleres om det er samsvar mellom egenskapene til produktet og materialene samt kontroll av utførelsen av arbeidet. Utførelsesklassen kan gjelde for hele eller deler av arbeidet [73].

Type kontroll

For utførelsesklasse 1 er det tilstrekkelig at den utførende part utfører egenkontroll i form av visuell kontroll med eventuelle stikkprøver. Det kreves ikke rapportering i denne utførelsesklassen.

For utførelsesklasse 2 skal den utførende utføre egenkontroll som i utførelsesklasse 1. I tillegg skal det være en intern systematisk kontroll av arbeidet. Det kan for eksempel være en person fra byggeledelsen som utfører planlagte kontroller. Det kreves rapportering av disse kontrollene. Det kan også være tilleggskrav fra produksjonsunderlaget.

Utførelsesklasse 3 kontrolleres som utførelsesklasse 2, men med den forskjellen at det skal forekomme en detaljert kontroll av alle arbeider som er av betydning for konstruksjonens bæreevne og bestandighet.

Om kontrollen avdekker avvik, vil betydningen av avviket bedømme den videre utførelsen. Om nødvendig kan man måtte utføre tiltak for utbedring eller vraking og utskiftning av konstruksjonsdelen som ikke er i samsvar med produksjonsunderlaget [73].

Eksempler på kontroll

Når betongen ankommer anlegget vil betongbilens sjåfør ha med en følgeseddel til betongen. Dette er betongens kvittering, og det bør kontrolleres at denne stemmer til overs med det man har bestilt. Man kan teste om betongen er slik man ønsker ved ulike tester. Hvilke tester man tar vil avhenge av utførelsesklassen:

Luftporetesting er en test for å sjekke luftinnholdet i betongen.

Syknutbredelse er en test på betongens synkmål. Dette gjøres ved å fylle en konus med betong, og se hvor langt betongen brer seg utover når man tar vekk konusen.

Uttak av terninger gjøres for å teste betongens fasthet. Man tar ut en prøve og støper terninger. Når terningene har herdet legges de i et vannbad helt til en gitt fasthet skal være nådd. Denne fastheten testes ved at terningen knekkes i en maskin.

Geometriske toleranser

Den ferdige konstruksjonen skal være innenfor de største tillatte avvik for å unngå skadelige virkninger på bæreevne og stabilitet i de midlertidige fasene eller ved permanent bruk. Aktuelle verdier for tillate geometriske avvik kan være gitt i produksjonsunderlaget om det er spesielle krav til montasje eller bruk som krever spesiell nøyaktighet.

Tabell 3.6 viser eksempler på hvilke typer av avvik som kan måles.

Tabell 3.6: Eksempler på hvilke typer av avvik som kan måles

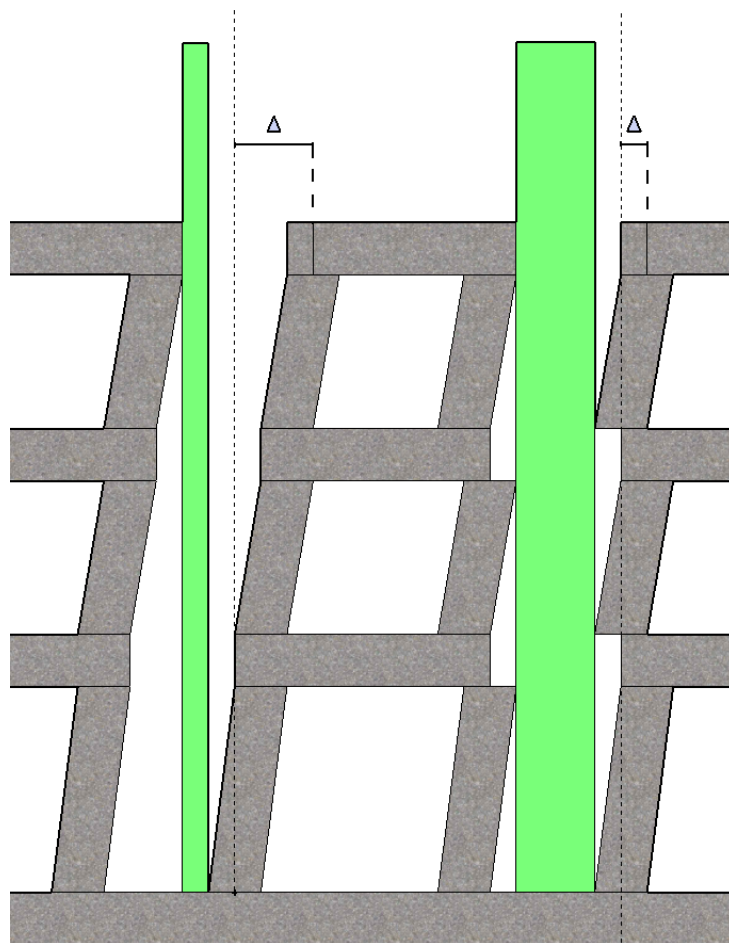
Konstruksjonsdeler	- Helning på vegg, søyle eller dekke. Avvik måles som den største avstanden man kan måle fra tiltenkt posisjon
	- Avvik mellom senterlinjer . Avvik måles forskjellen i posisjon på to tilstøtende konstruksjonsdeler som hver skal ligge i en tiltenkt akse
	- Krumning på veg eller søyle mellom to etasjenivået. Avvik måles som avstanden fra tiltenkt senterlinje til maks krumning
	- Plassering av konstruksjonsdel, enten i forhold til tiltenkt plassering eller i forhold til andre konstruksjonsdeler
	- Størrelse på tverrsnitt
	- Størrelse og plassering av utsparinger
Armering	- Overdekning på armering
	- Plassering av armering
	- Korrekt/nødvendig omfaringslengde

Konstruksjonen må utføres innen de geometriske toleransene, i tillegg til å måtte tilfredstille den sammensatte byggetoleransen. Dette er avviket som oppstår om flere konstruksjonsdeler har unøyaktigheter som forsterker det totale avviket. For eksempel kan en vegg være innenfor enkelttoleransene for både planhet og krumning, men det sammensatt avviket gjøre at den er utenfor. NS-EN 13670 gir informasjon om verdier for de enkelte konstruksjonsdelene og hvilke avvik som er tillatt.

Stikningsingeniørens rolle

Stikningsingeniøren (stikker) er som nevnt i kapittel 2.9 den personen som setter ut akser og punkter for hvor de ulike konstruksjonsdelene skal stå. Stikkeren bruker normalt en totaltstasjon til dette og sikrer at konstruksjonen blir som tiltekt i prosjekteringen. Det settes ut merker i forkant av utførelsen som sikrer at for eksempel forskalingene plasseres i riktige akser. Det er derimot sjeldent at stikker sikrer at systemforskalingen er i lodd. Dette gjøres av de utførende. Når de utførende lodder veggene kan det hende at veggene blir skjeve, enten ved fordi loddningen er dårlig utført, eller fordi forskalingen beveger seg i etterkant. For å illustrere viktigheten av stikkerens oppgaver beskrives følgende eksempel:

Stikkeren stikker som sagt ut akser hvor veggene skal støpes i. Dette gjøres for alle vegger, i alle etasjer. Figur 3.45 viser et eksempel der alle veggene som støpes har en lik, liten helning. Det skal støpes to heissesjakter. For den ene sjakten (til venstre) stikkes ikke aksene ut, og veggforskalingene plasseres på toppen av forrige vegg. Da alle veggene har samme helning fører dette til at hele heissjakten blir skjev. Den grønne kolonnen illustrerer hvor mye plass det er til en eventuell heis. I den andre sjakten (til høyre) stikkes aksene ut for hver etasje. Dette illustreres med den stiplede linjen som går gjennom senter av aksene til alle veggene på høyre side av sjakten. Selv om veggene er like skjeve som i sjakten til venstre, sørger stikkingen for at det totale avviket for alle etasjene ikke er større enn det totale avviket for en etasje. Man kan se at den grønne kolonnen på høre side er betydelig bredere enn kolonnen til høyre [117].



Figur 3.45: Resultat av stikning

3.6 Utførelse

Dette delkapittelet er delt i to. Den første delen beskriver utførelsen for en veggstøp. Den andre delen tar for seg en dekkestøp.

3.6.1 Vegg: Forskaling, innstøpningsgods og armering

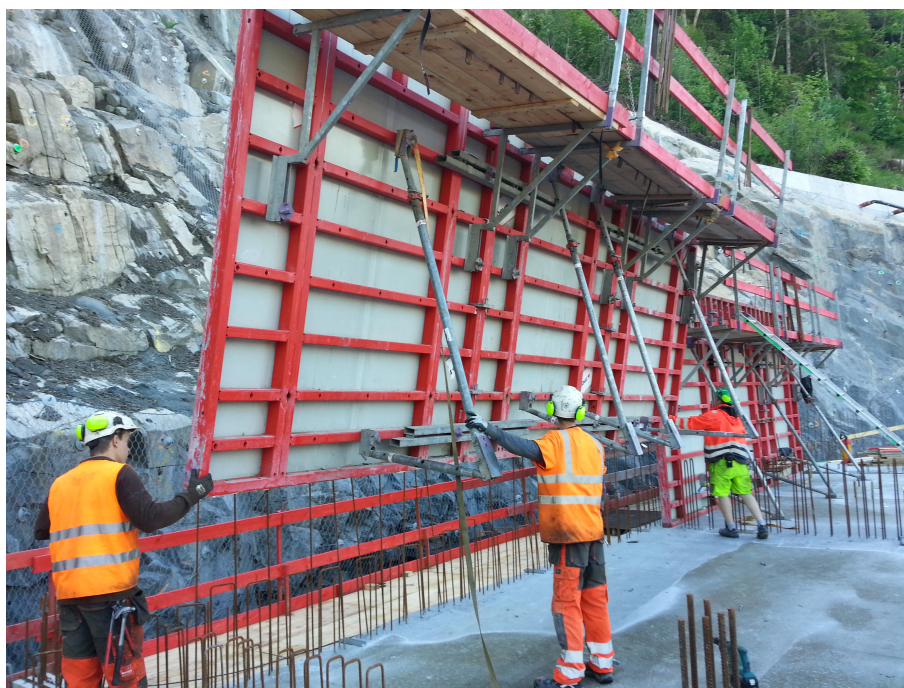
For plasstøpte vegger blir det som tidligere nevnt nesten utelukkende brukt systemforskaling. En systemforskaling for en vegg utføres i følgende trinn:

1. Enkling- sette opp den første av forskalingssidene
2. Montering av utsparinger, innspøningsgods og armering
3. Dobling- sette oppe den andre forskalingssiden
4. Utstøping- støpearbeider
5. Riving av forskaling og utsparinger

I det følgende vil denne prosessen bli beskrevet.

1) Enkling

Med *enkling* menes prosessen ved å sette opp den første av forskalingssidene se figur 3.49.



Figur 3.46: Enkling

Det første som må tenkes på er hvilken side av forskalingen som skal settes opp først. Det skal monteres utsparinger, armering og diverse innstøpningsgods fra elektriker, rørlegger og flere som kan kreve en solid armeringsplattform med god plass. Det bør derfor vurderes hvilken side det er mest gunstig å jobbe fra. Har man for eksempel støpt en bunnplate i en byggegrop, vil man gjerne ikke lyst til å jobbe fra grøftesiden, men fra siden hvor det støpt en betongflate. I så tilfelle må det legges ut betonglodd på utsiden av forskalingen, se figur 3.47, eller tilsvarende slik at forskalingen kan forankres tilstrekkelig.



Figur 3.47: Betonglodd (her ikke innfestet)

Om man skal enkle mot betongplaten fester man støttene i platen. Elektrikeren vil også ha en klar formening om hvilken side som skal enkles først. Hvis elektrikeren skal montere stikkontakter eller lignende som skal være på innsiden av den ferdige veggen ønsker elektrikeren gjerne å spikre på sine bokser og lignende rett på forskalingen. Om veggen enkles mot grøften først må boksene stripses på armeringen mot doblingen. Man får da ikke sikret at boksen blir klemt mot doblingen, og betong og mørtel kan komme imellom gi et dårlig resultat [83]. Figur 3.48 viser elektrikerens innstøpningsgoods som er spikret på enklingen.



Figur 3.48: Enkling med påspikrede elektrikerbokser

Det er også mulig at det skal monteres innstøpningsgods på begge sider av veggen, for eksempel om en betongvegg fungerer som en skillevegg mellom to leiligheter. I så tilfelle kan det være aktuelt å montere stikkontakter og lysbrytere rett på veggen og legge strømkabler i listverket [115].

Om man skal montere en yttervegg i høyden, er det vanlig å montere på et klatresillas som kan brukes som en arbeidsplattform. Klatrestillaset boltes fast i veggen under, se figur 3.49.



Figur 3.49: Enkling av en yttervegg i 2. etasje

Det er viktig å tenke på at fastheten til betongen i veggen. Den må være så god at den tåler belastningen fra både mannskap som jobber på stillaset, forskalingen (om den skal forankres der), og eventuelt utstyr som mellomlagres der. Det er altså mange ting som må tenke på før arbeidet begynner. Kort oppsummert er det:

- Hvilken side man ønsker å arbeide fra
- Hvilke typer av innstøpningsgods som skal inn i veggen og på hvilken side er det mest praktisk å montere dem fast på
- Om det skal forskales i høyden eller på bakken og
- Hvilke muligheter har man for å feste inn enklingen

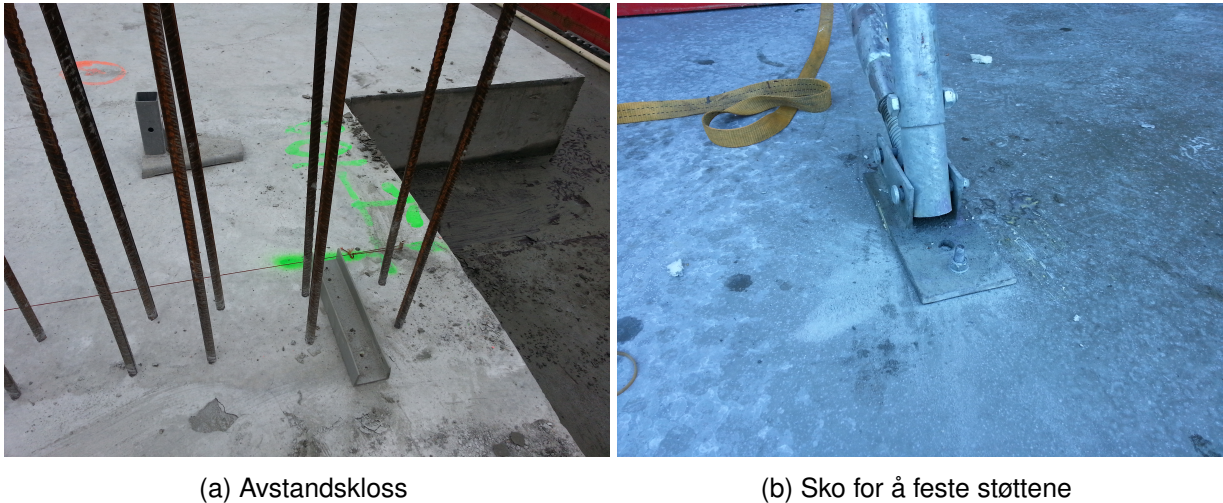
Før man kan plasseres enklingen på plass må det måles nøyaktig ut hvor enklingen skal plasseres. Dette kan gjøres av en stikker, og merkes opp med flere avstandsklosser eller tilsvarende produkter som monteres fast, se figur 3.51a.

Enklingen heises så på plass og *loddet/stilles*, se figur 3.49. Å lodde vil si å sørge for at veggen står i lodd. Veggen loddet ved å justere lengden på støttene, samtidig som man sikrer korrekt vinkel med en rettholt, se figur 3.50.



Figur 3.50: Rettholt

Loddingen bør gjøres så nøyaktig som mulig, og skal være innenfor kravene i NS-EN 13670 som beskrevet i avsnitt 3.5. Enklingens endelige vinkel sikres ved at støttene boltes fast, se figur 3.51b, og eventuell finjustering foretas ved å justere ytterligere på støttene. Det er tilstrekkelig at samlet forskaling (enkling og dobling) boltes fra en side. Alle systemforskaling har derimot alltid påmonterte støtter. Det vil variere hvilke forskalingsflak som blir brukt til enkling og dobling. I tillegg skal av og til forskalingsflakene mellomlagres, og det er en fordel at de lagres i oppreist tilstand [83].



Figur 3.51

2) Armering, utsparinger og innstøpningsgods

Når den første siden av forskalingen er montert påføres forskalingsolje. Oljen sprøytes normalt på forskalingen, se figur 3.52.



Figur 3.52: Påføring av forskalingsolje

Anbefalt mengde er ca $0,1 \text{ l/m}^2$ [86]. Det er viktig å svabre vekk overflødig olje. Overflødig olje kan føre til skjolder i overflaten av betongen. Den legger seg som oftest i bunnen av veggen. Svabring og avtørking gir ofte et bedre resultat med tanke på utseende[87]. Det er veldig viktig å påføre oljen før armeringen monteres på plass.

Påføring av olje på armering vil gi *dårlig heft* mellom armering og betong [94]. Se avsnitt 3.3.7 for mer informasjon om heft.

Når oljen er påført monteres alle *utsparinger* på veggene. Disse utsparingene må ha samme tykkelse som de ferdige veggene skal ha. Utsparingene bygges gjerne opp i flere ledd for å lettere kunne rives etter støp. Den vanligste metoden for å feste utsparinger er ved å bruke en endestengsvinkel på *innsiden* av utsparingene. Dette vises på figur 3.50.

For å vite hvor høyt man skal støpe betongen ut, kan man sette ut merker på forskalingen gjerne i form av spiker som festes på forskalingen. Dette kan gjøres med en roterende laser og en stav med mottaker som er stilt inn på en gitt høyde, se figur 3.53. Det er viktig å holde denne staven loddrett.



(a) Roterende laser



(b) Målestokk med mottaker fra laser

Figur 3.53: Utsetting av høyder på enkling

Etterpå/imens høydene er satt ut kan annet innstøpningsgods, som trekkerør til el og tele monteres. Dette innstøpningsgodset kan monteres før, samtidig, eller etter armeringen monteres. Dette må vurderes etter hvilke typer av innstøpningsgods som skal monteres og hvilken type armering man har valgt. Hvis armeringen er prefabrikkert og ferdig doblet, kan det være en fordel å montere innstøpningsgods *etter* montering av armeringen, grunnet vanskelig manøvrering av armeringen når den skal heises på plass. Det er da lett for at armeringen slår borti innstøpningsgodset, og ødelegger den eller river den av. For å unngå dette monteres innstøpningsgods etter armeringen er heist på plass. Om armeringen kommer i mindre deler, som armeringsmatter og enkeltstenger, kan innstøpningsgodset monteres parallelt med armeringen som vist på figur 3.54 [83].

Armeringen monteres i henhold til armeringstegningene og posisjonen sikres ved å binde stengene sammen med ståltråd. Dette gjøres med en jernbindermaskin eller jernbindertang, som vist i figur 3.23. Overdekning av armeringen sikres med avstandsklosser, som bindes fast i armeringen med ståltråd og/eller spikres fast i forskalingshuden og sikrer at all armering har den overdekningen som er gitt i prosjekteringen. Over utsparinger, for eksempel dører legges det armeringsskinner, som vist i figur 3.26a.



Figur 3.54: Trekkerør parallelt med armering)

3) Dobling

Når armering, utsparinger og innstøpningsgods er ferdig montert kan man lukke forskalingen ved å stille den andre siden av forskalingssystemet. Dette er kalt å *doble* forskalingen. Det er imidlertid greit å sjekke om det er noen hindringer i forskalingen før den lukkes. Aktuelle hindringer kan være [118]:

- Steder hvor armeringen hindrer utstøping. Man bør da sjekke om armeringen kan buntet (Å bunte er å samle jernet for å lage bedre plass til utstøping)
- Spesielle steder hvor vi ikke får ned vibratoren og eventuelt lage tiltak for disse stedene
- Steder hvor det er vanskelig å få ned betongen- Vurdere ekstra åpninger i forskalingen som kan lukkes under støpen.

Forskalingen som skal være på doblingssiden heises frem til stedet den skal monteres. Oljen påføres når den kommer frem, før den monteres. Deretter heises den på plass og låses ved hjelp av stag. Da systemkassettene har ferdige utsparinger for stag vil det være veldig viktig at kassettene står likt i forhold til hverandre, slik at stagene kan føres gjennom.

På systemplattformene er det nesten alltid montert arbeidsplattformer på forhånd. Disse har rekkverk slik at man er sikret mot fall. Det er derimot ikke alltid at plattformene har rekkverk på endene og må monteres etter behov. Dette er spesielt viktig å tenke på der hvor fallet kan bli stort, for eksempel oppover i etasjene. Figur 3.55 viser hvordan doblingen heises på plass. Det er viktig å sørge for at hele forskalingskonstruksjonen er stabil, i lodd og tett.



Figur 3.55: Dobling

3.6.2 Støpearbeider

Når forskalings- og armeringsarbeidet er ferdig kan utstøpingen starte. Store støpearbeider krever god planlegging og beskrivelse av hvordan betongarbeidet skal utføres. Der det kreves av produksjonsunderlaget skal det lages en støpeplan for arbeidene, se avsnitt 3.7.2. Det kan også kreves at det utføres prøvestøper, med den valgte utførelsesmetoden, som skal dokumenteres før støpearbeidet begynner. Formen skal være fri for uønsket materiale som rusk, is og snø. Det må også vises hensyn til temperaturer i luft, betong, form og eventuell grunn, slik at korrekte herdetiltak kan forbreides. Det skal alltid tilstrebes at betongen støpes ut slik at alt av armering og innstøpningsgods blir tilstrekkelig omstøpt og at betongen oppnår sin tiltenkte fasthet og bestandighet[73]. Støpingen bør starte umiddelbart etter ankomst på byggeplass, spesielt i varmt og tørt vær, da betongens konsistens har lett for å endre seg under disse forholdene slik at den blir mindre bearbeidbar.

Det er noen generelle støpe- og vibreringsregler som bør følges for å få et godt resultat. Disse støpereglene er gitt i tabell 3.7 og 3.8.

Tabell 3.7: Generelle støpereglene for vegger og dekker

Regel	Beskrivelse
Betongen bør legges ut lagvis om støpens høyde overstiger 40 cm	Hvis den ikke legges lagvis kan det medføre fare for mørtelseparasjon ved horisontaltransport av betongen. I tillegg vil det med for tykke lag, nesten være umulig å få opp luften. Luften vil i stedet gå ut mot sidene og gi ekstra luftporer mot forskalingen [118]
Betong legges, så langt det rekker, på fersk betong	Det er størst fare for separasjon når betongen treffer frie flater. Hvis betongen legges på fersk betong, som vist i figur 3.57, minskes faren for dette [118]
Betongen bør plasseres der hvor den skal være	Betongen bør transporteres minst mulig etter at den er plassert, for eksempel med vibrator. Dette øker faren for separasjon i tillegg til at det fører til ekstra, tungt arbeid som sliter på muskler og ledd [73]

Tabell 3.8: Generelle vibreringsregler for vegger og dekker [79, 83, 118]

Regel	Beskrivelse
Vibrering startes straks betongen er i formen	For å unngå støpelighetstap i form av at betongen binder av bør vibreringen startes straks betongen har kommet i formen.
Systematisk vibrering	Betongen vibreres systematisk i avstander tilsvarende ca. $10 * vibrator\ diameter$
Vibrer sammen betongen	Ved støp i flere lag skal hvert lag vibreres sammen med laget under. Dette gjøres ved at vibratoren stikkes gjennom det øverste laget og ca 10 cm ned i laget under.
Unngå å vibrere på armeringen	Hvis armeringen er i betong som delvis har begynt å stivne rundt den, kan det dannes hulrom og man får redusert heft, se avsnitt 3.3.7. I tillegg kan armeringen vibreres ut av posisjon
Loddrett nedstikking av vibrator	Vibratoren skal stikkes loddrett ned i betongen. Stikkes den ned sidelengs kan det utgjøre en stor fare for separasjon ved at tilslaget faller til bunns og det dannes et lag med slam på toppen.
Forsiktighet ved vibrering	Man må alltid vise hensyn ved vibrering da man potensielt kan vibrere i stykker vibreringen
Stikk vibratoren raskt ned og trekk sakte opp	Vibratoren stikkes raskt ned i formen. den holdes i flere sekunder og trekkes sakte opp igjen
Vibrer mer nøyaktig langs betongoverflater	Langs betongoverflater er det mest hindringer i vegen for utfylling av betongen, og det må vibreres mer nøyaktig [105].
I dype tverrsnitt bør overflatelaget revibreres	Ved dype tverrsnitt vil ofte betongen sette seg etterhvert og der vil kunne oppstå hulrom under den horisontale topparmeringen [73]

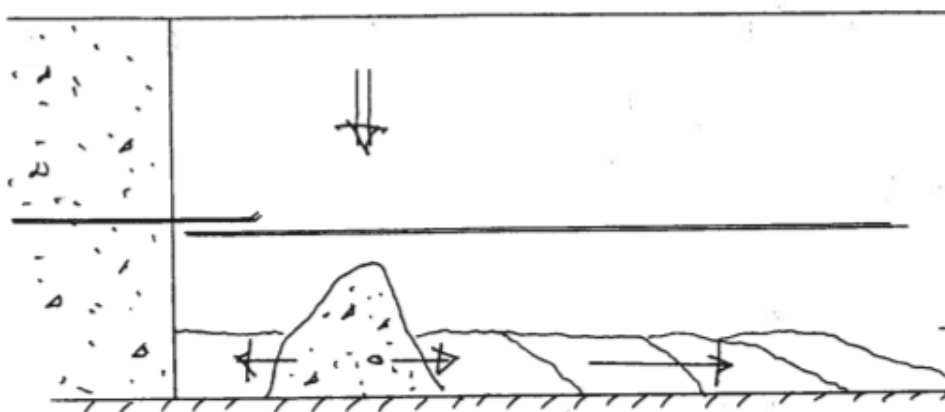
Følger man disse reglene, kan de fleste støpefeil som støpereir og skjolder i overflaten unngås [118]. Det bør merkes at betong virker irriterende for huden og utgjør en fare for alvorlige øyeskader. Det anbefales derfor å bruke egnede vernehansker, støvler og vernebriller når man utfører støpearbeider. Får man betong i øynene, skal man skylle med store mengder vann. Det er derfor viktig å ha øyenskyll tilgjengelig der hvor utførelsen skjer [119].

3.6.3 Utlegging og komprimering

Utlegging av betong

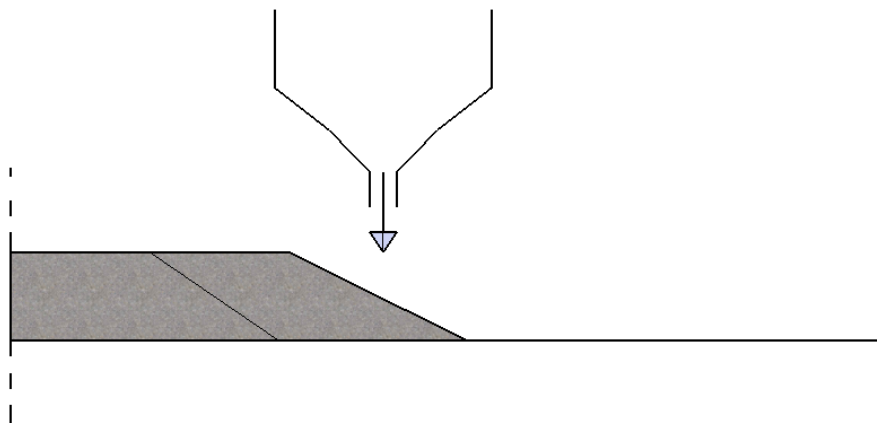
Ved utlegging av betong er det et stort antall metoder å bruke, som beskrevet i avsnitt 3.4.6. Det tas utgangspunkt i normal betong som legges ut med bruk av pumpe eller tobb, da dette er mest vanlig.

Ved valg av startsted bør man velge et sted som har få hindringer som kan føre til separasjon slik som armering, utsparinger og innstøpningsgods. Det er størst risiko for separasjon og minst mulighet for å reparere en eventuell separasjon ved oppstart mot en *fast flate*. Det ønskes derfor å starte støpen der man har minst mulig faste flater, som vil si mot midten av forskalingen og ikke i en av endene. I områder det er ekstra armering, for eksempel der hvor det er skjøtearmering, bør man støpe ut ekstra forsiktig [118]. Figur 3.56 viser et eksempel på hvor en kan starte en støp. I eksempelet har det blitt unngått start ved skjøtearmering og i enden av veggen.



Figur 3.56: Startsted for støp av vegg [118]

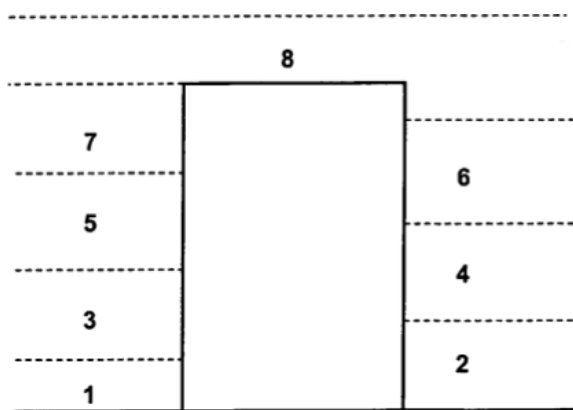
Som nevnt i avsnitt 3.4.2 er det når betongen treffer armeringen under fylling av formen som utgjør størst fare for separasjon. Ved støp med pumpe bør munningen stikkes ned mellom armeringen (midt mellom doblingssiden og enklingsiden). Dette for å sikre at betongen faller ned der det er minst mulig armering, og for å minske fallhøyden. For å dempe fallet og minske separasjonsfaren bør utlegging av betong, så langt det går, fylles på fersk betong, se figur 3.57.



Figur 3.57: Betong på fersk betong (her ved bruk av tobb)

Støp ved utsparinger

Støpearbeider nær utsparinger krever ekstra oppmerksomhet. Hvis det støpes rundt en høy utsparing, for eksempel utsparingen til en dør, bør det fylles vekselvis på hver side av døren for å unngå vindskjev utsparing (utsparingen begynner å helle på grunn av betongtrykket), se figur 3.58.

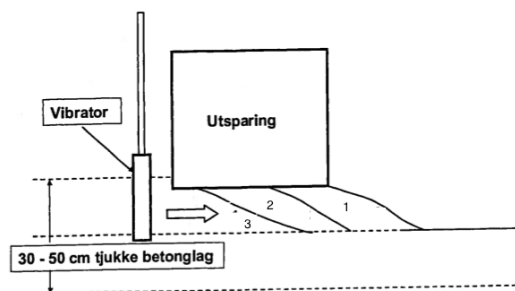


Figur 3.58: Fylling av betong rundt en dørutsparing [105]

Hvis man søler med betongen, slik at deler av betongen havner på toppen av utsparingen, kan denne betongen binde av, slik at den ikke er bearbeidbar når resten av betongen kommer tilsvarende høyt som høyden på utsparingen. Dette kan unngås ved enten å sørge for å unngå søl på utsparingene, eller ved å bevist fylle tilstrekkelig med betong på utsparingene, også vibrere disse [118].

Støp under utsparing

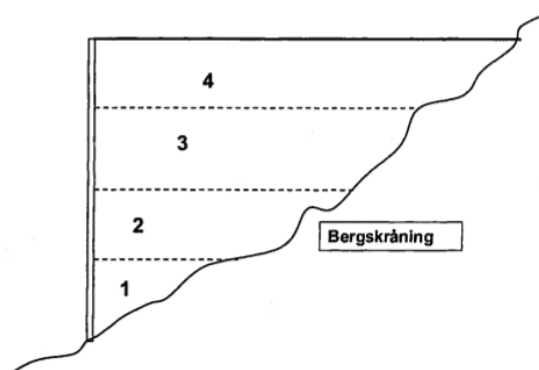
Ved støp under utsparing kan det fylles betong opp langs utsparingen, som deretter vibreres under utsparingen [75]. Dette gjøres igjen helt til betongen kommer ut på den andre siden av utsparingen. Denne metoden strider mot prinsippet som sier at man ikke skal transportere betong horisontalt, da dette kan føre til separasjon av betongen, men denne risikoen kan i disse tilfellene aksepteres da man er nødt til å få støpt under utsparingen. Denne prosessen illustreres i figur 3.59.



Figur 3.59: Metode for å sikre at betongen omslutter en utsparing [105]

Støp i skråning

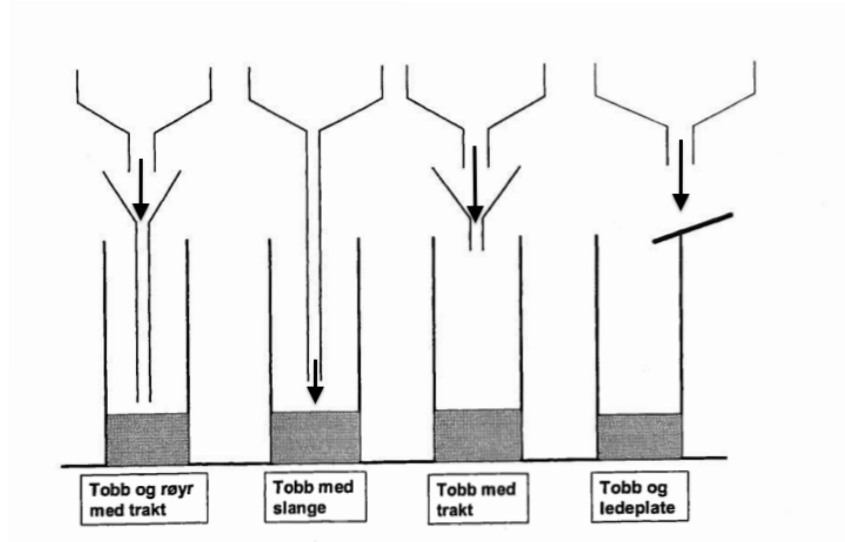
Hvis det skal støpes og bunnen av formen er skrå, skal det alltid startes i det laveste punktet. Det støpes på vanlig, lagvis måte, men da med lengre og lengre lag, se figur 3.60. Hvis man ikke gjør dette vil betongen skli nedover mot det laveste punktet og man risikerer man få ukontrollerte riss i massen som må revibreres [118].



Figur 3.60: Fylling av betong i en skråning [105]

Fylling med tobb

Utstøping med tobb utføres med de samme prinsipper som med pumpe, men her legges betongen ut i fyllingspunkter i steder for en jevn strøm av betong som ved pumping. Hvor langt unna hverandre disse fyllingspunktene skal være er svært avhengig av betongens mobilitet, men en gammel tommelfingelregel sier at man kan fylle med avstander på *maks 2 meter* [118]. Her legges det spesielt vekt på å legge betong på fersk betong, som vist i figur 3.57. Ved bruk av tobbe kan betongen legges ut som vist på figur 3.61.



Figur 3.61: Metoder for å støpe ut en vegg med tobbe

Som figuren viser kan det brukes en trakt, en trakt med rør, en slange eller en ledeplate. Formålet med disse metodene er den samme som for pumpe: Tilstrebe minst mulig fallhøyde for betongen og tilstrebe minst mulig sammenstøt mellom betong og armering i fallet.

Ressurser

Til en veggstøp med *pumpe* trenger man vanligvis følgende ressurser:

- En pumpeoperatør som styrer hastighet og posisjon til betongpumpen
- En betongarbeider som styrer pumpen manuelt
- En betongarbeider som vibrerer betongen etterhvert som den legges i formen

For veggstøp med tobbe trenger man vanligvis:

- En kranfører
- En betongarbeider som signaliserer kranfører og tømmer betong i formen
- En betongarbeider som vibrerer betongen etterhvert som den legges i formen

Avslutning av støpen

Betongen støpes opp til ønsket høyde, som gjerne er satt ut på forhånd, se avsnitt 3.6.1. Det kan være en fordel å avslutte veggstøpen litt *over* underkant av der dekket kommer, se figur 3.62. Fordelen er, at det er lettere å bygge og å tette dekkeforskalingen mot veggen.



Figur 3.62: Høyde for avslutning av vegg

Hvis det skal lages flere etasjer i en konstruksjon, og man støper en vegg som skal ha en vegg i samme *akse* over seg, settes det bøylere på toppen av veggen etterhvert som betongen har nådd toppunktet langs veggen. Disse bøylene fungerer som skjøtearmering for neste vegg. Bøylene presses sammen og stikkes ned mellom armeringen i veggen i det utstøpingen foregår. Figur 3.63 viser disse bøylene som stikker opp (dette er også etter at dekket er blitt støpt over veggen). Grunnen til at de ikke monteres samtidig som armeringen monteres er tilgjengeligheten for pumpen/tobben. Det ville vært meget tungvindt om man måtte heve og senke tobben over bøylene og ned igjen for hvert fyllingspunkt.



Figur 3.63: Bøylar som stikker opp fra veggstøpen i etasjen under

Avforming

Før konstruksjonen avformes, må det forsikres om at betongen har tilstrekkelig fasthet. Vanligvis kan forskalingen rives dagen etter en veggstøp, selv om dette avhenger svært mye av temperaturen i herdeprosessen. Forskalingen bør ikke stå for lenge, da det kan risikeres at forskalingen brenner seg fast i betongen, evt. fryser fast vinterstid. Der det er kuldebroer vil fasthetsutviklingen gå tregere. Eksempler på dette er utstikkende skjøtearmering, innstøpningsgods eller metallrammer på forskalingen. Disse områdene bør det tas ekstra hensyn til mot rivnings-skader. Hjørner og skarpe kanter er også sårbare for skader. Forskalingen bør ikke rives med kran, men bør rives ved egnet utstyr, for eksempel trekiler [72]. Forskalingen bør, så langt det rekker, flyttes direkte til neste støpetappe og plasseres direkte der hvor det skal støpes. Dette spesielt med tanke på krankapasitet se avsnitt 3.7.7.

Skjøting av vegger

Skjøting av vegger skjer i hovedsak på to måter. Den ene er om en vegg er så lang at man vil støpe den i to eller flere omganger. Den andre er når en vegg skal støpes loddrett på en annen vegg. For en vegg som skal skjøtes i lengderetningen skal armeringen være gjennomgående for hele veggen, og det er armeringen som i hovedsak skjøtes. Ved skjøting av vegger i lengderetningen har man vanligvis 3 valg:

- Bygge opp en endesteng av lekter og plank, slik at man bygger rundt armeringen som føres gjennom, men betongen holdes tilbake. Det kan skummes igjen om ønskelig. Fordelen med denne metoden er at det er lett å tilpasse åpninger til armeringen i tillegg til at det er lett å rive den etterpå[83].
- Avslutte støpen med en endesteng og bore hull til gjennomføring av armeringen. Denne metoden er litt mer uvanlig å bruke, da man vil få problemer med å rive endestengen etter støp. Man kan risikere at man må sage den i stykker får å få den løs.
- Bruke ferdige skjøtearmeringskassetter, se paragrafen under.

Skjøtearmeringskassetter.

En skjøtearmeringskassett er en kassett som spikres på forskalingen der hvor man vil ha en skjøt. Om man vil skjøte en vegg i lengderetningen spikres kassetten på endestengen. Bøyer på baksiden forbindes med armeringen i veggen. Når endestengen rives, kan kassetten åpnes, og skjøtearmeringen brettes ut, se figur 3.64.



Figur 3.64: Skjøtearmeringskassett

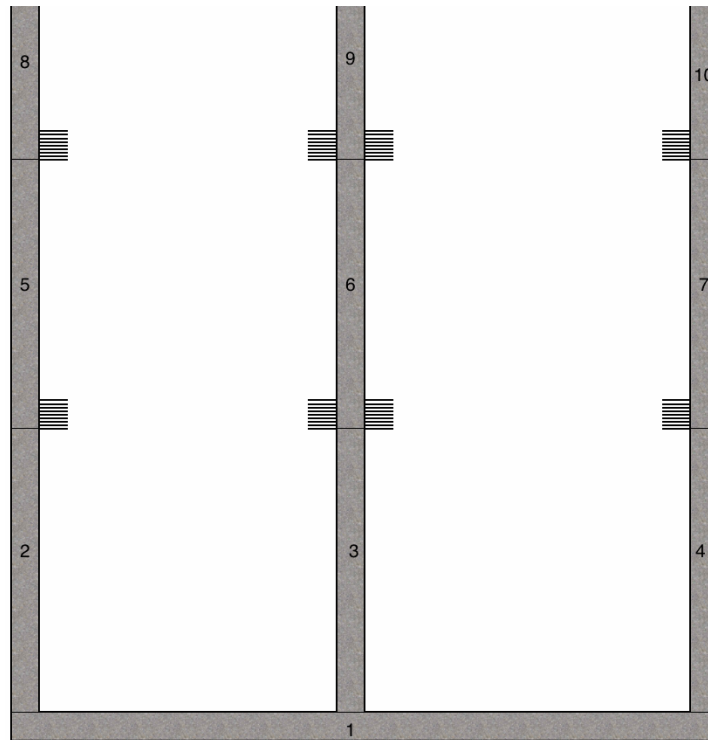
Samme metode brukes når en vegg skal skjøtes med en vegg som kommer loddrett mot vegg, bare at kassetten spikres forskalingshuden som vist i figur 3.65. Dette er gjerne det bruksområde hvor slike kassetter brukes mest. De blir ofte litt dyre å bruke ved skjøting av vegger i lengderetningen [79]. For vegger som skal skjøtes loddrett derimot, er de nesten er helt nødvendig å bruke. Det er meget vanskelig å støpe vegger loddrett mot hverandre uten slike kassetter. Figur 3.65 viser hvordan en kassett spikres på forskalingshuden.



Figur 3.65: Skjøtearmeringskassett sett fra innsiden av vegg

3.6.4 Dekke/etasjeskillere

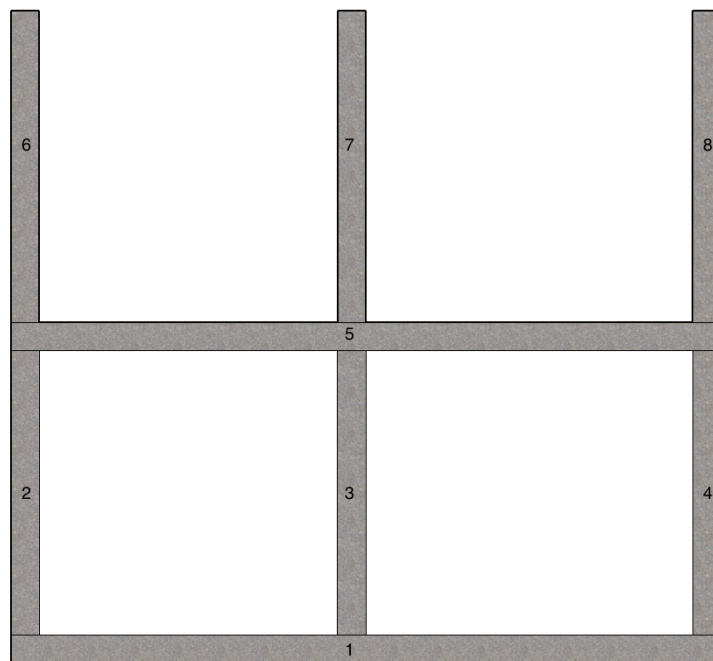
For utførelsen av en plasstøpt etasjeskiller vil flere av de samme prinsippene for vegger gjelde. Man har ved dekkestøp primært to valg. Det ene er å støpe vegger først, og montere skjøtearmeringskassetter der hvor dekkene skal komme, med en rekkefølge som vist i figur 3.66. Når man har støpt veggene til toppen av bygget, starter man med dekkene og jobber seg opp til lik høyde.



Figur 3.66: Alternativ 1. Utførelse av bygg der dekkene kommer sist

På figuren ser man at veggene er støpt, og at armeringen stikker ut av dem, klar til å skjøtes med armeringen i dekkene.

Det andre alternativet er å støpe vegger og dekke i sekvens, med rekkefølge som vist i figur 3.67. Alle veggene for en etasje støpes først, og deretter dekket for etasjen. Når dekket har herdet kan man støpe vegger igjen.

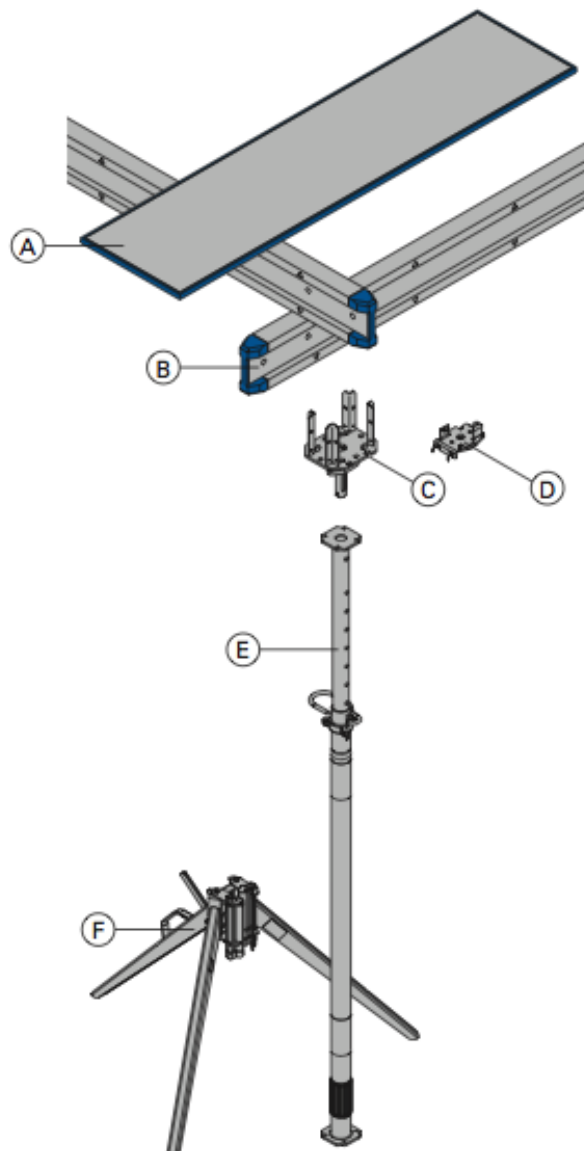


Figur 3.67: Alternativ 2. Vegger og dekke i sekvens

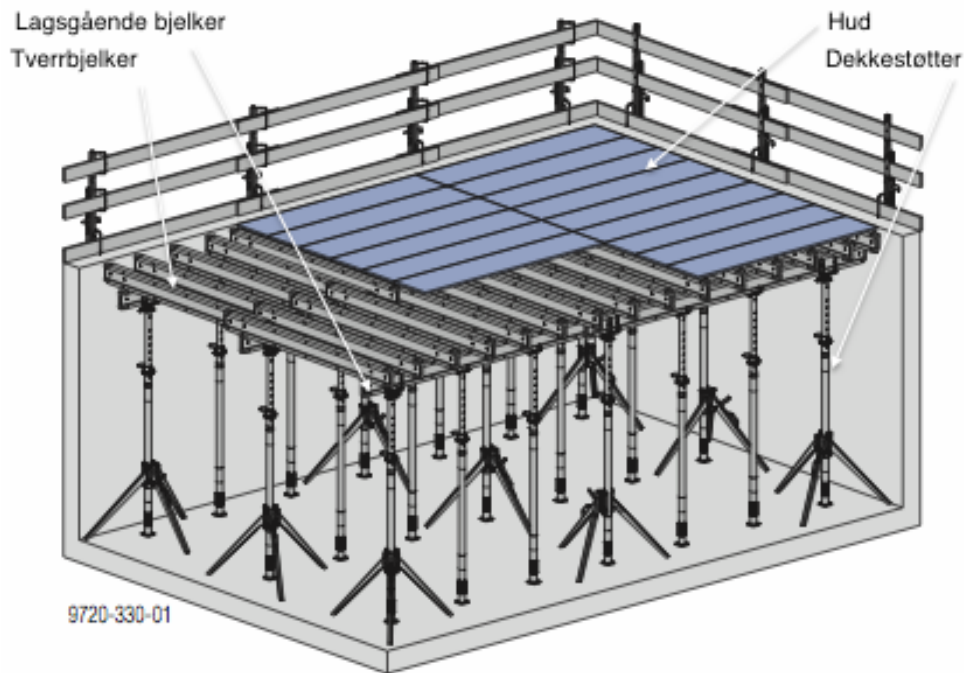
Alternativ 2 er det helt klart mest brukte alternativet, og videre i kapittelet tas det utgangspunkt i denne rekkefølgen. Grunnet dens fleksibilitet brukes tradisjonell dekkeforskaling mest [83]. Videre i teksten vil derfor bare tradisjonell dekkeforskaling bli beskrevet.

Forskaling og armering- tradisjonell dekkeforskaling

Forskalingen bygges ofte opp som beskrevet i avsnitt 3.6.4. Ved montering av en dekkeforskaling skal leverandørens monteringsanvisning følges og vil kunne variere mellom de ulike produktene. I denne teksten er det tatt utgangspunkt i tradisjonell forskaling fra Doka, og deres brukermanual. Mer informasjon rundt dette kan finnes på Dokas hjemmesider. Tilsvarende vil også finnes på Peris og andre forskalingsleverandørers hjemmesider. Figur 3.68 viser ulike elementer i en tradisjonell forskaling. Figur 3.69 viser hvordan en tradisjonell forskaling kan bygges opp.



Figur 3.68: Elementer i forskalingen [85]



Figur 3.69: Delvis oppbygget dekkeforskaling [85]

Montering av forskaling kan etter denne manualen utføres i følgende rekkefølge [85]:

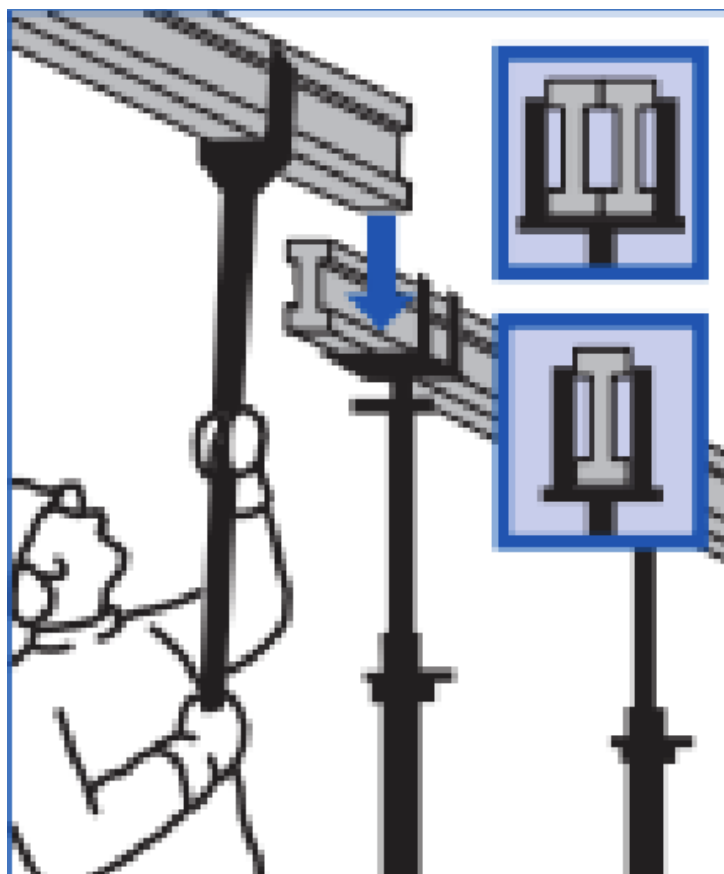
1. Oppsetting av støtter som stilles inn til ønsket høyde
2. Utlegging av hovedbjelker(pute) og tverrbjelker(strø) på drophead-gaffler.
3. Montering av forskalingshud
4. Avstivning av dekkereisen
5. Montering av dekkesteng, innstøpningsgods, utsparinger og armering

1) Oppsetting av støtter.

I det følgende refereres det til figur 3.68. Dekkestøttene (E) justeres først til en gitt lengde. Støttene har ofte nummererte festehull for høydeinnstilling. På toppen av søylene monteres en drophead gaffel (C) som sikrer at hovedbjelken (B) er i riktig posisjon. Drophead-gafflene kommer i enkel og dobbel bredde, og har plass til hhv. en og to bjelker i bredden. Hvis dropheadgafflen monteres før støttene flyttes, bør de sikres med fjærbolter slik at de ikke faller av. Drophead-gaffelen har en senkefunksjon som utnyttes ved avformingen. Dette er beskrevet senere. Foldeben (F) plasseres ut der hvor dekkestøttene skal stå. Disse stabiliserer dekkestøttene mot tipping. Dekkestøtter (E) monteres så på foldebeinene. Maksimal avstand mellom to støtter er 2 meter. Mellomstøtter kan monteres etter behov[85].

2) Utlegging av hoved- og tverrbjelker.

Ved å bruke en bjelkegaffel løftes hovedbjelkene på plass i drophead-gafflene, se figur 3.70. Hovedbjelkens høyde kan sikres ved å måle inn høyden elektronisk. Eventuelle justeringer gjøres etter behov. Deretter legges det ut tverrbjelker på hovedbjelkene. Disse kan også legges ut med bjelkegaffel [85].

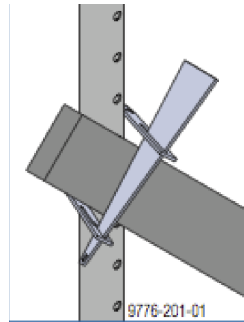


Figur 3.70: Bruk av bjelkegaffel for å montere hovedbjelker [85]

Det kan være mer praktisk/raskere å plassere ut tverrbjelker ovenfra. De utførende må da sikre seg med egnet fallutstyr. Et eksempel på dette kan være et flyttbart betonglodd med en bevegbare galge hvor man kan feste en sertifisert fallsikringssele. Denne galgen kan også festes i en hylse på oppstikkende søyler eller vegger, som vist i figur 3.72.

3) Avstivning av dekkereisen

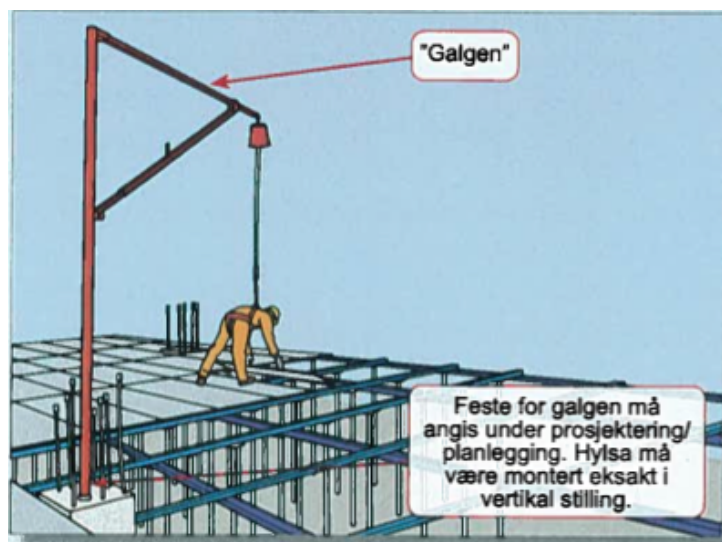
Et veldig viktig punkt er å sikre at dekkereisen står oppreist og ikke dette sammen. Det må derfor sikres at alle støttebein står vertikalt, da skrå bein reduserer støttekapasiteten kraftig. Sideveis avstivning er viktig får å sikre denne kapasiteten [120]. Ved hjelp av en reveklemme kan bord festes til dekkestøttene og diagonalavstive dekkereisen, se figur 3.71.



Figur 3.71: Diagonalavstivning av dekkereis [85]

4) Montering av forskalingshud

Forskalingshuden, som ofte er forskalingsfinér, monteres på tverrbjelkene. Disse legges *på tvers* av tverrbjelkene, se figur 3.69. Arbeidet sikres på samme måte (med galge) som for utlegging av tverrbjelker. På enden av dekket må det monteres fallsikring i form av gjerder. Når finérhuden er montert på, kan det sprøytes formolje på overflaten. Konstruksjonen kan sikres mot vind ved å for eksempel feste den inn med jekkestropper som boltes fast i dekket under [85].



Figur 3.72: Montering av tverrbjelker og hus sikring i galge [120]

Det forskales alltid lengre ut enn det skal støpes. Man får da automatisk arbeidsplattformer man kan jobbe fra samt lagre materialer, armering og utstyr, se figur 3.73.



Figur 3.73: Dekkeforskaling hvor det er forskalt lengre ut enn dekket skal støpes

5) Dekkesteng, innstøpningsgods, utsparinger og armering [85].

Når forskalingshuden er montert og dekke er sikret med gjerder kan videre arbeid starte. Dekkesteng monteres langs der hvor dekket skal støpes og blir dermed ”veggforskalingen” til støpen. Armeringsskinner legges for å sikre overdekning for armeringen. Etter dette legges armeringen i henhold til armeringstegningene og bindes sammen på samme måte som for veggarmeringen. Alt aktuelt innstøpningsgods kan så monteres. Om det skal monteres før, samtidig eller etter armeringen monteres, må avgjøres i forhold til hvilke typer av innstøpningsgods som skal inn i dekket.

Når alt av innstøpningsgods og armering er montert bør det vurderes å tildekke dekket om det ikke skal støpes umiddelbart, ihvertfall om det er fare for snøfall. Figur 3.74 viser tildekning med presenning.



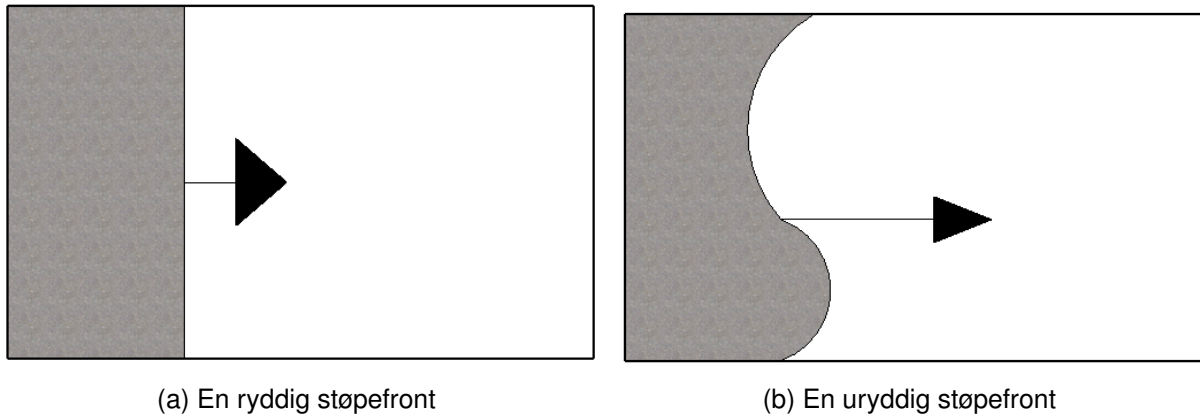
Figur 3.74: Tildekking med presenning

Utstøping

Støpearbeider

Utstøpingen foregår her, som for vegger, nesten alltid med pumpe. Der hvor det for veggstøp er størst fare for separasjon ved at steinene i betongen slås ut av armeringen er det ved dekkestøp knyttet separasjonsfare ved horisontal transport av betongen. Slik separasjon kan man få om man legger ut for mye betong på en plass. Det må derfor tilstrebes at betongen plasseres ut der den skal være ved ferdig dekkestøp. De samme grunnleggende støpereglene gjelder her som for vegger, se tabell 3.7 og 3.8.

Det er her ingen begrensninger ved støpehastighet bortsett fra at man må ha en minimumshastighet for å inngå kaldskjøter. Ved dekkestøp ønsker man en så kort støpefront som mulig. I en rektangelformet dekkestøp oppnås dette ved å holde støpefronten som en rett linje over en av kortsidene, se figur 3.75. Det vil si å legge betongen ut i striper. Ved å ha en uryddig støpefront, vil den være lenger og man vil kunne få problemer med å holde støpefronten levende da betongen mister sin støpelighet etterhvert som betongen binder av.



Figur 3.75: En ryddig, kort og en uryddig, lang støpefront

Ved utstøping av et dekke trenger man vanligvis følgende ressurser:

- En pumpeoperatør som styrer hastigheten og posisjonen til pumpen.
- En betongarbeider som manuelt styrer hvor betongen kommer ut
- En betongarbeider som går med en *spion* som sikrer riktig tykkelse på dekket, se figur 3.76. Det er vanlig at denne personen også vibrerer betongen.
- En person som retter av (disser) betongen etter behov og, om det trengs, påfører kur.



Figur 3.76: Betongarbeider som vibrerer betongen og samtidig sjekker dekkets tykkelse

Tykke dekker

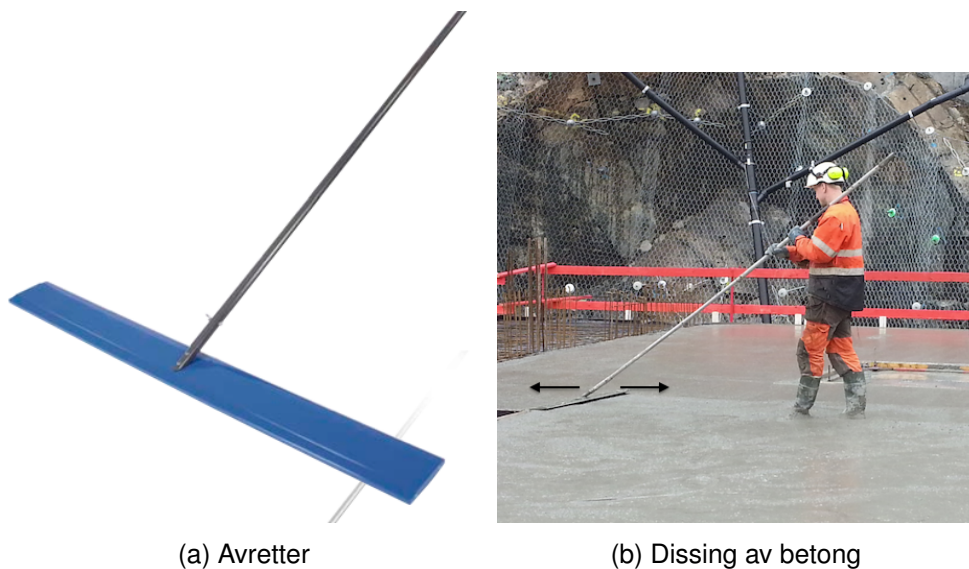
Tykke dekker med tykkelse større enn 40 cm bør legges ut i flere lag. Det bør være en tidsforskyvning mellom lagene, spesielt mellom nest siste og siste lag. Denne tidsforskyvningen bør være ca. to timer [118]. Dette er spesielt viktig, på grunn av at betongen må få tid til å sette seg. Om ikke risikerer man å få riss over overkantarmeringen og hulrom under armeringen som er ødeleggende for betongens bestandighet. Ved tykke dekker med mye armering kan det, i forkant av støpen, monteres inn rør som kan støpes i, se figur 3.77.



Figur 3.77: Klargjorte fyllingspunkter for et tykt dekke [87]

Avretting av betongen

Avretting er en enkel utjevning av betongen som utføres med en avretter, se figur 3.78a. Dette gjøres ved at man ”diss” betongen frem og tilbake mens man jobber seg over betongoverflaten. Denne arbeidsoperasjonen kalles derfor også ”dissing”. Figur 3.78 viser dette.



(a) Avretter

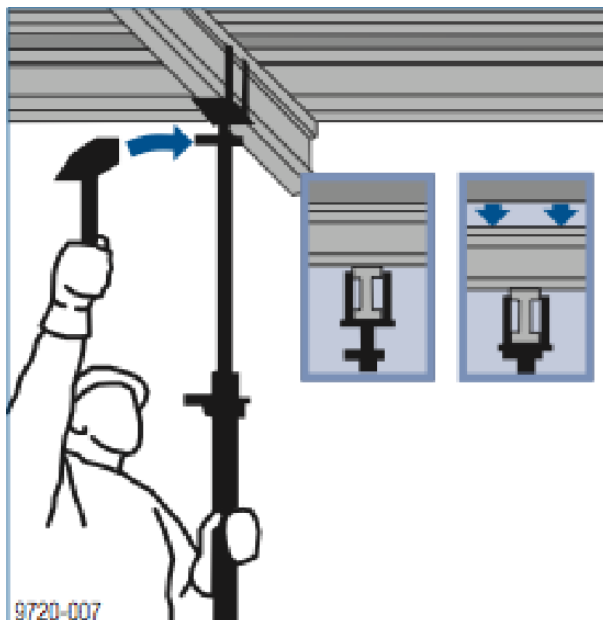
(b) Dissing av betong

Figur 3.78: Avretting av betong

Etter betongflaten er avrettet er det normalt å påføre herdemembran.

Avforming

Som for en veggforskaling, kan dekkeforskalingen rives når betongen har oppnådd tilstrekkelig fasthet. Avformingen startes ved å fjerne eventuelle mellomstøtter. Deretter senkes dekkeforskalingen ved å senke dropheadgaffelen, se figur 3.79.



Figur 3.79: Senking av drophead gaffel [85]

Tverrbjelkene kan nå tippes slik at de ligger løst på hovedbjelkene, og forskalingen kan demonteres. Demontering av dekkeforskaling utgjør en fare for fallende gjenstander og området rundt der hvor dekkeforskalingen rives bør sperres av med sperretape eller lignende.

Det er ved vekktransport av forskalingen en vesentlig forskjell fra veggforskaling. Alle forskalingsdelene må fraktes en viss avstand, avhengig av hvor stor støpetappen er. Forskalingsdelene må fraktes til et sted hvor kranen kan nå dem. Flyttingen må da skje manuelt, med tralle, eller med truck [83].

Vanlige feil ved plasstøping

Ved store, plasstøpte konstruksjoner kommer man sjeldent unna feil og mangler ved deler av resultatet. De vanligste feilene som blir gjort i forhold til betongoverflater er [72, 77]:

- Poredannelse ut over det som det er satt krav til
- Støpesår fra dårlig komprimering eller lekkasjer i forskalingen
- Separasjon fra betongmassen, som igjen fører til støpesår
- Formskjøter, lagdeling og støpeskjøter som avviker fra beskrivelsen
- Slurv ved gjenpussing av staghull
- Betongsøl på overflaten
- Vegger fylles ofte for mye av gangen fordi det skal gå fort- Fører til mye porer

Avhengig av hva betongoverflaten skal brukes til kan det velges om konstruksjonen skal være som den er, repareres eller vrakes.

3.6.5 Etterbehandling av betongen

Alt etter hva overflaten skal brukes til, trenger den varierende etterbehandling. Overflaten kan brukes som fasade, garasjegulv, gangbane eller dekkes til ved påstøp, fliser, parkett eller lignende. Avhengig av dette, velges metode for etterbehandling. Hvis man behandler overflaten mekanisk slik at overflatens struktur endres, sier man at betongoverflaten er bearbeidet.

Påstøp

En påstøp er et ekstra lag med betong som enten legges direkte på et betongdekke, på et trebjelkelag eller i forbindelse med isolering av et betongdekke. Man støper da påstøpen på isoleringen. Påstøp brukes ofte i bad eller ved isolering av en etasje mot kald kjeller. Om betongen skal ha en påstøp, er det ikke krav til det nederste betongdekkets utseende. Herdemembran dropes derfor ofte på slike overflater, og man retter bare betongen enkelt av etter støp [83]. I tillegg vil herdemembran gi dårligere heft mellom dekket og påstøpen. For å få god heft kan man [122]:

- Koste betongen i herdefasen.
- Frese opp betongen i herdet tilstand (bruke en maskin som ”sager opp” betongen)
- Grunne dekket med grunningsmørtet
- Påføre epoxylim

Reparasjon av skader

Feil som følger av blant annet dårlig utførelsesmetode, forskaling eller betong kan resultere i en overflatekvalitet som ikke var tiltenkt. Overflatefeil kan være av *estetisk* eller *teknisk* art. Ved overflatefeil kan det fremmes krav om omstøp, eller utbedring. Ved teknisk art kan det føre til riving og omstøp [77].

Skader av estetisk karakter

Skader av estetisk karakter kan være forårsaket i forbindelse med riving, uforsiktig håndtering, dårlig vibrert betong, lekkasjer eller lokale defekter i støpeskjøter. For innvendige vegger utbedres skader av estetisk karakter med flikking, som vil si flekksparkling og maling. Om veggen ikke skal males, kan reparasjonsmørtler fungere godt. Problemet er at de ofte gir en annen farge enn konstruksjonen, slik at reparasjonen ikke alltid blir helt perfekt [77].

Det avtales ofte med byggherre og maler en grense for hvor store porer som aksepteres i betongoverflaten. En vanlig grense for slike porer er rundt 6 mm-15mm og vil avhenge av hva veggene skal brukes til [79] [6]. Med porer over avtalt diameter tar maler ekstra betalt. Om betongen vibreres feil, får man ofte porer opp mot 2 cm. Dette koster penger, og er en viktig faktor å tenke på når man skal planlegge og utføre en støp.

Skader av teknisk karakter

Er det konstruksjons- og materialfeil må konstruksjoen enten repareres eller vrakes og gjøres på nytt. Det må uansett sikres at konstruksjonen blir slik som den er prosjektert.

Tabell 3.9: Metoder for etterbehandling av betong

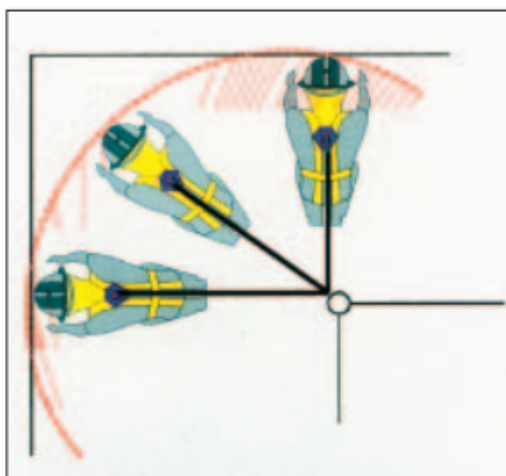
Metode	Beskrivelse	Brukes
Sandblåsing	Sand blåses med stor hastighet mot veggen [121]	Når man ønsker å endre overflatestruktur til herdet betong
Blastring	Stålkuler slynges mot betongoverflaten og river av betong [121]	Man ønsker å endre overflatestruktur til herdet betong
Prikkhamring	Kraftige slag mot betongens overflate	For å oppnå en <i>bestemt</i> overflatestruktur til herdet betong [121]
Brettskuring	Skuring av en overflate med brett eller maskin [121]	Når man ønsker et jevn og fin overflate. Gjøres når overflaten er så herdet at man kan bevege seg utpå den, men fremdeles greie å skure av det øverste laget
Stålglatting	Overflatebehandling bestående av glatting med stålbrett, enten for hånd eller med maskin, kalt helikopter	Når man ønsker et jevn og fin overflate. Gjøres når overflaten er så herdet at man kan bevege seg utpå den, men fremdeles greie å skure av det øverste laget
Kosting	Børsting av overflaten slik at det oppstår riller i betongoverflaten [121]	Gjøres ofte i forbindelse med gangbaner, for å lede vekk vannet og for at ikke det skal dannes isfilm på overflaten som kan føre til glatte gangbaner. Kan også gjøres før påstøp, se neste avsnitt.
Sliping	Det skilles her mellom lett- og dypsliping. Lettsliping er når bare de øverste kornene og ujevnhetene slipes vegg. Dypsliping tar vekk et større lag slik at tilslagsstrukturen kommer frem [122]	Når det er krav til en slitesterk og jevn overflate. Om man våtsliper, slipper man støvet som eller kommer av denne prosessen. Sliping foretas optimalt sett ca en uke etter støp.
Imprengnering (også kalt støvbinding)	Overflaten sprayes, lakkes eller oljes [122]	Når det er ønskelig av golvoverflaten skal gi bedre motstand mot kjemikalier, bli lettere å renholde eller binde støv.

3.6.6 Sikring av arbeid på dekket

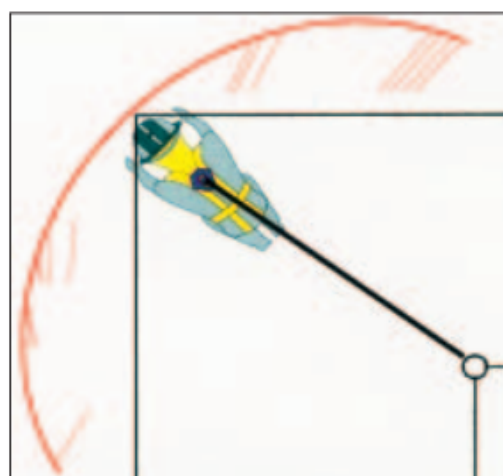
Ved reis av dekke vil det være en viss fare, spesielt tilknyttet til store fallhøyder. Dette gjelder særlig når man skal reise dekker oppover i etasjene. Noen metoder å sikre seg ved disse operasjonene kan være: Bruk av bjelkegaffel, som beskrevet i avsnitt 3.6.4, slik at alle bjelker monteres fra bakken/dekket.

Systemer mot skader ved fall. Det kan her skilles mellom fallforhindrende systemer er systemer som hindrer de utførene i å bevege seg i området som kan føre til fall. Falldempende systemer er systemer som tar imot de utførende ved eventuelle fall. Disse systemene gir mer fleksibilitet, men medfører en viss fare da de "tillater" de utførende å falle. Et eksempel på dette er bruk av galge med fallsele, som vist i figur 3.72. Galgen er innfestet i en hylse i ferdig støpte søyler eller vegger, eller innfestet i et flyttbart betonglodd. Fallsikring krever dokumentert opplæring i bruk av sele og setter krav til hva den kan innfestes i. Fallblokkene som brukes bør være sertifisert for fall over kant. Figur 3.80 illustrerer forskjellen mellom falldempende og fallforhindrende systemer.

1) Personlig fallforhindrende system



2) Personlig falloppfangende system

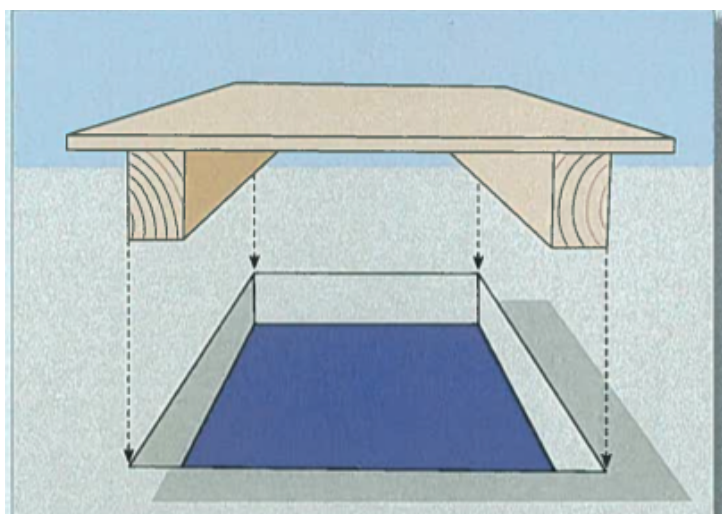


Figur 3.80: Forskjell mellom falldempende og fallforhindrende [123]

Når dekkeforskalingen er ferdigmontert kan arbeid med kantsikring starte. Det finnes flere ulike systemer for å sikre dekket. Et eksempel er vist i figur 3.81. Dekket må videre sikres ved at utsparinger gjerdes inn eller tildekkes med for eksempel lemmer, se figur 3.82.



Figur 3.81: En metode for å montere gjerde langs dekkekant



Figur 3.82: Lem for å hindre fall gjennom utsparinger [120]

Når dekket er støpt kan mer permanent dekkesikring monteres. Støttesko boltes fast i betongen, med en viss avstand til dekkekanten. På disse bolteskoene kan gjerdestolper settes ned og videre rekkverk på disse.

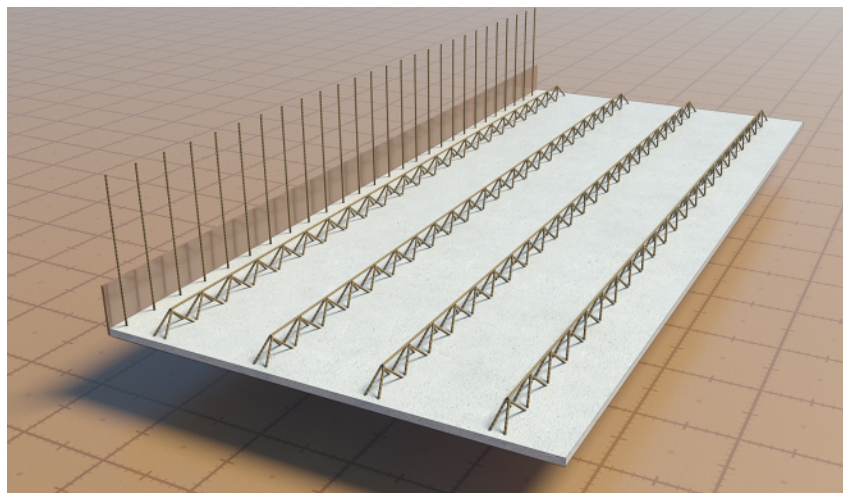
3.6.7 Alternative dekkeløsninger

Hittil i kapittelet har bare tradisjonelle dekker blitt omtalt. Det finnes andre dekkeløsninger som stadig tar større markedsandeler.

Plattendekke

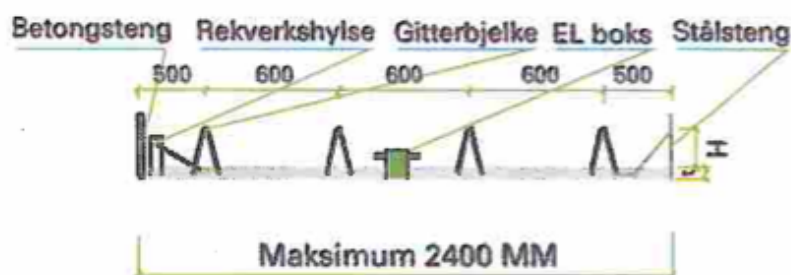
Plattendekke er en kombinasjon av prefabrikkert dekke og plasstøpt dekke. Dekket består normalt av en ferdig armert plate med tykkelse på rundt 5-7 cm [124]. Standard bredde er 1,2m, men kan bestilles i bredder opp mot 2,4m.

Avhengig av om dekket er slakk- eller spennarmert er tilgjengelige lengder 7,2m (slakk) og 12m (spenn) [125] [96]. Figur 3.83 viser et plattendekke.



Figur 3.83: Plattendekke [125]

Platen fungerer som forskaling for fersk betong som støpes i en valgt tykkelse (påstøp) avhengig av dekkets tiltenkte egenskaper. Det er i prinsippet ingen begrensninger for tykkelsen på påstøpen. Figur 3.84 viser et snitt av et plattendekke.



Figur 3.84: Prinsipp for oppbygging av plattendekke [124]

Plattendekket har, i tillegg til underkantsarmering, to eller flere gitterbjelker som forbinder skjøten mellom påstøpen og dekket. I tillegg forsterker det elementet under transporten, og kan fungere som et opplegg for overkantsarmering. Avstanden mellom disse er normalt 0,6m. Det er fullt mulig å støpe inn alt av elbokser, skjøtearmeringskassetter og lignende. Ved bestilling leveres dekket med innstøpte utsparinger. Om man skal ha rekkverk, kan man montere inn rekkverkshylser, slik at man kan montere rekkverkstolper og rekkverk direkte etter dekket har herdet. I endene er det endesteng av betong [96].

Plattendekke prefabrikeres og støpes ofte på vibrasjonslodd. Dette gjør at man oppnår en glatt og porefri overflate som ikke trenger forbehandling om den skal males. Det blir dog en synlig V-fuge der hvor platene skjøtes. Disse fugene bør understemples før utstøping [126]. Elementets overside er ru (børstet) og gir normalt god heft mot påstøpen [96].

Dekket kan legges opp på betongvegger, sandwichvegger, lecavegger, hatteprofiler eller lignende og støttes opp av tverrgående dokabjelker som igjen stemples. Støttene kan plasseres i avstander på 1,5-1,8m [96]. Etter at dekket er heist på plass armeres dekket ferdig (overkantarmering), og alt av elbokser og rørføringer monteres på plass. Deretter støpes påstøpen på vanlig måte.

Plattendekker sparer normalt byggetid da man sparer seg for noen av arbeidsoperasjonene. Man slipper å rive forskalingen etter støp, i tillegg til at man slipper å legge underkantarmeringen. Man sparer også lagringsplass, da elementene heises fra transportmiddel og direkte på plass. Men får normalt tilkjørt elementene etter behov. Dekket hukes i gitterdragerne og heises på plass etter tegning fra RIB.

Spesielt gunstig er denne metoden der hvor det bestilles inn ferdige baderomselementer. Man heiser disse normalt inn i bygningen ettersom den reises. Hvis man skal støpe et dekke over baderomsmodulen, har man ingen mulighet til å verken støtte opp, eller rive dekkeforskalingen. Plattendekkene må dog spesialbestilles, slik at understøttelse ikke er nødvendig her [96].

Denne metoden fører også med seg enkelte ulemper. Man er avhengig av transport av dekkene, og kan dermed bli sårbar for eventuelle transportbegrensninger. Slike begrensninger kan være lange elementer på trange veier osv. I tillegg er man avhengig av tilstrekkelig med anleggsveier og oppstillings-/snuplass for denne transporten. Arbeidet med montasjen vil ta opp krankapasitet, og dermed forsinke andre eventuelle arbeidsprosesser, slik at det kan være aktuelt å øke krankapasiteten, noe som koster penger.

Man blir også avhengig av nødvendig produksjonskapasitet på fabrikk, og prosjektets fremdrift blir dermed sårbar for eventuelle produksjonsstanser på fabrikk.

Bubbledeck

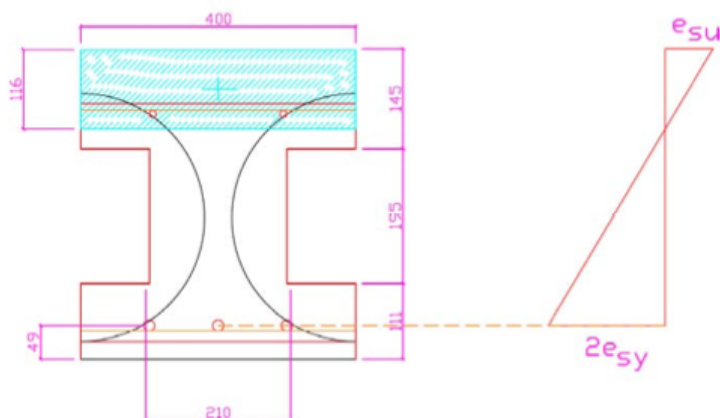
Bubbledeck er en dekkeløsning med toveis bæring, og prefabrikeres med samme prinsipp som plattendekke.

Løsningen er bygget opp med en armert betongplate med armering, i underkant. Over denne platen er det plassert plastkuler i et nett av armering. Figur 3.85 viser et dekke som utføres med bubbledeck.



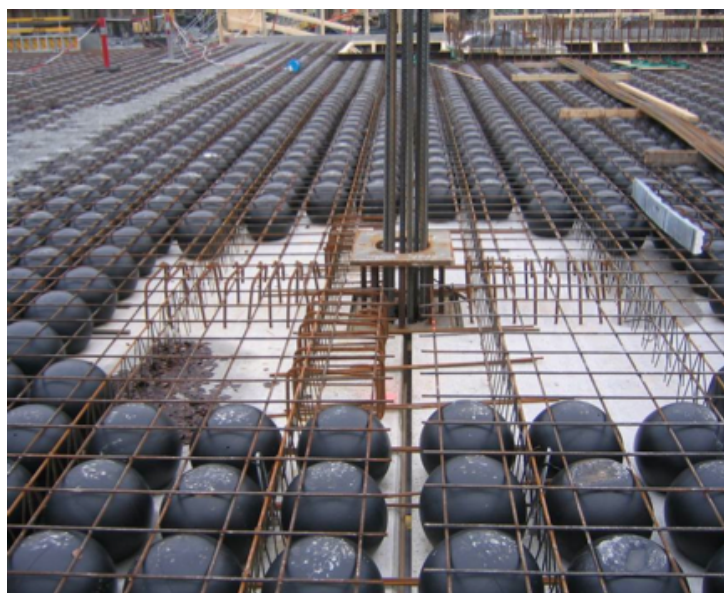
Figur 3.85: Dekke som utføres med bubbledeck [127]

Plastkulene er lagt inn for å redusere dekkets vekt, uten at de reduserer bæreevne eller stivhet vesentlig. De fungerer dermed i prinsippet slik som hulldekkeelement, som beskrevet i neste avsnitt. Vektreduksjonen er rundt 35%. Dette gjøre at man kan tøyte utragere og spennvidder mer, i tillegg til at fundamentlaster blir betydelig redusert. I likhet med plattendekker produseres bubbledeck på fabrikk og tranporteres til byggeplass. Ved bestilling produseres spesialsydd armeringsnett tilpasset de ulike kulene som brukes i dekke. Et snitt av et bubbledeck er vist i figur 3.86. Figuren illustrerer kulenes plassering i forhold til dekkets trykksone.



Figur 3.86: Illustrasjon av dekkets trykksone i forhold til kulens plassering [127]

Dekkets trykksone ligger her i overkant av plastkulene. Plastkulene reduserer derimot dekkets skjærkapasitet til ca. 60-70% av kapasiteten til et massivdekke. Over søyler fjernes derfor plastkulene for å oppnå maks skjærkapasitet. Dette er illustrert i figur 3.87.



Figur 3.87: Fjerning av plastkuler i forbindelse med søyleopplegg [127]

Dekket støpes ut på vanlig metode og man kan komprimere med vibrator i hulrommene mellom kulene. For å sette høyder brukes ofte en laser i stedet for spion. I forhold til plattendekke trenger bubledeck mindre understøttelse, og de vil ofte holde å stemple i avstander på 2-2.7m. Om man skal bruke SKB på plattendekker og bubledeck er det krav til at skjøtene skummes, slik at søl og lekkasjer minimeres. Leveringstid for slike dekker er normalt 6-10 uker fra kontraktsinngåelse. Om det forekommer endringer midt i produksjon, vil det fra avgitt beskjed gå omtrent 2-4 uker til leveranse.

3.7 Produksjonsplanlegging

I forkant av alle støpearbeider må det planlegges. Det skal lages en støpeplan som sikrer at kravene fra [73] oppfylles. Det må også planlegges hvor mye forskaling, armering og betong man trenger, i hvilken takt betongbilene skal komme og hvor de skal snu og ikke minst hvem som skal gjøre hva i forhold til selve utførelsen.

3.7.1 Lean manufacturing

Lean manufacturing betegner en produksjonsteknikk av varer og tjenester med fokus på i minimalisere sløsing av ressurser og tid [128]. Det bør tenkes på dette når planlegging av driften på en byggeplass gjøres. Mye tid kan bli spart ved å redusere forsinkelser og ventetid, samt eliminere unødvendige arbeidsoperasjoner. Hvis man greier å planlegge syklustidene for en støp med god nøyaktighet, vil man kunne få en jevn strøm av betongbiler til pumpen. Man unngår da problemer som at betongbilene står i kø foran pumpen for å levere betong. Det er da viktig å få et anslag på hvor mye betong det kan mottas i timen, og i hvilken *takt* som byggplassen ønsker å få betongen levert. Kranen er ofte en begrenset ressurs på byggeplassen. Det bør derfor utarbeides flyttplaner for hvor forskalingen skal flyttes til. Hvis den kan flyttes direkte etter riving til det stedet hvor den skal settes opp, sparer det krankapasitet. Det vil være vanskelig å beskrive nøyaktig hva man skal gjøre og hvordan man skal gjøre dette, men ved å kjenne til alle operasjoner som skal gjøres og være litt i forkant med planleggingen har man større sjanse for å lykkes [83].

3.7.2 Støpeplan

En støpeplan er et verktøy som kan brukes for å nå et definert mål, og er en gjennomtenkning av hele utførelsen. En støpeplan skal sikre at kravene til de ulike standardene man bruker oppfylles for å oppnå et tilfredsstillende resultat. Det skal normalt foreligge en skriftlig støpeplan der støpearbeidene er kompliserte grunnet vanskelige utstøpningsforhold, tett armering, værforhold og så videre. Den skal dekke alle kritiske aktiviteter og angi hvilke støpearbeider den gjelder for. Den skal i grove trekk omhandle [73]:

1. Hvor støpen skal starte, og hvordan den skal fortsettes
2. Skisser for viser hvordan betongen skal legges ut. Med dette menes rekkefølger og lagtykkelse.
3. Om det er spesielle utfordringer, skal det beskrives hvordan disse løses.
4. Det skal foreligge en mannskapsplan hvor det tas hensyn til ulike skift, pauser og bemanning.
5. Det skal redegjøres for hvilke reserveredskaper man har om noe skulle bryte ned eller gå i stykker.
6. Hvilke egenskaper betongen skal ha i fersk tilstand. Dette vil ha nøye sammenheng med den valgte utførelsesmetoden.
7. Leveranseplan for betongen.
8. Betongens behov for retardering i forhold til leveranseplan og utførelsesmetode
9. Beskyttelses og herdetiltak

Støpeplanen skal identifisere de ulike momentene for å lykkes med en støp og de momentene som kan føre til problemer. Et veldig viktig moment å tenke på er at det er personer som skal utføre arbeidene, slik at samhandling er ekstremt viktig. Videre skal det planlegges hvilke tiltak som kan settes inn om det oppstår problemer. En støpeplan kan grovt deles inn i tre deler[75]:

Del 1. Få betong til anlegget

Det bør før en viktig støp settes av tid til å ha et støpemøte. Betongleverandør, pumpeoperatør, baser og eventuelle andre nøkkelpersoner bør involveres [75]. Det må sikres at betongleverandøren har tilstrekkelig kapasitet både på mengde betong, og på leveringstakt, slik at det ikke forekommer uønskede kaldskjøter [79]. Pumpen tar opptil 20 minutter å sette opp, og pumpeoperatøren må da vite når støpen skal starte. Det må videre tenkes over følgende[75]:

- Hvor lang er strekningen fra betongleverandør til byggeplassen/anlegget?
- Er adkomsten til støpedet egnet for betongbiler?
- Er snuplassen på byggeplassen tilstrekkelig stor for at betongbilene greier å manøvrere betongbilene? Og er det tilstrekkelig plass til alle betongbilene mot ønsket leveringstakt?
- Er det en plan for vaskeplass og deponi?
- Det vil også være lurt å tenke gjennom om leveringstakten er reell. Det er ofte mange som overvurderer egen evne til å motta betong og ikke greier å ta i mot den betongen som er bestilt til tiden som er tiltenkt [79].

Del 2. Definerer av hva som skal støpes

Det skal defineres hva som skal støpes. Konstruksjonsdelen skal beskrives, og det må bestemmes hvordan dekke skal gjøres. Det må defineres en takt/syklus som betongleverandør og de utførende kan forholde seg til. Et viktig moment her er å få med aktuelle rader på pumper og hvordan pumpene må plasseres i forhold til hverandre om det er aktuelt med flere pumper.

Del 3. Planlegging av støpen

Stoppkriterier

Det vil ofte være store variasjoner for hver enkelt støp. Det vil ha mye å si for støpen om det er -10 grader og snø, eller om det er +20 grader, sol og vind. Det skal her defineres stoppkriterier for støpen. Det vil si forhåndsdefinerte scenarioer som vil føre til at støperesultatet vårt har små sjanser for å bli slik som det er tiltenkt. Det må også legges en plan for hva man skal gjøre om støpen ikke går som planlagt. Bryter pumpen ned, eller betongleveransene blir forsinket må man planlegge tiltak for å unngå kaldskjøter.

Den ferske betongens egenskaper

Det er den valgte betongen som bestemmer utførelsesmetoden. Det må avgjøres om betongen er stabil nok til å bli pumpet. Det må avgjøres om det må monteres rør på utvalgte punkter hvor

betongen kan helles i, og om det er områder som krever spesielle tiltak som utsparinger og skrå flater. Det må planlegges hvor lang tid det skal ta før betongen binder av, her spesielt i forhold til kaldskjøter. Det må også planlegges hvor det kan godtas at kaldskjøter kan komme uten store konsekvenser for det endelige resultatet [79].

SJA

HMS er veldig sentralt i byggebransjen. Skal det utføres arbeidsoppgaver som som ikke har blitt utført på arbeidsplassen som kan medføre risiko for de utførende, miljøet eller det endelige resultatet skal det utføres en SJA [79].

Utstyr

Det skal planlegges hvilket utstyr man trenger for den bestemte utførelsesmetoden. Vibratoren må være stor nok for den lagtykkelsen man legger ut slik at man får vibrert lagene sammen. Skal man bruke tobb til veggstøpen, må alle andre aktiviteter som krever kranen være ferdig før støpen begynner, da tobbsen legger beslag på tobbsen. Det skal i tillegg planlegges hvilke typer av utstyr det er nødvendig å ha i reserve og det skal redegjøres for hvor disse redskapene er.

Bemanning

Det må sikres at man har tilgang på den bemanningen man ønsker seg før man starter støpen. Det skal planlegges for matpauser, forskjellige skiftlag og ikke minst hvem som skal gjøre hva. Det vil også være en fordel å rullere på arbeidene. Det vil for eksempel være lite hensiktsmessig å la en person gå med vibratoren over et helt skift, da dette medfører HMS-risiko [79].

Rekkefølge-vegger

Hvis veggoppbyggingen er komplisert er det viktig å tenke på i hvilken rekkefølge veggene skal støpes i. Ved spesielt komplisert veggoppbygging kan både Peri og Doka bistå med forslag til rekkefølger og støpetapper for sine egne systemer. Hvis dette gjøres selv, kan man gå inn på den aktuelle leverandørens hjemmeside og velge forskalingssystem ut ifra produktkatalogene. Når forskalingen rives etter en støp, ønsker man å flytte forskalingen direkte til det neste stedet som skal støpe ut. Grunnen til dette er at det ofte begrenset med lagringsplass og krankapasitet. Rekkefølgen på støpetappene blir da også en slags flyttplan for forskalingssystemene. Det kan med fordel beskrives hvor hvilke forskalingskassetter skal være til enhver tid og hvilket støpelag som skal utføre den aktuelle veggstøpen.

3.7.3 Anskaffelse av forskaling

I forkant av prosjektet bør det gjøres en vurdering av hvilken type forskaling man trenger, et anslag av hvor mye man skal støpe, og i hvilken takt. Store forskalingsleverandører som Doka og Peri kan komme med forslag til hvilke typer forskaling som kan brukes ut ifra sitt eget utvalg.

Vegger

Man bruker ofte fremdriftsplanen kombinert med antall *planlagte støpemetere* når man skal bestille inn veggforskaling. Hvis man må være ferdig med støpearbeidet innen 100 dager, og man har 2000 løpemetere man skal støpe, må man i snitt støpe 20 meter med vegg hver dag. Det planlegges da fornuftige støpetapper i forhold til denne ønskete lengden [83].

Sammen med krav til fremdrift må det tenkes på det økonomiske. Det kan være dyrt å leie mer forskaling enn man trenger. Valg av lengden på støpetapper vil være med å påvirke dette. Det vil være fornuftig å ha så mye forskaling at man kan forskale om formiddagen og støpe ut før de utførende går hjem for dagen [83]. Betongen kan så herde over natten, og neste morgen kan veggen avformes og arbeidet kan starte på nytt. Kostnadene av dette kan illustreres ved et eksempel:

- 1) En støpetappe er 20 meter og forskales og støpes på én dag. Fremdriften er da 20 meter hver dag.
- 2) Om man leier inn forskaling til å forskale 40 meter, bruker man dobbelt så lang tid på forskalingen og utstøpingen, altså 2 dager.

Man har kommet like langt, men har måttet leie inn dobbelt så mye forskaling til 2) enn til 1) og kostnadene til prosjektet er høyere enn de hadde trengt å være.

Det må også gjøres en vurdering på hvor mye *ekstra forskaling* man trenger eller om man trenger det i det hele tatt. Om man ikke får utført den planlagte støpetappen for en dag grunnet vær eller lignende kan det være ønskelig med nok forskaling tilsvarende én støpetappe. Man kan da bruke neste dag på å forskale neste støpetappe. Det er forskalings- og armeringsarbeidet som tar tid. Man bestiller da betong nok til to støpetapper og henter inn den tapte tiden med å støpe to etapper på en dag. Å ha slik forskaling stående i reserve vil koste ekstra penger samt ta ekstra riggplass. Det må derfor vurderes fra prosjekt til prosjekt. Leie-/kjøpskostnadene for forskaling må også vurderes opp mot bemanningen. Har man for mye forskaling i forhold til tilgjengelig bemanning vil det stå ubrukte forskalingskassetter som igjen koster penger.

Om man ønsker denne muligheten for å hente inn tapt tid vil ofte avgjøres av presset prosjektet har med tanke på å følge fremdriftsplanen. I prosjekter med høy effektivitet er det oftere slik at prosjektleder legger mye prestisje i at forsinke fremdrift blir tatt inn snarest mulig [129]. Dette argumenterer for å leie inn ekstra forskaling, selv om det koster ekstra å ha ekstra forskaling stående. Et siste punkt som å huskes på er at endestengen skal spikres på innsiden av forskalingen. Det skal gjøres plass til både endesteng og endestengsvinkler på en eller to sider av forskalingen (det kommer an på om veggen skjøtes). Dette vil føre til at den praktiske lengden på støpen blir mindre enn forskalingslengden tilsier.

I Norge er de to største forskalingsleverandørene Doka og Peri [83]. Fra deres nettsider kan man finne lengder og høyder på deres systemforskaling. Man er her ikke låst til disse lengdene, da det finnes låsesystemer som kan brukes til å lage de lengdene man ønsker ved å koble sammen to eller flere kassetter. Det bør uansett bli gjort en vurdering og en optimalisering av støpetapper slik at man ikke overbestiller forskaling.

Peris mest leverte forskalingssystem for vegger er *Peri Trio* og *Peri Maximo* [82]. I tabell 3.10 er en oversikt over bredder og høyder på disse forskalingssystemene.

Høyder (m)	2,70 og 3,30
Bredder (m)	2,40, 1,20, 0,90, 0,60 og 0,30

Tabell 3.10: Høyder og bredder på Peri Trio og Peri Maximo [82]

Tilsvarende er Dokas mest leverte forskalingssystem *Framax Xlife* veggssystem [130]. Disse kommer i bredder og høyder som beskrevet i tabell 3.11: Byggets geometri er gjerne avgjørende

Høyder (m)	3,30, 2,70 og 1,35
Bredder (m)	2,70, 2,40, 1,35, 0,90, 0,60, 0,45 og 0,30

Tabell 3.11: Bredder og høyder for Dokas Framax Xlife[131]

for hvilke systemer man bestiller, og vil selvsagt også ha en innvirkning på enkelte støpetappers lengde.

Tiden det tar fra forskalingsleverandør mottar tegningsgrunnlag går det ca. 15 dager til forskalingsproduktene er levert. Dette tallet gjelder for byggeplasser i eller nært store byer som Oslo, Bergen og Trondheim [130] [82].

3.7.4 Anskaffelse av armering

Armering bestilles av en sertifisert stålleverandør. De største leverandørene i Norge er i dag Smith stål, Celsea steel og norsk stål. Av dem kan man bestille armeringsstål og produkter og få den levert til byggeplass. Typisk tid fra bestilling av varer til leveransen kommer er ca. 5-7 dager [101]. Det er kun rette lengder som finnes på lager, slik at alt som skal kappes og bøyes tar lengre tid. De levereres derimot samlet, slik at det blir det som er kappet som blir avgjørende for leveransen.

Vegger

Som nevnt tidligere i kapittelet er det B500C som brukes mest i vanlige slakkarmerte konstruksjoner. Ifølge de overnevntes leverandørers nettsider leveres vanlig kamstål B500C som oftest i lengder 6 og 12 meter. Et eksempel på dette er hentet fra Smith stål. Figur 3.88 viser tilgjengelige lengder for ulike tykkelser av stålet.

DIM. I MM	KG/M	LGD	DIM. I MM	KG/M	LGD
tykkelse			tykkelse		
8	0,40	6/12	16	1,58	6/12/14/18
10	0,62	6/12	20	2,47	6/12/14/18
12	0,89	6/12	25	3,85	6/12/14/18
14	1,23	12	32	6,31	6/12/14

Figur 3.88: Armeringslengder for B500C armering, Smith Stål [91]

Det vil si, at med mindre man får spesialbestilt stål, bør støpetapper til en viss grad planlegges ut ifra disse lengdene [83]. Hvis man i tillegg har vegger som skal skjøtes i lengde retningen, må man ta hensyn til at noe av lengden går vekk i form av omfarings skjøter. Et eksempel er hvis man har planlagt to støpetapper som begge er armert horisontalt med 12 meter kamstål ø16, B500C. Hvis disse skal omfares i støpeskjøten vil total lengde bli:

Total armeringslengde: $12m * 2 = 24m$

Omfaringslengde: $16mm * 50 = 800mm = 0,8m$

Totalt antall meter støp: $24m - 0,8m = 23,2m$

3.7.5 Anskaffelse av Betong

Etter avtale med betongprodusent kan betong bestilles til byggeplassen. I forhold til betongens sammensetning er det flere valg som skal gjøres.

- **Arkitekt/BH** kan gjøre valg knyttet til estetisk uttrykk som overflatestruktur og eventuelt farge.
- **RIB** velger betongens fasthet og bestandighet
- **Entreprenør** gjør valg som styrer betongens støpelighet, vintereregenskaper, rissfølsomhet og pris

Arkitekten, byggherrens og RIBs valg er da fastsatt, mens entreprenørens valg er variable og må/kan tilpasses etterhvert. De fleste betongprodusenter har standardresepter det kan bestilles fra. Store entreprenører har derimot faste avtale med disse leverandørene, og kan i større grad bestille den betongen som passer best til det formålet den er tiltenkt, noe som vil variere med for eksempel årstiden [79]. Man avtaler som oftest på forhånd omtrentlige leveranser hvor hver dag i en uke. Dagen før det skal støpes ringer betongformann fra byggeplass og spesifiserer ovenfor betongleverandør hvilket volum som skal leveres, når det skal leveres og i hvilken takt. Om man skal bestille betong som ikke er med i ukeplanen, bør man bestille 2-3 dager i forveien.

Leveringstakt

For leveringstakt bør følgende vurderes:

- Avstanden og veinettet fra produksjonssted til byggeplass må sjekkes. Det kan være sterkt trafikkerte veier som kan forstyrre en eventuell taktleveranse.
- Intertransportens kapasitet. Bruker man en pumpe kan man som tidlige nevnt oppnå en kapasitet på $120m^3/t$ mot tobbens om lag $13m^3/t$.
- Eventuelle maksimale stige-hastigheter må også tas hensyn til. For en 2,6 meter høy vegg med en maksimal tillatt stige-hastighet på 1,5 meter/time vil man uansett bruke opp mot 2 timer.

Vegger

Størrelse på etapper.

En betongbil kan som tidligere nevnt normalt frakte ca. $7m^3$ betong. Man betaler som oftest en sats for hver betongbil som kjører til byggeplassen og en sats pr. kubikkmeter betong [104]. Om man skal støpe en vegg som er totalt $19m^3$ og man vil dele opp støpeetappen i to deler, kan det lønne seg økonomisk å dele opp etappen i en stor og en liten del. Det kan for eksempel deles

opp slik at man støper $13m^3$ en dag og $6m^3$ den neste dagen og ender da opp med tre leveranser. Om man hadde støpt to like etapper, hver på $9,5m^3$ ville antall leveranser vært 4 og betongen totalt sett dyrere. Dette regnestykket må selvsagt vurderes opp mot blant annet forskaling- og armeringslengder og hva som praktisk lar seg gjøre.

Det er en forutsetning at betongen har de egenskapene som trengs for den aktuelle lengden. Dette med tanke på mobilitet, avbindingstid og andre faktorer som kan være avgjørende for den lengden som er valgt og den tiden som det tar å støpe ut.

Dekker

For dekker vil antall kubikk være så stor at det ikke er noen vits i å optimalisere for antall betongbiler. Her vil leveringstakten i største grad være begrenset av interntransportens og de utførenes kapasitet. Et viktig element i planleggingsfasen er å identifisere hvor man kan få kaldskjøter uten store konsekvenser ved eventuell svikt i betongleveransene.

3.7.6 Støpetapper

Ved bestemmelse av hvor lang en støpetappe skal være vil som nevnt over mange faktorer spille inn. Hvilken av disse faktorene som dominerer mest vil variere fra prosjekt til prosjekt, men i de fleste tilfeller vil den være styrt av krav til fremdriften i tillegg til de økonomiske faktorene som leiepriser på forskaling. Tabell 3.12 summerer opp de ulike faktorene:

Tabell 3.12: Faktorer som kan bestemme lengde på støpeetappe

Del	Parameter som kan ha en innvirkning på støpeetappens lengde
Innleid/kjøpt forskalingsmengde	<ul style="list-style-type: none"> • Krav til fremdrift • Kostnad ved å leie inn forskaling • Standard lengder på forskalingssystemene • Endesteng og endestengsvinkler begrenser lengden
Armering	<ul style="list-style-type: none"> • Standard armeringslengder fra leverandør • Omfaringskjøter som begrenser lengden
Betong	<ul style="list-style-type: none"> • Betongleverandørens kapasitet • Interntransportens kapasitet
Annet	Byggets geometri- Form og lengde på vegger som naturligjør en gitt lengde på etappene

Det er selvsagt en forutsetning at man har tilstrekkelig med ressurser og krankapasitet for å utføre alle arbeidsoperasjonene som skal gjøres. Det må i tillegg tas i betraktning alle andre arbeidsoppgaver som skal gjøres i tillegg til selve utstøpningen slik som rydding, pauser og lignende.

Oppsummert er en fornuftig lengde på en veggstøp ca. **21-25 meter** [6, 79]. Forskalingsmessig blir det ofte for dyrt med lengre etapper. For betongen sin del kan der derimot være fordelaktig med en lang form.

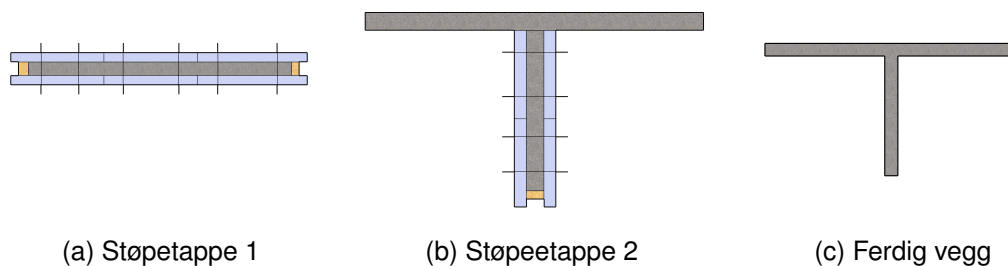
For en dekkestøp kan det være fornuftig med etapper på **700-800m²**, men deles ofte inn i naturlige etapper der det for eksempel er høydeforskjeller [83].

Rekkefølge på etapper

For et vanlig leilighetsbygg vil det være behov for å skjøte vegger. I hovedsak gjøres dette i lengderetningen og loddrett på hverandre. Veggene henger stort sett henger sammen, og det må planlegges hvilke vegger og veggdelene som skal støpes først. I det følgende beskrives dette.

1) En vegg loddrett på en annen

Når en vegg skal støpes mot en annen vil man alltid ønske å støpe veggen som kommer loddrett på den andre *sist*. Det vil si at man alltid ønsker å støpe den vannrette veggen først, si figur 3.89

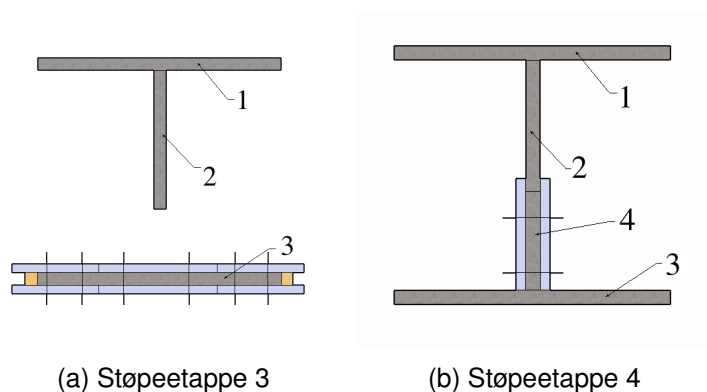


Figur 3.89: Rekkefølge for en T-vegg

Det brukes her (nesten alltid) en skjøtearmeringskassett i skjøten. Grunnen til at man ikke ønsker en motsatt rekkefølge er vanskeligheter ved å stramme til forskalingen der hvor etappene møtes. Det er også vanskeligere å skjøte armeringen om det skulle blitt gjort motsatt vei.

2) En vegg loddrett på to vegger

Det legges nå på et ekstra ledd, slik at en vegg skal støpes loddrett på to andre vegger, se figur 3.90.



Figur 3.90: Fortsettelse av T-vegg

Ved å følge disse prinsippene kan man støpe ut de fleste kombinasjoner hvor vegger skal møtes.

3.7.7 Kran

De fleste prosjekter er avhengig av en kran. Systemforskaling, armering og utstyr er ofte så tungt at det ikke er mulig å arbeide effektivt uten en kran. Ved bestilling av kran bør man vurdere følgende[83]:

1. Hva som skal løftes:

- (a) Hvor tungt det skal løftes er det mest avgjørende. Kranen må være dimensjonert for en gitt last ved en viss radius. Ofte er forskalingssystemet det tyngste vi kommer til å løfte på byggeplassen. Kranene dimensjoneres da etter denne lasten ved den radiusen som vi mener kranen bør ha. Vekt av systemforskaling er som oftest oppgitt som kg/m^2 . For eksempel veier Peris former Trio og Maximo 75-80 kg/m^2 [82].

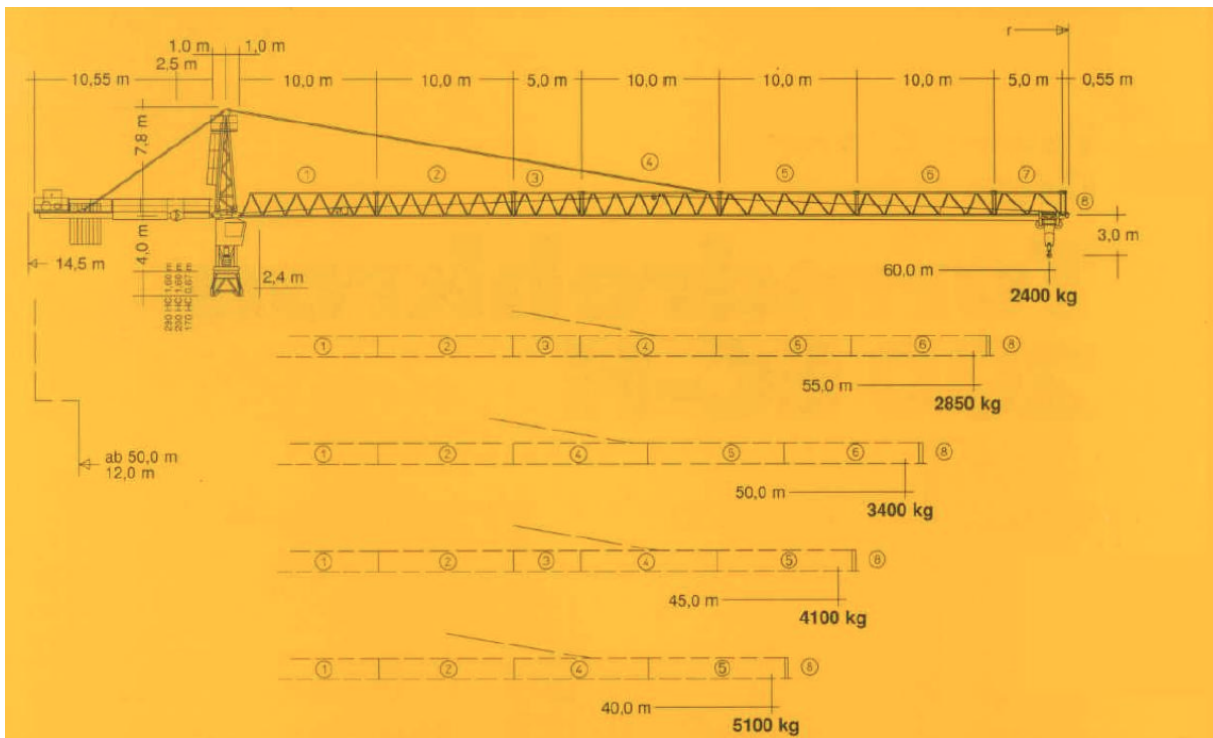
2. Hvor kranen(e) skal plasseres:

- (a) Det tas utgangspunkt i tomten det skal arbeides på og definerer hvor man trenger å løfte til/fra.
- (b) Tårnkranens kostnad må vurderes i forhold til å leie inn mobilkraner.
- (c) Kranen må nå alle steder det skal støpes ut, alle lagringsplasser, alle rigger og alle steder hvor det skjer leveranser.
- (d) Hvis man har flere kraner på en byggeplass må det tenkes på kranenes høyde i forhold til hverandre.
- (e) Kranen kan settes på skinner, og dermed oppnå en (langt) større rekkevidde.
- (f) Det er viktig å tenke på kostnaden ved å sette opp og demontere kranen. Der man først setter kranen er der den bør stå uten at den trenger å flyttes på.

3. Antall kraner i forhold til bemanning

- (a) En tommelfingerregel for plasstøpt betong er at det går ca. én kran på ti mann [83].
- (b) Leier man inn mobilkraner kan man vurdere om man vil ha mindre kraner enn dette.

Figur 3.91 viser et eksempel på en tårnkranes kapasitet for ulike rekkevidder.



Figur 3.91: Tårnkran [132]

Bibliografi

- [1] *Om oss*. Hentet fra [http : //www.standard.no/no/Om – oss/Standard – Norge/](http://www.standard.no/no/Om-oss/Standard-Norge/) den 22.10.13. Oktober 2013.
- [2] *Byggforskserien 401.104, Standarder for bygg og anlegg*. SINTEF Byggforsk, 2009.
- [3] Forkortelser. hentet fra [http : //www.standard.no/standardisering/forkortelser/](http://www.standard.no/standardisering/forkortelser/) den 30.5.14.
- [4] *Personintervju med Anikken Giske Mathisen, Standard Norge*.
- [5] *Fakta om standard Norge*. Hentet fra [http : //ipressstandard55597.newsroom.meltwaterpress.com/fakta – om – standard – norge](http://ipressstandard55597.newsroom.meltwaterpress.com/fakta-om-standard-norge/).
- [6] *Personintervju med Sverre Smeplass, Skanska Norge*. 2014.
- [7] Eurokoder. hentet fra [http : //www.standard.no/fagomrader/bygg – anlegg – og – eiendom/eurokoder1/](http://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/eurokoder1/), den 13.5.14.
- [8] Inge Bryhni Nils Gundersen. *Løsmasser*, hentet fra [http : //snl.no/lC3B8smasse2Fgeologi](http://snl.no/lC3B8smasse2Fgeologi) den 11.2.14. Store norske leksikon.
- [9] *NS-EN 3420-F, beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner, Grunnarbeider*. Standard Norge, 2008.
- [10] *Byggegrunn og terreng. Byggforsk Byggedetaljblad 511.101*. SINTEF Byggforsk, 2012.
- [11] *Personintervju med Odd Stenshorne, Romerik maskin*, 27.2.14.
- [12] Lasse Svellingen Rune Snekkingstad. *Produksjon bygg- og anleggsteknikk*. Gyldendal Norsk Forlag, 2012.
- [13] Orientering om jordarter, henter fra [http : //www.arbeidstilsynet.no/artikkel.html?tid = 78665](http://www.arbeidstilsynet.no/artikkel.html?tid=78665) den 3.3.14.
- [14] *Personintervju med Olav Dokken, AF gruppen*. 27.2.14.

- [15] *Grus og pukk som byggeråstoff. Hentet fra [http : //www.ngu.no/no/hm/Georessurser/Sand – grus – og – pukk/Grus – og – pukk – som – byggerastoff/](http://www.ngu.no/no/hm/Georessurser/Sand-grus-og-pukk/Grus-og-pukk-som-byggerastoff/) den 6.6.14. NGU.*
- [16] *Steinmaterialer. Sand, grus og pukk. Byggedetalsjer 572.108. SINTEF Byggforsk, 2004.*
- [17] *Unngå byggeskader. Hentet fra [https : //www.sintef.no/uploadpages/31328/Byggaktuelt2012–03.pdf](https://www.sintef.no/uploadpages/31328/Byggaktuelt2012-03.pdf) den 24.3.14. SINTEF Byggforsk, 2012.*
- [18] *Forelesning om grunnarbeider, 30.1.14, Amund Bruland, NTNU.*
- [19] *Grunnbok. Hentet fra [http : //www.kartverket.no/Eiendom – og – areal/Tinglysing – av – eiendom/Hvordan – tinglyse/Grunnboken/](http://www.kartverket.no/Eiendom-og-areal/Tinglysing-av-eiendom/Hvordan-tinglyse/Grunnboken/) den 18.3.14. Kartverket, 2014.*
- [20] *Forurenset byggegrunn. Byggforskserien 511.211. SINTEF Byggforsk, 2000.*
- [21] *Klassifisering av jordarter. Hentet fra [http : //www.byggesaken.no/webfiles/Klassifisering20–20Siktekurver.pdf](http://www.byggesaken.no/webfiles/Klassifisering20-20Siktekurver.pdf) den 19.5.14. NGL.*
- [22] *Forurensningsloven. Hentet fra [http : //lovdata.no/dokument/NL/lov/1981 – 03 – 13 – 6](http://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6) den 15.2.14. Lovdata, 1983.*
- [23] *Personintervju med Olav Lindset, Veidekke. 2013.*
- [24] *Arkeologi for byggenæringen, Byggforskserien 241.211. SINTEF Byggforsk, 2010.*
- [25] *Lov om kulturminner, hentet fra [http : //lovdata.no/dokument/NL/lov/1978 – 06 – 09 – 50/KAPITTEL₅KAPITTEL₅](http://lovdata.no/dokument/NL/lov/1978-06-09-50/KAPITTEL5KAPITTEL5) den 3.3.14.*
- [26] *Sikring mot radon ved nybygging. 520706. SINTEF Byggforsk, 2013.*
- [27] *Anleggsteknikk 1, hentet fra [http : //bokasnettressurs.no/asset/309/1/309₁.pdf](http://bokasnettressurs.no/asset/309/1/309_1.pdf), den 14.3.14.*
- [28] *Produktblad volvo gravemaskin EW230C. hentet fra [http : //www.volvoce.com/sitecollectiondocuments/vce/documents20global/wheeled20excavators/br](http://www.volvoce.com/sitecollectiondocuments/vce/documents20global/wheeled20excavators/br) den 2.4.14. 2014.*
- [29] *Produktblad Volvo gravemaskin ECR305C. hentet fra [http : //www.volvoce.com/sitecollectiondocuments/vce/documents20global/crawler20excavators/br](http://www.volvoce.com/sitecollectiondocuments/vce/documents20global/crawler20excavators/br) den 3.4.14. 2014.*
- [30] *Beltegraver. Hentet fra [http : //www.nasta.no/no/anleggsmaskiner/gravemaskin/beltegraver/EZX470LCH – 5.9UFRjY4D.ips](http://www.nasta.no/no/anleggsmaskiner/gravemaskin/beltegraver/EZX470LCH-5.9UFRjY4D.ips) den 2.4.14. 2014.*

- [31] *Mercedes lastebil. Hentet 21.5.14 fra [http : //www.autoevolution.com/news – image/new – mercedes – benz – trucks – presented – at – bauma – fair – 2010 – 19168 – 1.html](http://www.autoevolution.com/news-image/new-mercedes-benz-trucks-presented-at-bauma-fair-2010-19168-1.html) den 7.6.14. Mercedes.*
- [32] Odd Johannessen. *Massetransport med lastebil, kapasitet og kostnad*. NTH.
- [33] *Personintervju med Thorbjørn Tveit Bakkettun, Prosjektleder bybanen, Skanska.*
- [34] Vegard Olsen. *Anleggsteknikk GK kompendium del 3*. NTNU, 2009.
- [35] *Personintervju med Jostein Mjelstad, Formann Vassbakk, Bybanen Bergen.*
- [36] *Telefonsamtale med Alf Johansen, Daglig leder Alf Johansen AS.*
- [37] Karsten Myrvold. *Sprengning og masseforflytting i forbindelse med byggegrøper*. 1989.
- [38] *Personintervju med Knut Sandnes og Trond Lyse, Veidekke entreprenør ASA*. 2014.
- [39] *Håndbok 018, vegbygging. Hentet 10.2 fra [http : //www.vegvesen.no/attachment/68724](http://www.vegvesen.no/attachment/68724). Statens vegvesen, 2005.*
- [40] *Kompaktgravemaskin, volvo EC55C. hentet fra www.volvoce.com 22.5.14.*
- [41] *Grunnarbeid*. Universitetsforlaget, 1990.
- [42] *NS-EN 12063, Utførelse av spesielle geotekniske arbeider - Spuntvegger*. Standard Norge, 1999.
- [43] *Gysemasse. Hentet fra [http : //www.heydi.no/produkt.asp?vdaid = 55](http://www.heydi.no/produkt.asp?vdaid=55) den 21.5.14. Heydi, 2014.*
- [44] *Fundamentering. Hentet fra [http : //www.kynningsrud.no/forretningsomrader/fundamentering](http://www.kynningsrud.no/forretningsomrader/fundamentering) 25.3.14. Kynningsrud, 2014.*
- [45] Stefan Halvardsson Fjellheim. *Injeksjonspeler som et alternativ til betongpeler*. NTNU, 2012.
- [46] *Grunnvann i Norge. Hentet fra [http : //www.grunnvanninorge.no/geoteknikk_s-etningsskader_print](http://www.grunnvanninorge.no/geoteknikk_s-etningsskader_print) den 2.4.14. NGU, 2013.*
- [47] *Utlekking og komprimering av sprengstein. Byggedetaljer 513.131*. SINTEF Byggforsk, 1999.
- [48] *Telefonsamtale med Tom, Onsøy pukkverk.*
- [49] *Peleveiledningen 2012*. Norsk geoteknisk forening, 2012.

- [50] *Peleveiledningen 2005*. Norsk geoteknisk forening, 2005.
- [51] *Fundamentering*. Hentet fra [http : //www.entreprenorservice.no/Fagomrader/Fundamentering](http://www.entreprenorservice.no/Fagomrader/Fundamentering), den 25.3.14. Entreprenørservice, 2014.
- [52] E. F ISCHEBECK. *Innovative foundation techniques using titan self drilling, dynamic grouting hollow micro piles*. 2002.
- [53] Aschenbroich H. *Recommendations for installation, QA and QC and testing of Recommendations for installation*. 2005.
- [54] C Nowatatzki E A Samtani, N. *Hollow-core soil nails State-of-the-practice*. 2006.
- [55] Prosesskoden hentet 12.10.13 fra [http : //www.vegvesen.no/fag/veg + og + gate/prosjektering + og + bygging/prosjektering/prosesskoden](http://www.vegvesen.no/fag/veg+og+gate/prosjektering+og+bygging/prosjektering/prosesskoden).
- [56] *Mail fra Pål Niklas Deisz, Veidekke entreprenør*.
- [57] *Bevaring av vegetasjon i bygge- og anleggsområder. Byggedetaljer 316.211*. SINTEF Byggforsk, 2003.
- [58] *Sikring av eksisterende vegetasjon på byggeplasser. Byggedetaljer 513.710*. SINTEF Byggforsk, 2003.
- [59] JM Bygg, Prosjekter, hentet fra [http : //www.jm.no/boliger/finn – din – bolig/oslo/oslo/nydalen/elvelunden/byggeplass – bilder/](http://www.jm.no/boliger/finn-din-bolig/oslo/oslo/nydalen/elvelunden/byggeplass-bilder/) den 2.4.14. 2013.
- [60] Ragnar Heggstad. Nedbørsfelt. hentet fra [http : //snl.no/nedbørsfelt](http://snl.no/nedborsfelt) 12.3.14.
- [61] Definisjoner, vann- og avløp. hentet fra www.nesodden.kommune.no 1.6.14.
- [62] *Telefonsamtale med Tommy Nordhus Jacobsen, Fyllingen Maskin*. 2014.
- [63] Nichols Day. *Moving the earth*. Mc grawhill, 2005.
- [64] *Grøftekasser*. Hentet fra [http : //www.rano.no/sider/GrC3B8ftekasser.html](http://www.rano.no/sider/GrC3B8ftekasser.html) den 7.4.14.
- [65] *Valser*. Hentet fra [http : //www.mascus.no/anlegg/valser/](http://www.mascus.no/anlegg/valser/) den 8.4.14. Mascus.no, 2014.
- [66] *Vibrerende plate*. Hentet fra [http : //akmachine.all.biz/no/vibrerende – bensin – plate – g310131](http://akmachine.all.biz/no/vibrerende-bensin-plate-g310131) den 8.4.14. akmachine, 2014.
- [67] *Maskinell stamper*. Hentet fra [http : //www.stavemaskin.com/bygg – og – betong/vibroplater/stamper](http://www.stavemaskin.com/bygg-og-betong/vibroplater/stamper) den 8.4.14. 2014.

- [68] NS 3458 2004, *Komprimering, krav til utførelse*. Norsk standard, 2004.
- [69] *Værstatisikk Oslo*. Hentet fra [http : //m.yr.no/sted/Norge/Oslo/Oslo/Oslo\(Blindern\)_mC3A5lest](http://m.yr.no/sted/Norge/Oslo/Oslo/Oslo(Blindern)_mC3A5lest) 23.5.14. Metrologisk institutt, NRK, 2014.
- [70] *Forelesning om byggebransjen, 16.1.14*, Ståle Brovold, Veidekke.
- [71] David Darwin Sidney Mindess, J.Francis Young. *Concrete second edition*. Pearson education inc., 2003.
- [72] Reidar Kompen. *Utførelse av betongkonstruksjoner med krav til pene overflater*. Statens vegvesen, 2001.
- [73] NS-EN 13670. *Utførelse av betongkonstruksjoner*. Standard Norge, 2010.
- [74] Geir Flåta. *Produksjonsteknikk for betongkonstruksjoner*. 2003.
- [75] *Personintervju med Reidar Kompen og Lise Bathen*. 2013.
- [76] Lars J. Juterud. *Forskalingsboka*. Universitetsforlaget, 1995.
- [77] Magne Magler Wiggen Ole H. Krokstrand, Øyvind Steen. *Betongoverflater*. Gyldendal akademisk, 2011.
- [78] Garold D. Oberlender Robert L. Peurifoy. *Formwork for concrete structures*. 1996.
- [79] *Personintervju med Bernt Kristiansen, AFgruppen*.
- [80] Forskalingsprodukter PERI. hentet den 11.12.13 fra [http : //www.peri.no/products.cfm/fuseaction/diashow/sys_d/1002/product_d/101/currentimage/1](http://www.peri.no/products.cfm/fuseaction/diashow/sys_d/1002/product_d/101/currentimage/1) 2013.
- [81] Reidar Kompen. *Rapport nr. 2555*. Statens vegvesen, 2009.
- [82] *Mail fra Tore Martin Linn, PERI*.
- [83] *Personintervju med Frode Sæther, Skanska AS*. 2013.
- [84] Doka systemer, hentet fra [http : //www.doka.com/web/products/system-groups/index.no](http://www.doka.com/web/products/system-groups/index.no), den 18.12.13.
- [85] *Tradisjonell forskaling. Doka flex 1-2-4 Brukerinformasjon*, Hentet fra [http : //www.doka.com/web/products/system-groups/doka-floor-systems/timber-beam-floor-formwork/dokaflex-1-2-4/index.no.php](http://www.doka.com/web/products/system-groups/doka-floor-systems/timber-beam-floor-formwork/dokaflex-1-2-4/index.no.php) den 2.3.14, 2009.

- [86] *Peri produktkatalog*, Hentet fra [http : //www.peri.no/news.cfm?mi3201](http://www.peri.no/news.cfm?mi3201), den 12.11.13. Peri Norge, 2012.
- [87] *Forelesning TBA 4130, SKB utførelse- støpeprosedyrer*, 25.2.14 Sverre Smeplass, Skanska.
- [88] *Hydrostatisk trykk*. Hentet fra [http : //snl.no/hydrostatisktrykk](http://snl.no/hydrostatisktrykk) den 5.6.14. Store norske leksikon, Publisert 2005.
- [89] Birger Sjøpler. *Betongboka*. Norcem, 1998.
- [90] Stein Atle Haugerud. *Armering- anbefalinger for prosjekterende og utførende*,. Norsk betongforening, Mars 1999.
- [91] Lagerkatalog, smith stål. hentet fra [http : //www.smithstal.no/produkter – og – tjenester/armering/](http://www.smithstal.no/produkter-og-tjenester/armering/) den 2.2.14.
- [92] *NS 3576-3:2012, Armeringsstål - Mål og egenskaper - Del 3: Kamstål B500NC*. Standard Norge, 2012.
- [93] *Armeringsprodukter for slakkarmert betong*. Byggforskserien 571.431. SINTEF Byggforsk, 2013.
- [94] *Forelesning TBA 4130, armering*, 20.2.14 , Lars-Erik Knippa, Backegruppen.
- [95] Rullearmring. hentet fra [http : //www.bygg.no/article/49909](http://www.bygg.no/article/49909), den 10.12.13.
- [96] *Teknakurs. Nye dekkelsesninger*. 24.4.14. Tekna, 2014.
- [97] *Plastfibere*, hentet den 13.12.13 fra [http : //www.mapei.com/public/no/products/plasticfibre20m5](http://www.mapei.com/public/no/products/plasticfibre20m5)
- [98] *Byggesystemer*. hentet fra [http : //www.byggesystemer.no/verktoy – betong – jernbinder.html](http://www.byggesystemer.no/verktoy-betong-jernbinder.html) den 2.12.13. 2013.
- [99] *Produkter*. hentet den 13.12.13 fra [http : //www.aeo.no/node/347992](http://www.aeo.no/node/347992).
- [100] *Personintervju med Oystein Wiggen*. 2013.
- [101] *Mail fra Lars Knippa, Martin M. Bakken AS*.
- [102] *BIM, en kortfattet innføring*. hentet fra [http : //www.statsbygg.no/fouprosjekter/bim – bygningsinformasjonsmodell/bim – en – kortfattet – innforing/](http://www.statsbygg.no/fouprosjekter/bim-bygningsinformasjonsmodell/bim-en-kortfattet-innforing/) den 5.6.14.
- [103] *NS-EN 206-1:2000 Betong - Del 1: Spesifikasjon, egenskaper, fremstilling og samsvar*. Standard Norge, 2000.

- [104] *Telefonsamtale med Svein Nisja, Norbetong, 17.12.13.*
- [105] Stefan Jacobsen Sverre Smepllass, Magne Maage. *Concrete technology 1*. NTNU, 2004.
- [106] Forsén Nils E. *Betongelementboken*, hentet fra [http](http://www.betongelement.no/betongbok/default.asp) :
[//www.betongelement.no/betongbok/default.asp](http://www.betongelement.no/betongbok/default.asp), den 15.12.13.
- [107] Herdeteknikk, norcem. hentet 10.12.13 fra [http](http://www.heidelbergcement.com/no/no/norcem/kundesenter/) :
[//www.heidelbergcement.com/no/no/norcem/kundesenter/](http://www.heidelbergcement.com/no/no/norcem/kundesenter/).
- [108] *Hett 97*, hentet fra [http](http://www.heidelbergcement.com/no/no/norcem/kundesenter/Hett+97/index.htm) : [//www.heidelbergcement.com/no/no/norcem/kundesenter/Hett+97/index.htm](http://www.heidelbergcement.com/no/no/norcem/kundesenter/Hett+97/index.htm) den 28.4.14. Heidelberg cement, 2014.
- [109] *Levering av betong*. Hentet 1.12.13 fra [http](http://www.unicon.no/default.aspx) : [//www.unicon.no/default.aspx](http://www.unicon.no/default.aspx) =
2i = 44. Unicon.
- [110] *Betongpumper*. hentet 1.12.13 fra: [http](http://www.heidelbergcement.com/no/no/norbetong/levering) : [//www.heidelbergcement.com/no/no/norbetong/levering](http://www.heidelbergcement.com/no/no/norbetong/levering)
- [111] *Betongutstyr*, hentet 2.12.13 fra [http](http://www.uco.no/produkter/betongutstyr/betongtobber/mal--betongtubber/betongtobb-2000-l1/) : [//www.uco.no/produkter/betongutstyr/betongtobber/mal--betongtubber/betongtobb-2000-l1/](http://www.uco.no/produkter/betongutstyr/betongtobber/mal--betongtubber/betongtobb-2000-l1/).
- [112] *Levering av betong*. hentet den 13.12.13 fra [http](http://www.heidelbergcement.com/no/no/norbetong/levering/transportband.htm) :
[//www.heidelbergcement.com/no/no/norbetong/levering/transportband.htm](http://www.heidelbergcement.com/no/no/norbetong/levering/transportband.htm).
- [113] *Betongutstyr*, hentet 2.12.13 fra [http](http://www.uco.no/global/broksanvisninger/betongutstyr/stav117.pdf) : [//www.uco.no/global/broksanvisninger/betongutstyr/stav117.pdf](http://www.uco.no/global/broksanvisninger/betongutstyr/stav117.pdf).
- [114] *Byggesystemer*. hentet fra [http](http://www.byggesystemer.no/verktoy-betong-vibrator-iren38.html) : [//www.byggesystemer.no/verktoy-betong-vibrator-iren38.html](http://www.byggesystemer.no/verktoy-betong-vibrator-iren38.html) den 2.12.13.
- [115] *Telefonsamtale med Inge Helge Kjerrgaard, Elektroinstallasjon AS*. 13.12.13.
- [116] *Mail fra Tormod Velde, Prosjektjef Oras*.
- [117] *Personintervju med Pål Niklas Deisz, Veidekke ASA*.
- [118] Stein Bostrøm. *Utførelse av betongarbeider*. Norsk betongforening, 2000.
- [119] *Sikkerhetsdatabled, fersk fabrikkblandet betong*. Hentet fra [http](http://www.heidelbergcement.com/NR/rdonlyres/CB32FACC-7BD3-4A5A-A56B-922DC5F75180/0/Sikkerhetsdatabled.pdf) :
[//www.heidelbergcement.com/NR/rdonlyres/CB32FACC-7BD3-4A5A-A56B-922DC5F75180/0/Sikkerhetsdatabled.pdf](http://www.heidelbergcement.com/NR/rdonlyres/CB32FACC-7BD3-4A5A-A56B-922DC5F75180/0/Sikkerhetsdatabled.pdf) den 1.5.14. Heidelberg cement, 2011.
- [120] *Sikker forskaling*. modul 20. tom ekeli. 2011.

- [121] NS 3420 L. 2010. *Beskrivelsesestekster for bygg, anlegg og installasjoner del L. Betongarbeider*. Standard Norge, 2010.
- [122] *Påstøp og golvpuss på golv, byggedetaljer 541.201*. SINTEF Byggforsk, 2005.
- [123] *Fallsikring*, hentet fra [http : //www.jakobsen – engros.no/varebilder/Verneutstyr/fallsikring20Jakobsen20Engros20AS.pdf](http://www.jakobsen-engros.no/varebilder/Verneutstyr/fallsikring20Jakobsen20Engros20AS.pdf) den 1.5.14.
- [124] *Slakkarmerte dekker*, hentet fra [http : //www.con – form.no/UserFiles/Con – Form20AS/www.con – form.no/Documents/dekkeSlakk.pdf](http://www.con – form.no/UserFiles/Con – Form20AS/www.con – form.no/Documents/dekkeSlakk.pdf) den 20.4.14. Conform AS.
- [125] *Plattendekke*, hentet fra [http : //www.cobuilder.com/coBuilderDocuments/getfiledokit746646coMTIwMDgyJTJGV2ViLS1zaWRlci1QbGF0dGVuZGVra2UucGRmext = .pdf](http://www.cobuilder.com/coBuilderDocuments/getfiledokit746646coMTIwMDgyJTJGV2ViLS1zaWRlci1QbGF0dGVuZGVra2UucGRmext = .pdf) den 1.5.14. Cobuilder.
- [126] *Forelesning om ulike dekkeløsninger 11.2.14*, Henrik Standnes, Betonmast.
- [127] Harald Rosendal. *Plattendekke og bubbledeck*. BubbleDeck Norway AS, 2014.
- [128] lean manufacturing, hentet 17.12.13 fra [http : //www.lean.org/whatslean/](http://www.lean.org/whatslean/).
- [129] Dag Fjeld Edvardsen Thorbjørn Ingvaldsen. *Effektivitetsanalyse av byggeprosjekter*. SINTEF Byggforsk, 2007.
- [130] *Mail fra Geir Arne Nilsen, Doka*.
- [131] Doka forskalingskatalog. hentet 17.12.13 fra [http : //www.doka.com/ext/downloads/itemlists/no/189970.pdf](http://www.doka.com/ext/downloads/itemlists/no/189970.pdf).
- [132] *Forelesning om Rigg og Drift 21.1.14*. Martin Breda, Backegruppen.

Vedlegg

Vedlegg 1: Spørsmål om grunnarbeider

Vedlegg 2: Spørsmål om plastøpt betong

Vedlegg 3: Forelesningsplan Produksjonsteknikk i BA 2014

Vedlegg 4: Spørreundersøkelse

Vedlegg 1: Spørsmål om grunnarbeider

Spørsmål om grunnarbeider

Masser

Hvilke masser er det mest her? Hvilken kvalitet, tele osv.

Hvilke masser beholdes?

Forurensninger i området? Hvordan håndteres dette?

Hvilke tiltak er for å begrense utslipp om de først skulle skje?

Masseutskiftning?-Isåfall hva skal det brukes? Hvor bestilles det fra? Bestilles det i forhold til løse masser, anbrakte masser, eller prosjekterte, ferdig utlagte og komprimerte masser?

Hvilke former for grunnundersøkelser er blitt utført?

Har undersøkelsene stemt til overs med virkeligheten?

Hva gjøres med vegetasjon? Skal det bevares noe? tiltak for å bevare trær?

Utgraving-lastning-transport

Spesielle graveplaner-Hvor starte og i hvilken "formasjon" skal dere grave?

Er det noen faktorer som kan avgjøre start- og sluttsted for graving?

- I forhold til lastemaskinens plassering

- I forhold til lastebilenes tilkomst

- Andre ting?

- Planlegges det for antall gravere mot antall lastebiler?

Hvordan bestilles lastebiler? Noen som server dere?

Hvordan beregner dere **fremdrift**?

- Lastekapasitet og antall lastebiler eller erfaring?

Hvis overskuddsmasser, hvor gjøres de av? Tipp/deponi?

Er det stor forskjell på by contra "landet"? Hva er isåfall de største forskjellene?

Vannhåndtering

-Overvann, grunnvann osv.. Hvordan håndteres de? Spesielt utstyr?

-Innvirker dette på graveplanen?

Hvilke adkomstveier finnes det? Hvordan avgjøres det hvor disse skal være?

Ønske om å starte etterfølgende arbeid- fundament i forhold til grøfter ol.

Gjøre ferdig deler av grøften for å forskynde prosessen, eller er det best å lage hele grøften i ett?

Hva er de vanligste risikoene? --> Det som oftest går gale.

Hva er de vanligste utfordringene?

Når ønsker dere å starte opp grunnarbeider?

Når ønsker dere **ikke** å starte grunnarbeider?

-Vanskelige forhånd- frost-regn osv.

Er det behov for peling, spunting på deler av området?

Hvordan planlegges/gjøres dette?

Naboer?

Hvilke **standarder** brukes i dette prosjektet ift grunnarbeider?

Hvordan bestemmes graveskråningene? (helning)

Utstikking? Underveis, hvor ofte, hvilke apparater?

Vedlegg 2: Spørsmål om plasstøpt betong

Spørsmål om betong

- Oppgaven så langt langt
- Planlagt arbeid
- Spørsmålsstilling

Spørsmål:

1.

- Hva mener du er de største hullene til nyutdannede sivilingeniører?
- Hva mener du jeg burde ta med i oppgaven?
- Forskaling, armering, betong, ...annet?

2.

- Hvilke/hvilket regelverk bør beskrives?
- Hvilke standarder er mest aktuelle og bør læres?
- 13670, 206-1, prosesskode tilstrekkelig?

3.

Hvilke *resepter* er mest vanlige å bruke? /Hva prosjekteres det mest for?

Kan man si noe generelt, eller vil det avgjøres fra tilfelle til tilfelle med store variasjoner?

Tar utgangspunkt i et plasstøpt 4 etg. bygg i en norsk "storby".

- Tilslag- varierer dette mye innen de ulike konstruksjonsdelene?
- Sement
- Tilsetningsstoffer/materialer
- Bestandighetsklasse
- Eksponeringsklasse
- Fasthetsklasse
- v/c-tall
- Overdekning-ømfintelig/slakk
- Vanligste levetid

Kjellervegger

Bunnplate

Fundamenter

Oppover i etasjene

Kai/bru

Andre konstruksjonsdeler det prosjekteres spesielt for?- Kritiske deler..

Hva bruker dere for å beregne herdetider osv?

- Hett 97?
- Erfaring?
- Rutenett for støtter- Beskrives av prosjekterende. Gjøres det justeringer når ekstreme temperaturer? Hvem av, og hvordan bestemmes dette?

Tips til flere "rekkefølger" for flyttplan?

Definisjoner:

- Mørtel
- Matrix
- Filler

Fremtidsrettet: Noe som er veldig på vei inn, eller områder du mener vil bli aktuelle om noen år?

2. Forslag til hvem jeg kan forhøre meg om i forhold til formtegninger og dimensjonering av denne?

SKB- Oppbygging

- Tilslag
- Sement
- Tilsetningsstoffer
- Osv

Noen andre forskjeller på denne ift. normal betong?

Bestandighet, styrke osv?

Støpeplan- brukes for lite?

Hvor stor støp/hvor viktig støp skal til for at det bør lages en "fullstendig" støpeplan?

Hva med støpemøte?

Resultat:

Hva aksepteres av støpefeil? Porediameter osv? finnes det regler/retningslinjer for dette slik som for geometriske avvik?

Erfaringstall på hvor stort **vibreringstrykket** blir? Sammenligne med SKB (idé fra annen kilde)

Hvilke tiltak kan det gjøres i bunn for at ikke betongen skal separere?

Normal/fornuftig lengde på en støpeetappe?

Isolere formen/fyre kontra industrisement?

Vedlegg 3: Forelesningsplan Produksjonsteknikk i BA 2014

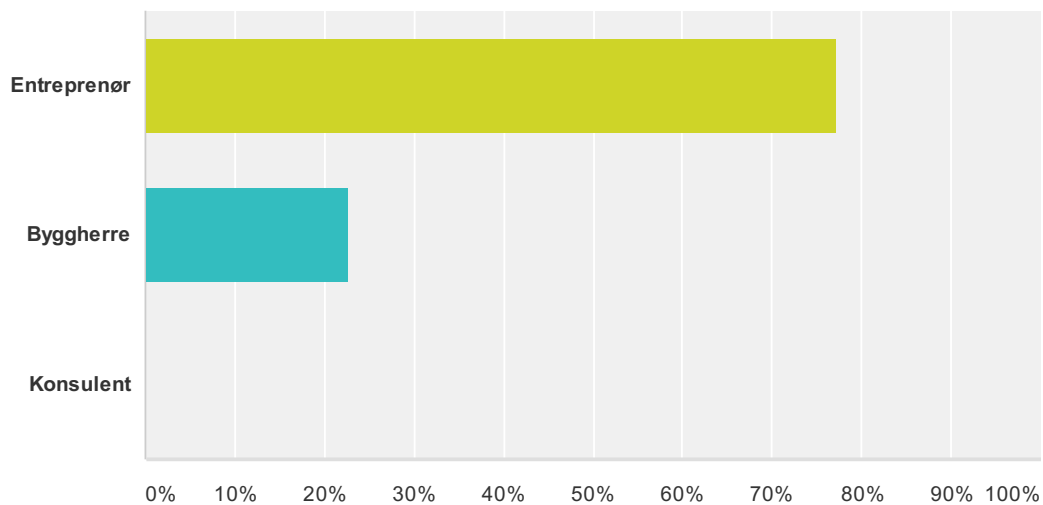
Uke	Dato	Tema	Foreleser	Tid
2	7.1 ti			7.1 ti
	9.1 to	Introduction to the course	Yangkyun Kim	9.1 to
3	14.1 Ti	Intro øving 1	Yangkyun Kim	14.1 Ti
	16.1 To	Innledning	Ståle Brovold(Veidekke ASA)	16.1 To
	To	Intro the site	?	
4	21.1 Ti	Rigging og drift av byggeplass	Martin Breda(Backe Entreprenør Holding AS)	21.1 Ti
	23.1.to			23.1.to
5	28.1 ti	Intro øving 2	Yangkyun Kim	28.1 ti
	30.1 to	Grunnarbeider	Amund Bruland(NTNU)	30.1 to
	2.2 Søn	<i>Frist øving 1</i>		2.2 Søn
6	4.2 ti	Bæresystemer	Bjørn Petterse(NTNU)	4.2 ti
	6.2 to	<i>Intro øving 3</i>	Yangkyun Kim	
	9.2 Søn	<i>Frist Øving 2(Should be postponed !)</i>		
7	11.2 ti	Dekkeløsninger	Henrik Standnes(Betongmast bygg AS)	11.2 ti
	13.2 to	Forskaling	Tore Martin Linn(PERI)	13.2 to
8	18.2 ti	Bruk av Tipos (1-2 timer).	Geir Arne Nilsen(Doka)	18.2 ti
	20.2 to	Armering	Lars Erik Knippa, Martin M.(Bakken AS)	20.2 to
	23.2 Søn			
9	25.2 ti	Støpearbeider	Sverre Smeplass(Skanska Norge AS)	25.2 ti
	27.2 to			27.2 to
10	4.3 ti	Betongelementer	Leidulv Vinje Og Hermund Olsen(Spennccon AS)	4.3 ti
	6.3 to	Intro øving 4	Yangkyun Kim	06.mars
	10.3 man	Frist øving 3		10.3 man
11	11.3 ti	Fremdriftsplanlegging	Hans Carnløf(NCC)	11.3 ti
	13.3 to	Lover, Relger, HMS og KS	Tom Ivar Myhre(Agathon Borgen AS (Backe))	13.3 to
	16.3 Søn			
12	18.3 ti	Resten av bygget	Arnfinn Aune(Veidekke ASA)	18.3 ti
	20.3 to	Anbud	Tommy Olofsson(NCC)	20.3 to
	23.3 Søn			
13	25.3 ti	Anbudskalkulajson med dataverktøy	Torstein Fjelldal(Norconsult informasjonssystemer)	25.3 ti
	27.3 to	Ferdigstilling og overlevering	Eirik Strand(Backe Eiendom Invest AS)	27.3 to
14	1.4 ti			
	3.4 to	Intro Øving 5	Yangkyun Kim	3.4 to
15	8.4 ti			

Vedlegg 4: Spørreundersøkelse

Utvikling av kompendium i faget "TBA4130 Produksjonsteknikk i BA"

Q1 I hvilket type firma er du ansatt?

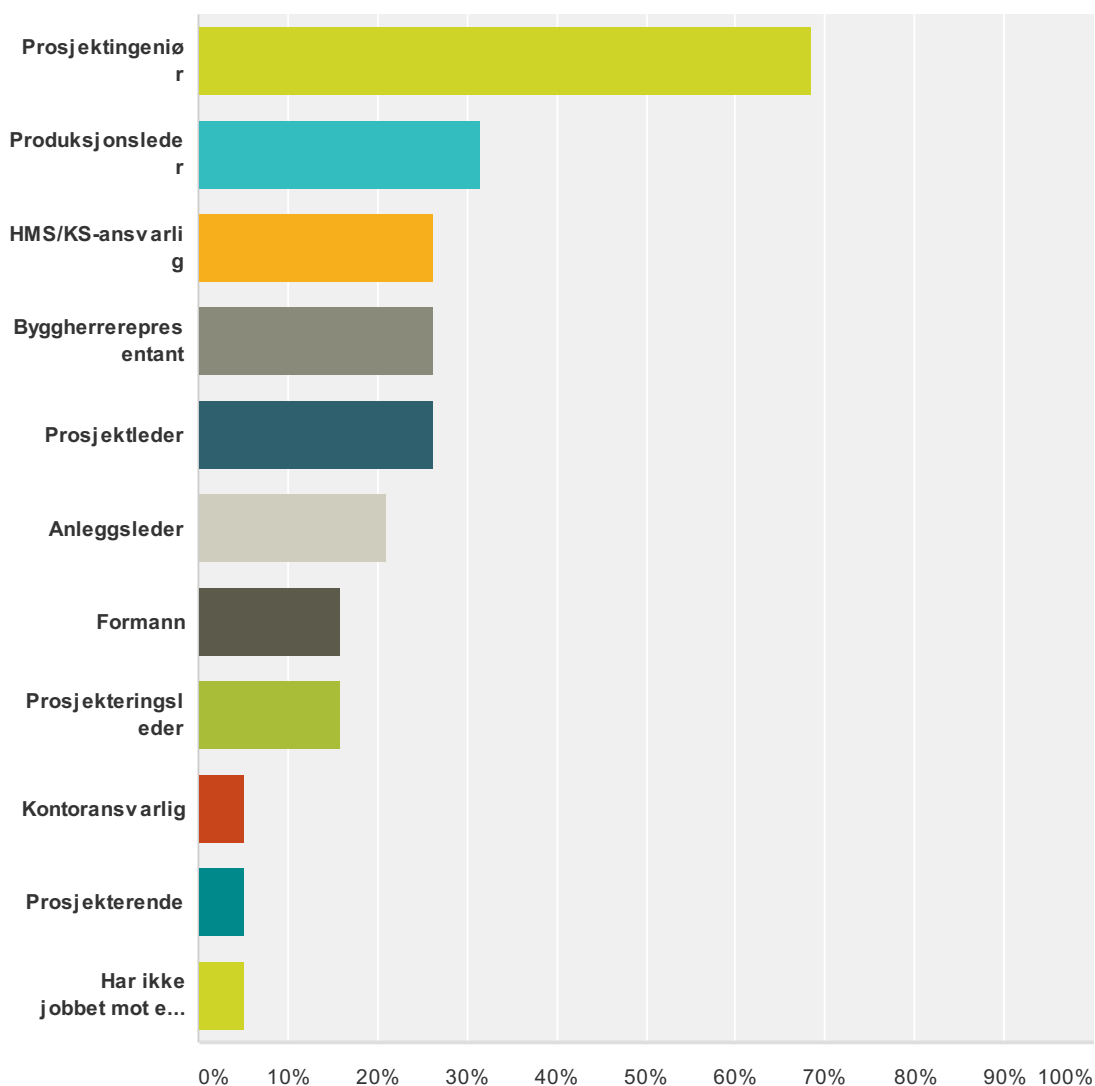
Besvart: 22 Hoppet over: 0



Svarvalg	Svar
Entreprenør	77,27% 17
Byggherre	22,73% 5
Konsulent	0,00% 0
Totalt	22

Q2 Hvilken rolle(r) har du hatt etter at du begynte å arbeide?

Besvart: 19 Hoppet over: 3



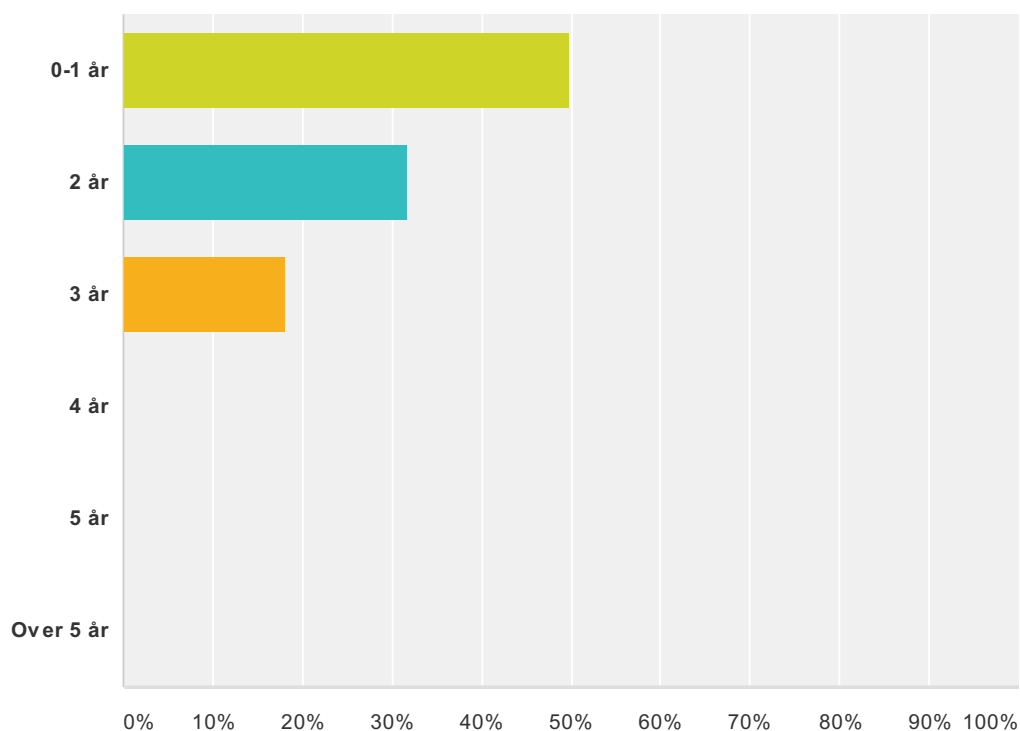
Svarvalg	Svar	
Prosjektingeniør	68,42%	13
Produksjonsleder	31,58%	6
HMS/KS-ansvarlig	26,32%	5
Byggherrerepresentant	26,32%	5
Prosjektleder	26,32%	5
Anleggsleder	21,05%	4
Fomann	15,79%	3
Prosjekteringsleder	15,79%	3

Utvikling av kompendium i faget "TBA4130 Produksjonsteknikk i BA"

Kontoransvarlig	5,26%	1
Prosjekterende	5,26%	1
Har ikke jobbet mot et prosjekt	5,26%	1
Totalt antall respondenter: 19		

Q3 Hvor lenge har du vært i arbeid etter fullført utdanning?

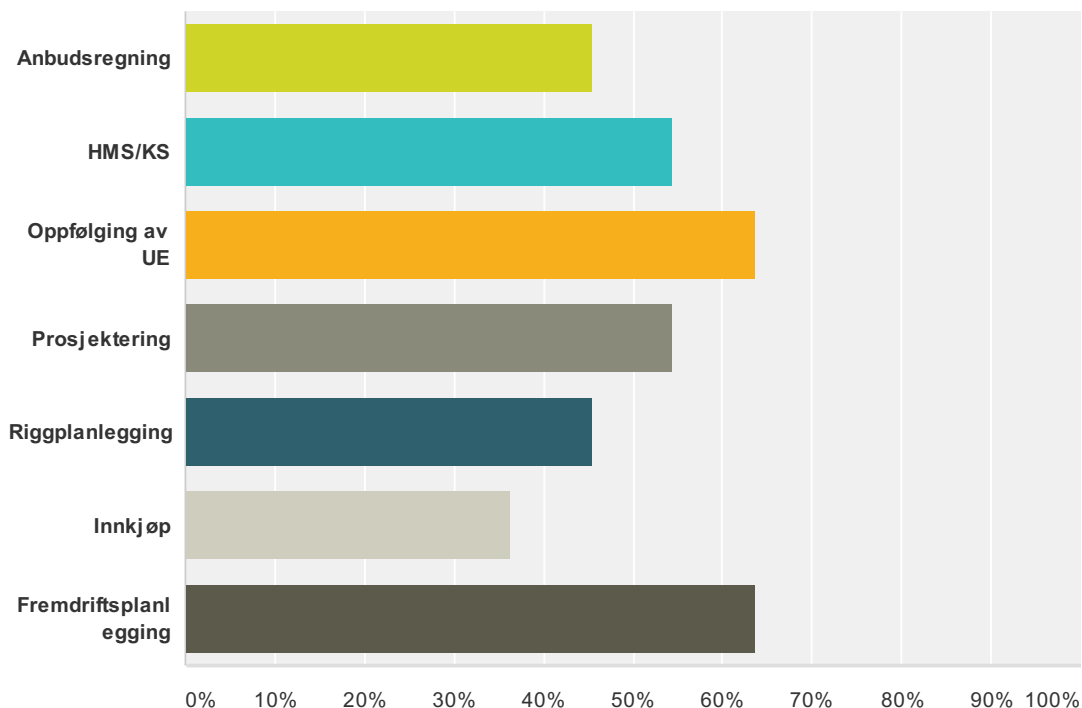
Besvart: 22 Hoppet over: 0



Svarvalg	Svar	
0-1 år	50,00%	11
2 år	31,82%	7
3 år	18,18%	4
4 år	0,00%	0
5 år	0,00%	0
Over 5 år	0,00%	0
Totalt		22

Q4 Hvilken typer arbeidsoppgaver hadde du det første året som nyansatt?

Besvart: 11 Hoppet over: 11

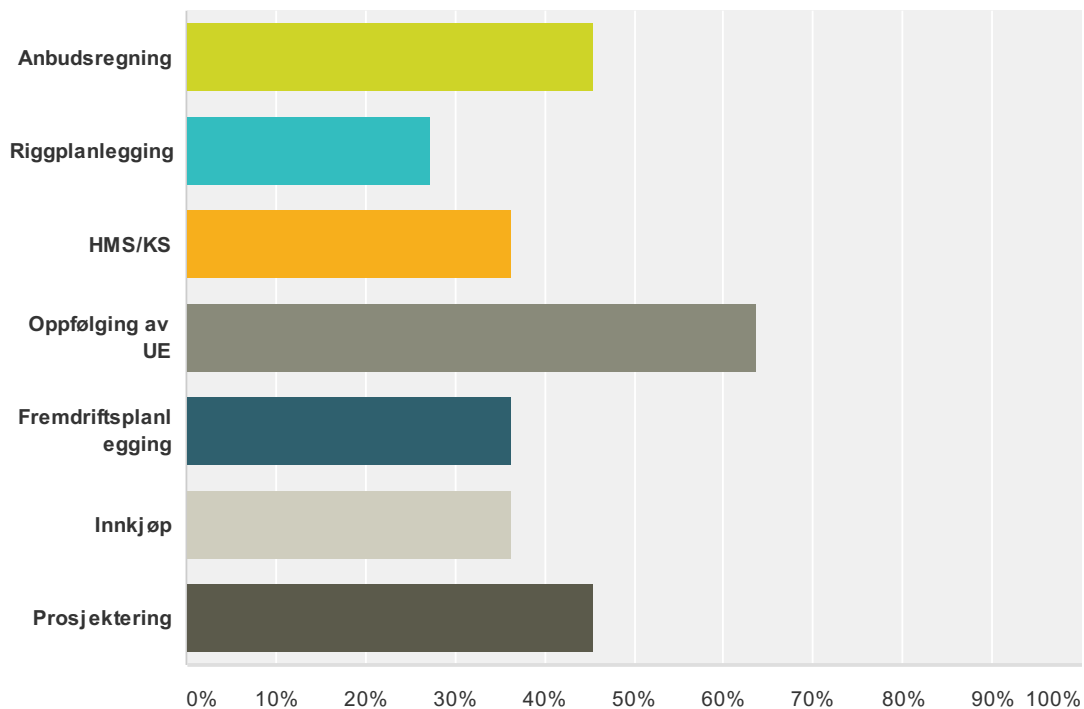


Svarvalg	Svar	Antall
Anbudsregning	45,45%	5
HMS/KS	54,55%	6
Oppfølging av UE	63,64%	7
Prosjektering	54,55%	6
Riggplanlegging	45,45%	5
Innkjøp	36,36%	4
Fremdriftsplanlegging	63,64%	7
Totalt antall respondenter: 11		

Utvikling av kompendium i faget "TBA4130 Produksjonsteknikk i BA"

Q5 Hvilke arbeidsoppgaver har du i dag?

Besvart: 11 Hoppet over: 11

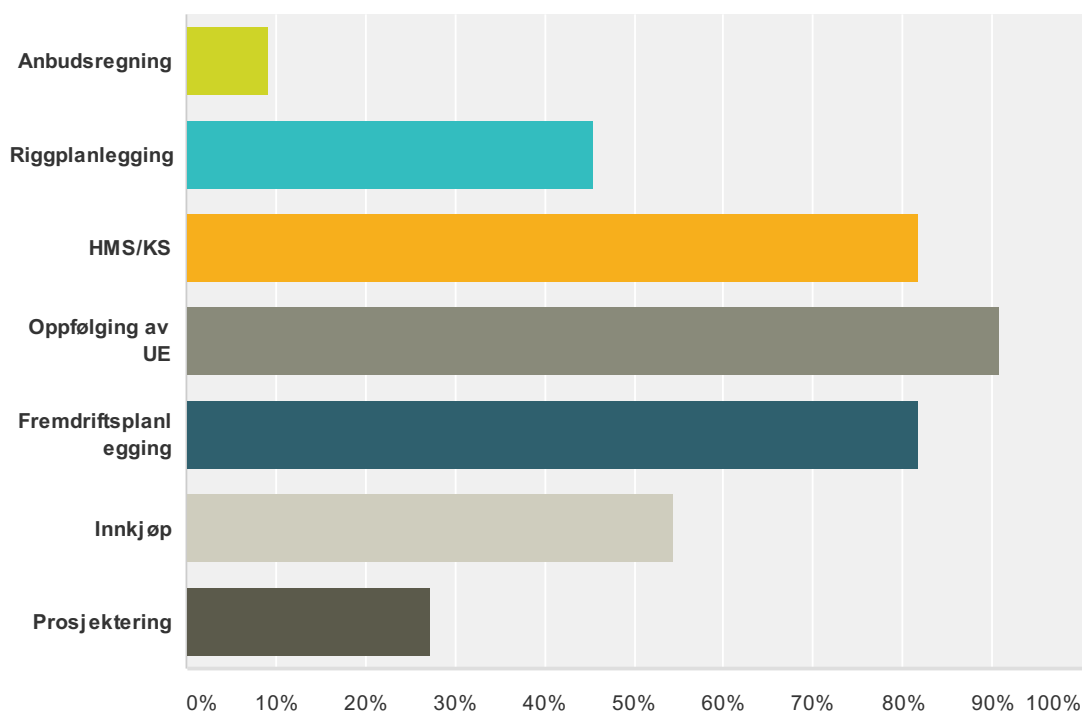


Svarvalg	Svar
Anbudsregning	45,45% 5
Riggplanlegging	27,27% 3
HMS/KS	36,36% 4
Oppfølging av UE	63,64% 7
Fremdriftsplanlegging	36,36% 4
Innkjøp	36,36% 4
Prosjektering	45,45% 5
Totalt antall respondenter: 11	

Utvikling av kompendium i faget "TBA4130 Produksjonsteknikk i BA"

Q6 Hvilke arbeidsoppgaver har du hatt i løpet av det første året?

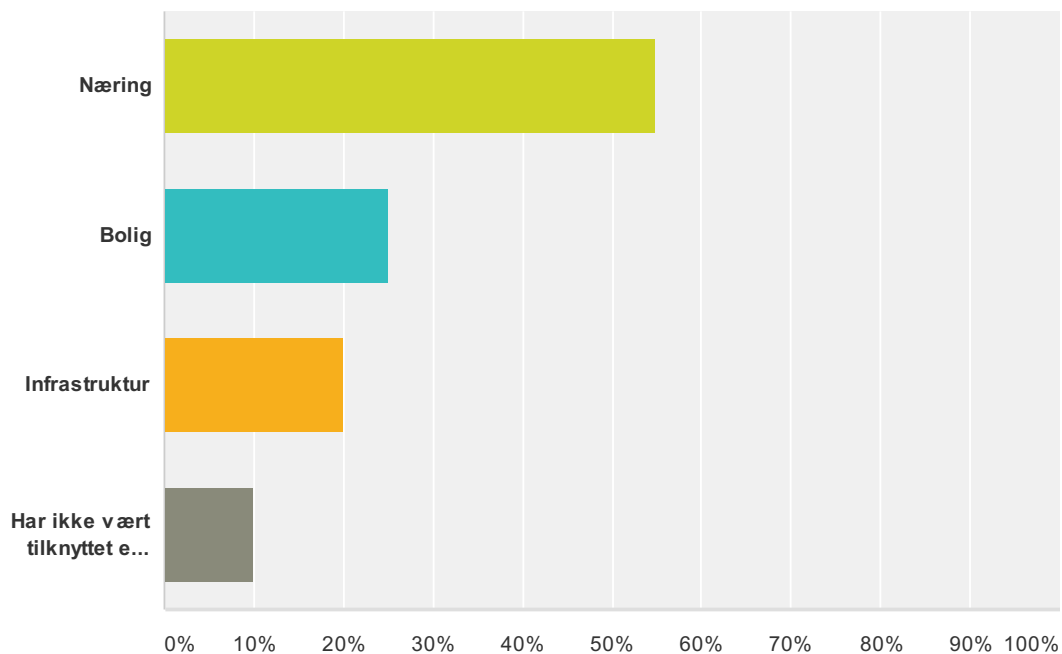
Besvart: 11 Hoppet over: 11



Svarvalg	Svar
Anbudsregning	9,09% 1
Riggplanlegging	45,45% 5
HMS/KS	81,82% 9
Oppfølging av UE	90,91% 10
Fremdriftsplanlegging	81,82% 9
Innkjøp	54,55% 6
Prosjektering	27,27% 3
Totalt antall respondenter: 11	

Q7 Om du er eller har vært på et prosjekt, hvilken prosjekttipe var dette?

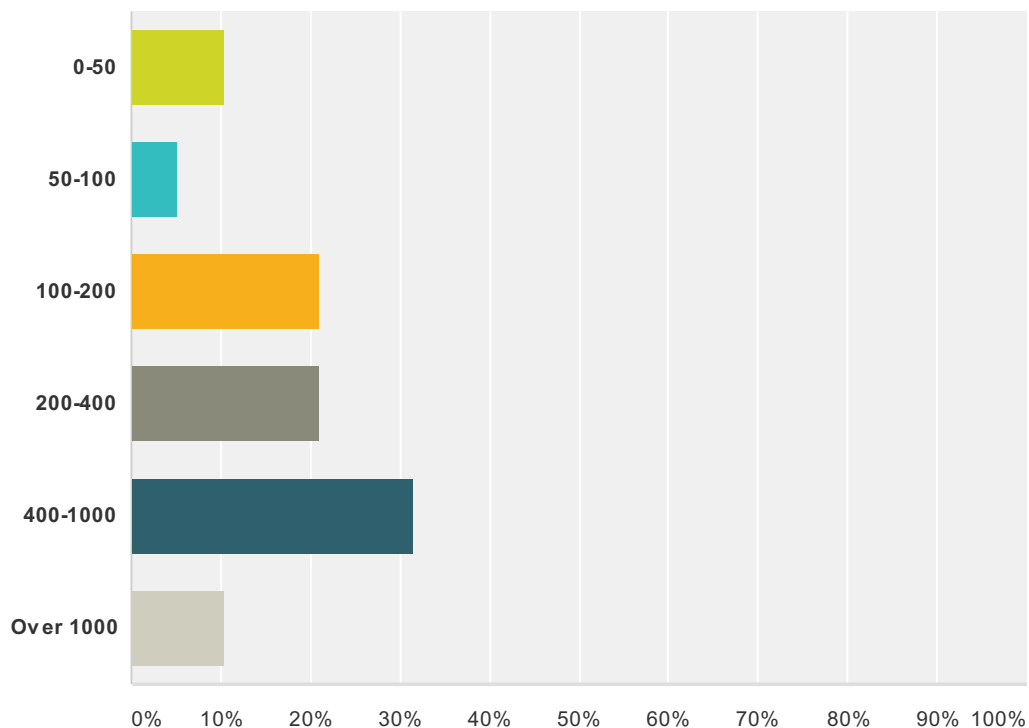
Besvart: 20 Hoppet over: 2



Svarvalg	Svar
Næring	55,00% 11
Bolig	25,00% 5
Infrastruktur	20,00% 4
Har ikke vært tilknyttet et spesielt prosjekt	10,00% 2
Totalt antall respondenter: 20	

Q8 I hvilken størrelsesorden er prosjektet på? (MNOK)

Besvart: 19 Hoppet over: 3

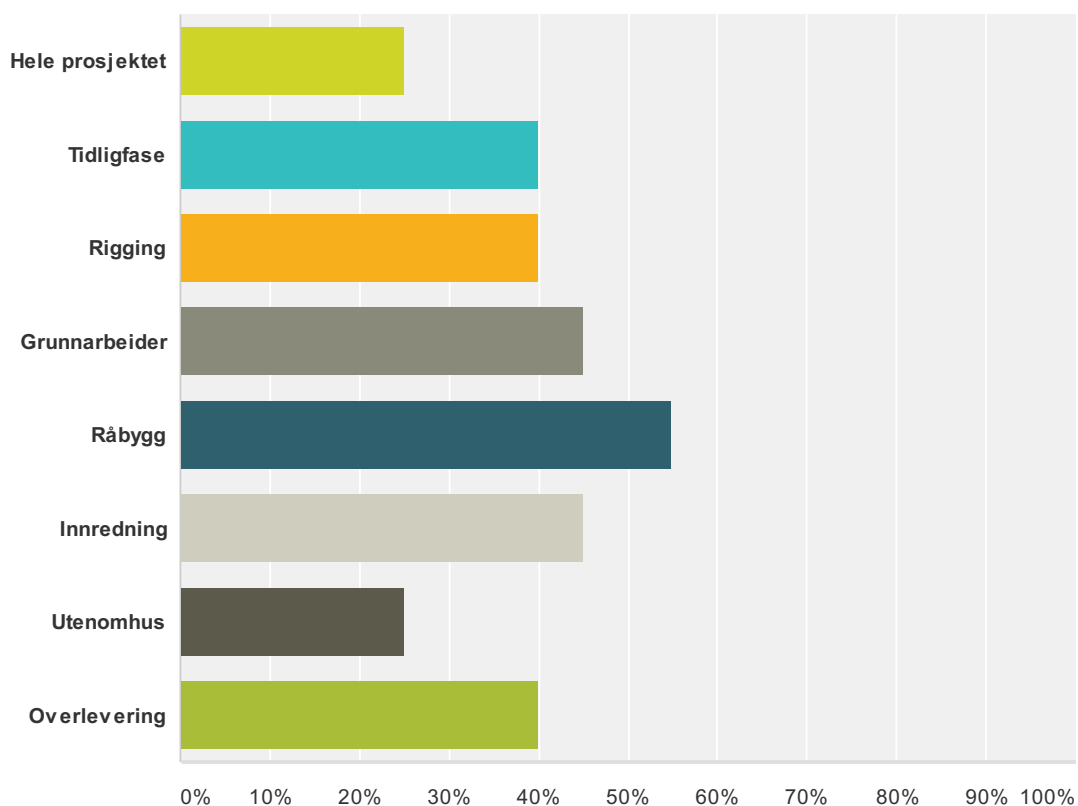


Svarvalg	Svar	Antall
0-50	10,53%	2
50-100	5,26%	1
100-200	21,05%	4
200-400	21,05%	4
400-1000	31,58%	6
Over 1000	10,53%	2
Totalt		19

Utvikling av kompendium i faget "TBA4130 Produksjonsteknikk i BA"

Q9 Hvilke av prosjektets faser har du vært delaktig i?

Besvart: 20 Hoppet over: 2

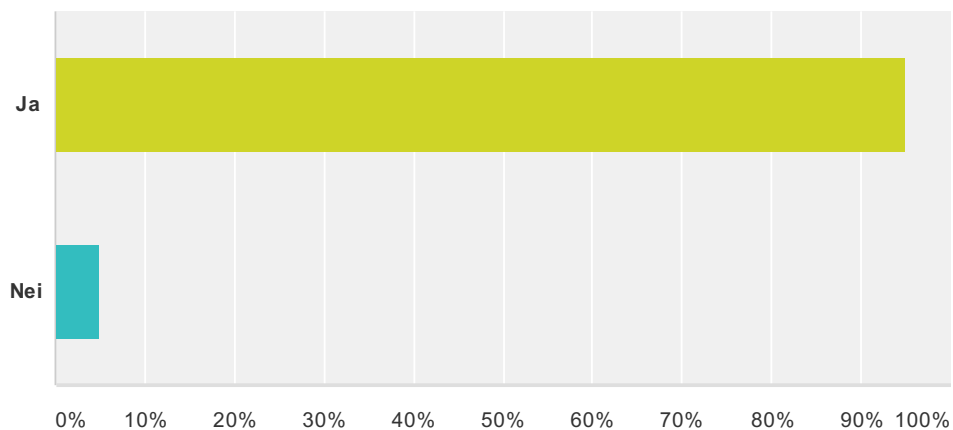


Svarvalg	Svar
Hele prosjektet	25,00% 5
Tidligfase	40,00% 8
Rigging	40,00% 8
Grunnarbeider	45,00% 9
Råbygg	55,00% 11
Innredning	45,00% 9
Utenomhus	25,00% 5
Overlevering	40,00% 8
Totalt antall respondenter: 20	

Utvikling av kompendium i faget "TBA4130 Produksjonsteknikk i BA"

Q10 Har du vært deltaker i faget "TBA 4130 Produksjonsteknikk i BA"?

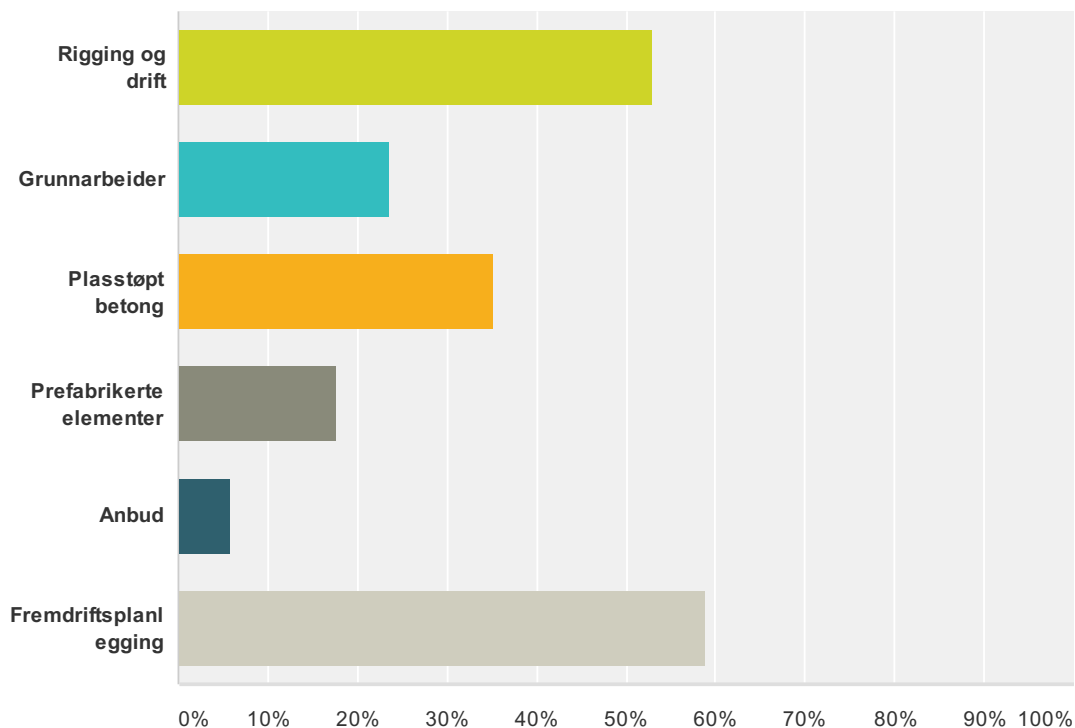
Besvart: 20 Hoppet over: 2



Svarvalg	Svar	
Ja	95,00%	19
Nei	5,00%	1
Totalt		20

Q11 Hvilken del av faget har du hatt mest utbytte av i jobbsammenheng?

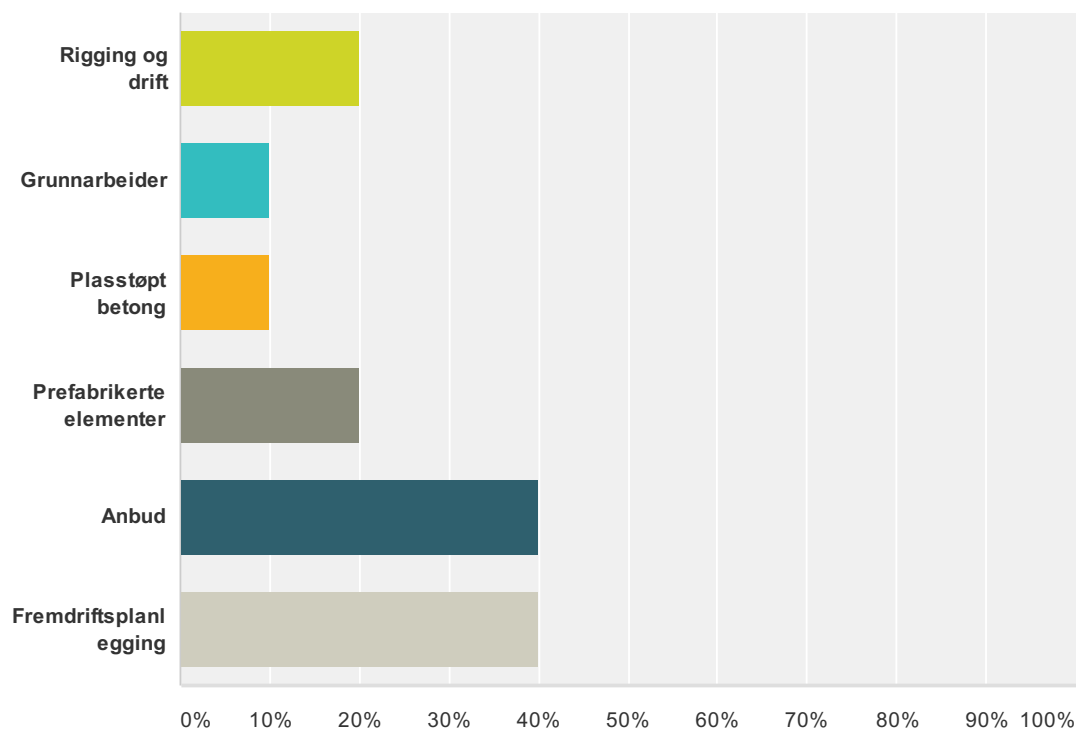
Besvart: 17 Hoppet over: 5



Svarvalg	Svar
Rigging og drift	52,94% 9
Grunnarbeider	23,53% 4
Plasstøpt betong	35,29% 6
Prefabrikerte elementer	17,65% 3
Anbud	5,88% 1
Fremdriftsplanlegging	58,82% 10
Totalt antall respondenter: 17	

Q12 Hvilken del av faget følte du var dekket minst av forelesninger og tilgjengelig litteratur i forhold til gjennomføring av øvingene?

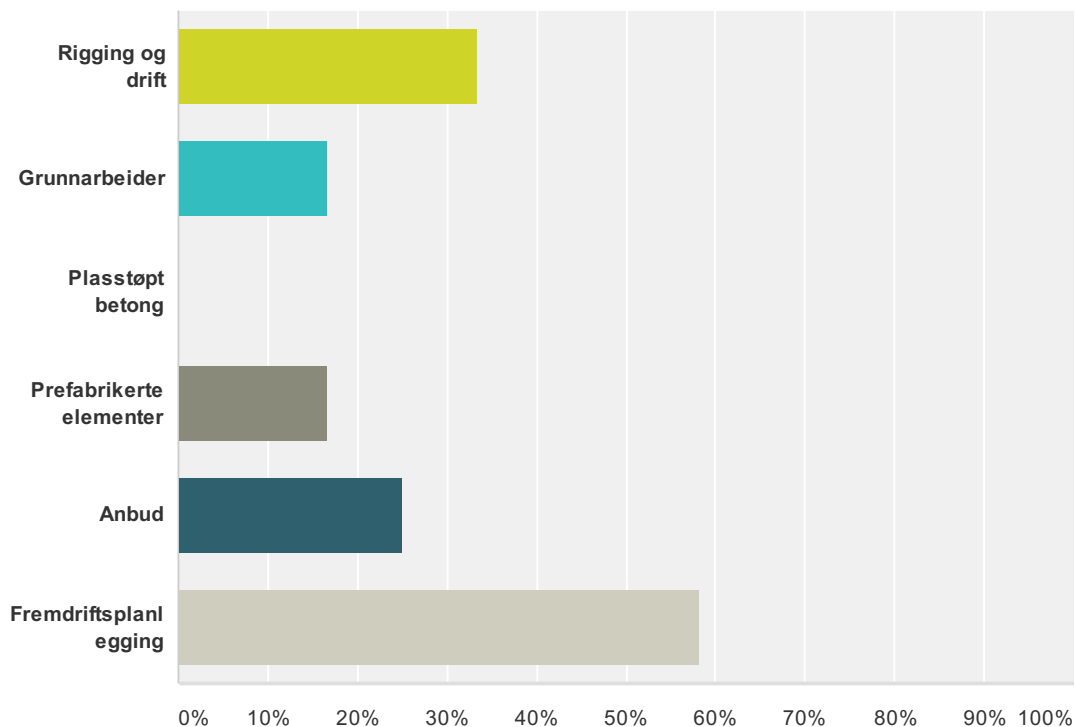
Besvart: 10 Hoppet over: 12



Svarvalg	Svar	Antall
Rigging og drift	20,00%	2
Grunnarbeider	10,00%	1
Plastøpt betong	10,00%	1
Prefabrikerte elementer	20,00%	2
Anbud	40,00%	4
Fremdriftsplanlegging	40,00%	4
Totalt antall respondenter: 10		

Q13 Hvilken del av faget føler du ble dekket minst av forelesninger og tilgjengelig pensum, i forhold til arbeidslivet?

Besvart: 12 Hoppet over: 10



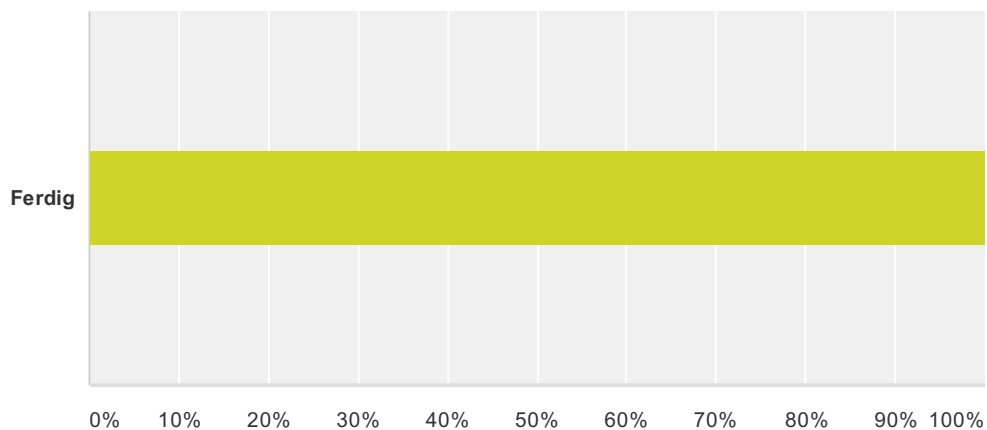
Svarvalg	Svar	
Rigging og drift	33,33%	4
Grunnarbeider	16,67%	2
Plasstøpt betong	0,00%	0
Prefabrikerte elementer	16,67%	2
Anbud	25,00%	3
Fremdriftsplanlegging	58,33%	7
Totalt antall respondenter: 12		

Q14 Er det mangler ved faget du ønsker å spesifisere, og som kan bli skrevet inn i et kompendium?

Besvart: 8 Hoppet over: 14

Q15 Takk for at du tok deg tid til spørreundersøkelsen!

Besvart: 19 Hoppet over: 3



Svarvalg	Svar	
Ferdig	100,00%	19
Totalt		19

Q16 Hva har dine største utfordringer vært i arbeidslivet, som du ikke har fått tilstrekkelig kunnskap om via din utdanning?

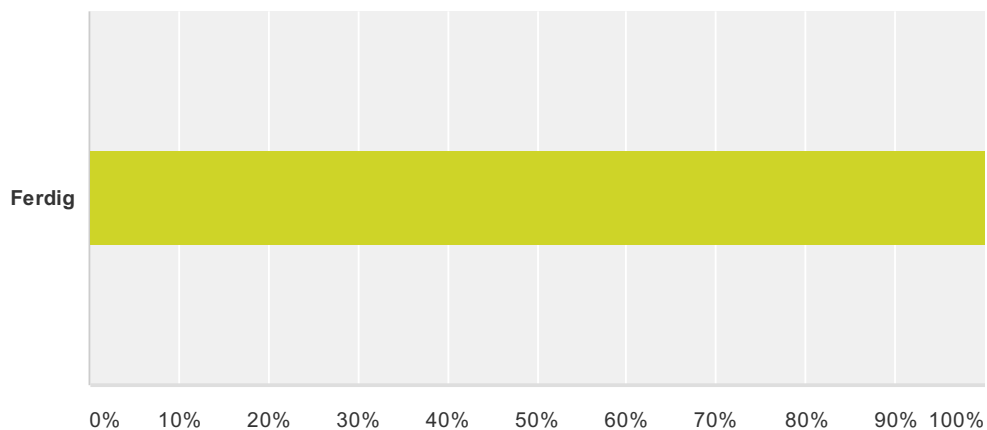
Besvart: 0 Hoppet over: 22

**Q17 Ved utvikling av et kompendium i
produksjonsteknikk, hva ville du anbefalt
meg å skrive om?**

Besvart: 0 Hoppet over: 22

Q18 Takk for at du tok deg tid til spørreundersøkelsen!

Besvart: 1 Hoppet over: 21



Svarvalg	Svar	
Ferdig	100,00%	1
Totalt		1