UNIVERSITETET I AGDER

Betongbro – prefabrikkert eller plasstøpt?

- Sammenligning av byggemåter med fokus på fremdrift og ulykkesrisiko

JØRGEN HANSEN, JOACHIM KROGH PEDERSEN OG JONATHAN HERWIG

VEILEDERE

Bjørn Velken, ved Kruse Smith

Rein Terje Torstensen, ved UiA

Universitetet i Agder, 2018

Fakultet for teknologi og realfag

Institutt for ingeniørvitenskap

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.

1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	☒
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: - ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands. - ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt. - ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt. - har alle referansene oppgitt i litteraturlisten. - ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.	☒
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å betrakte som fusk og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§ 31.	☒
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert.	☒
5.	Jeg/vi er kjent med at Universitetet i Agder vil behandle alle saker hvor det foreligger mistanke om fusk etter høgskolens retningslinjer for behandling av saker om fusk.	☒
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider.	☒

Publiseringsavtale

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten (Åndsverkloven. §2).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage Aura og på UiA sine nettsider med forfatter(ne)s godkjennelse.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller taushetsbelagt/konfidensiell vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved Universitetet i Agder en vederlagsfri rett til å

gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering: ☒JA ☐NEI

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)? ☐JA ☒NEI

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over? ☐JA ☐NEI

Er oppgaven unntatt offentlighet? ☐JA ☒NEI

(inneholder taushetsbelagt informasjon. Jfr. Offl. §13/Fvl. §13)

Forord

Denne bacheloroppgaven er utarbeidet ved Institutt for Ingeniørvitenskap ved Universitetet i Agder, heretter kalt UiA. Dette er den avsluttende oppgaven for bachelorstudiet «Ingeniørfag Byggdesign», i emnet BYG300, og ble skrevet i studiets sjette semester.

Denne oppgaven er gitt av samarbeidet mellom UiA og Nye Veier AS. Målet med oppgaven er å identifisere og undersøke forskjeller i byggeprosesser der broer bygges med henholdsvis plasstøpt betong og prefabrikkerte elementer. Dette for å se om det finnes muligheter for å effektivisere veiprosjekter ved implementering av standardiserte og industrialiserte løsninger, herunder bruk av prefabrikkerte elementer.

Vi valgte oppgaven på bakgrunn av en totalvurdering av alle tilgjengelige oppgaver, der vi syntes denne oppgaven virket mest interessant. Dette fordi vi antok den ville gi oss faglige utfordringer i både kjent og ukjent terreng. Som gruppe interesserer vi oss for prosjektering og gjennomføring av byggeprosesser, og vi ønsker å bidra til effektivisering og nytenkning innenfor dette temaet.

Vi vil benytte muligheten til å rette en stor takk til vår eksterne veileder, anleggsdirektør Bjørn Velken ved Kruse Smith. Han har vært en viktig bidragsyter til oppgaven og kommet med mye kyndig veiledning underveis.

Det rettes også en stor takk til interne veiledere ved UiA, dosent Rein Terje Thorsen, overingeniør Anette Heimdal og PhD-student Ingrid Lande Larsen, fra samarbeidet og fellesveiledninger underveis i semesteret. Videre takk for å ha organisert Industriworkshop sammen med eksternt fagutvalg og industri.

Vi har vært i kontakt med flere aktører fra bygg- og anleggsbransjen. Vi ønsker å takke alle respondentene som har bidratt med faglig kunnskap og erfaring til besvarelsen av denne oppgaven.

Til slutt nevnes at Betongelementforeningen har bidratt til oppgaven i form av inspirasjon og undervisning på studentseminaret avholdt på Gardermoen, 25.1.2018.

Joachim Krogh Pedersen Jørgen Hansen Jonathan Herwig

Grimstad, 18 mai 2018

Liste over sentrale begreper i oppgaven

Begrep	Forklaring
Byggemåte	Hvordan konstruksjonen oppføres
Plasstøpt	Byggemåte der broen oppføres med plasstøpt betong
Prefab	Byggemåte der broen oppføres med prefabrikkerte betongelementer
Byggeprosess	Defineres fra oppstart av et prosjekt til konstruksjon er ferdig bygd
Byggefase	Tidsrommet der det foregår aktiviteter på anleggsområdet
Brooverbygning	Den delen av broen som går fra landkar til landkar
E18 Tvedestrand - Arendal	Kalles for *Strekningen* i denne oppgaven
Veilinje	Prosjektert eller utført strekning av selve veien
Veiprosjekt	Et prosjekt som inneholder både vei og tilhørende infrastruktur for en gitt linje
Standardverk	I denne oppgavens menes et offentlig godkjent dokument på linje med Norsk Standard og Eurokoder

Summary

Concrete bridges in Norway has primary been constructed on-site with in-situ concrete the last three decades. Hence standardized and industrialized solutions have not been utilized in a large scale regarding road construction. The past two year's implementation of precast concrete elements in bridge construction have increased. Due to this it is of interest to identify differences in the building process, based on the construction method. The aim of this bachelor's thesis is to map which differences that will occur during the building process for a bridge, measured by progress and risks for workers. Knowledge regarding the subject about former development and today's situation were gathered through literature studies. In order to investigate this matter several stakeholders within the construction industry have been interviewed. Hereby a concrete element manufacturer, contractors and other key-personnel who is involved in the project which forms the basis for this assignment. Further various data regarding progress, risks and risks-assessment have been gathered. The information gathered was used to create a one to one comparison between activities in the construction methods, regarding progress during building of the bridge deck. Further a HAZOP-analysis were conducted on the same activities to obtain and quantify risks. The results of these investigations shows that implementation of precast concrete elements in the process of building bridges gives advantages of faster construction and lower risks compared to use of in-situ concrete. These results have certain requirements which is accounted for in the report.

Innhold

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring i
Publiseringsavtale ii
Forord iii
Liste over sentrale begreper i oppgaven iv
Summary v
Figurliste ix
Tabell-liste x
1 Innledning 1
2 Samfunnsperspektiv 4
3 Teori 6
3.1 Standardisering og industrialisering 6
3.1.1 Historikk 7
3.1.2 Estetikk 8
3.1.3 Miljøperspektiv 8
3.2 Fremdrift 9
3.2.1 Planlegging og utførelse av aktiviteter 10
3.3 Teknisk byggeprosess for broer 11
3.3.1 Plasstøpte broer 11
3.3.2 Prefabrikkerte broer 13
3.3.3 Inspeksjon og vedlikehold 15
3.4 Ulykkesrisiko 15
3.4.1 Definisjon av begrepet risiko 15
3.4.2 Definisjon av arbeidsulykke 16
3.4.3 Historisk perspektiv 16
3.4.4 HMS 16
3.4.5 SHA 17
3.4.6 SHA-plan 17
3.4.7 Regelverk 17
3.4.8 Verktøy for kartlegging 17
3.4.9 Risikovurdering, risikohåndtering og SJA 18
3.4.10 Risikofylt arbeid 19

3.5 Metode 20
3.5.1 Individuelt intervju 22
3.5.2 Gruppeintervju 23
3.5.3 Utvelgelse av enheter for intervju 23
3.5.4 Observasjon 24
3.5.5 Litteraturstudier 24
3.5.6 Gantt-diagram 24
3.5.7 HAZOP 25
3.5.8 Feilkilder ved metoder 29
4 Forskerspørsmål 32
4.1 Avgrensninger 32
5 Case 34
6 Metode 35
6.1 Innledning 35
6.1.1 Utarbeidelse av forskerspørsmål 35
6.2 Litteraturstudier 36
6.3 Del 1: Kvalitative intervjuer 36
6.3.1 Undersøkelse 36
6.3.2 Valg av type informasjon 37
6.3.3 Innsamling av informasjon 37
6.3.4 Utvelgelse av enheter 38
6.3.5 Analyse 39
6.4 Del 2: Analyse av fremdrift og ulykkesrisiko 40
6.4.1 Kartlegging av aktiviteter 40
6.4.2 Ekskursjon og observasjon 41
6.4.3 Datainnsamling 41
6.4.4 Gantt-diagram 42
6.4.5 HAZOP-analyse 44
7 Resultat 47
7.1 Resultater del 1: Kvalitative intervjuer 47
7.1.1 Resultater fra intervjuer presentert enkeltvis 47
7.1.2 Oppsummering av alle intervjuer 63

7.2 Resultater del 2: Analyse av fremdrift og ulykkesrisiko 65
7.2.1 Kartlegging og utvelgelse av aktiviteter 65
7.2.2 Resultat fremdrift 66
7.2.3 Resultat ulykkesrisiko 66
8 Diskusjon 68
8.1 Kvalitative intervjuer 68
8.1.1 Fremdrift 68
8.1.2 Ulykkesrisiko 69
8.1.3 Andre relevante funn 71
8.1.4 Svakheter 72
8.2 Fremdrift 73
8.2.1 Svakheter 74
8.3 Ulykkesrisiko 75
8.3.1 Svakheter 75
9 Konklusjon 77
10 Anbefalinger 78
11 Referanser 79
12 Vedlegg 83
12.1 Kalkulasjoner tilhørende Gantt- diagrammer 83
12.2 Intervjuguide 86
HAZOP-rapport, plasstøpt 88
HAZOP-rapport, prefabrikkert 105
Møtereferat veiledning med Bjørn Velken 126
Bilder fra befaring og observasjoner 128
Program Studentseminar 131

Figurliste

Figur 1.1: Oppbygning av oppgaven 2
Figur 3.1: Faser i et prosjekt[47] 9
Figur 3.2: Eksempel på midlertidig konstruksjon [57] 12
Figur 3.3: Montering av armering [58] 13
Figur 3.4: MOT-bro, PLA-bro og SuperI-bro [32] 13
Figur 3.5: MOT-bjelke i fabrikk. Fotograf: Joachim Krogh Pedersen 14
Figur 3.6: Prinsippskisse MOT-bro [1] 14
Figur 3.7: Montering av MOT-bjelker. Opphav: Bjørn Hansen AS, v/ Idar Heskestad 14
Figur 3.8: Montering av platedekke. Opphav: Bjørn Hansen AS v/ Idar Heskestad 14
Figur 3.9: Meldte arbeidsulykker i bygge- og anleggsnæring, fordelt på skadetype [4] 19
Figur 3.10: Eksempel på Gantt-diagram vist med en enkel søyle [3] 25
Figur 3.11: Fremgangsmåte HAZOP 26
Figur 3.12: Skjematisk oppsett HAZOP [2] 27
Figur 3.13: Risiko matrise [2] 28
Figur 6.1: Utarbeidelse av forskerspørsmål 35
Figur 6.2: Kategorisering av intervjuresultater 40
Figur 6.3: HAZOP-skjema utarbeidet av gruppen 44
Figur 6.4: Oversikt over aktiviteter, plasstøpt 45
Figur 6.5: Oversikt over aktiviteter, prefab 45
Figur 7.1: Gantt-diagram 66
Figur 7.2: Grafisk fremstilling av resultat 67
Figur 8.1: Massetransport, fotograf: Joachim Krogh Pedersen 73

Tabell-liste

Tabell 3.1: Oversikt over tidligere overdekningskrav [36] 8
Tabell 3.2: Kvantitative og kvalitative metoder [70] 21
Tabell 3.3: Oversikt over nøkkelord og betydning [67] 27
Tabell 6.1: Utvelgelse og sammensetning av respondenter 39
Tabell 6.2: Beregninger for byggemåte plasstøpt 42
Tabell 6.3: Sammenheng timeverk og dagsverk 43
Tabell 6.4: Endring i nøkkelord 46
Tabell 7.1: Oppsummering av alle intervjuer 65
Tabell 7.2: Utvalgte aktiviteter 65
Tabell 7.3: Resultat HAZOP-analyser 66

1 Innledning

Det pågår under sittende regjering en storstilt satsing innen utbygging og vedlikehold av vei, jernbane og annen trafikal infrastruktur på nasjonalt nivå. Som et ledd i denne strategien ble det statlig eide aksjeselskapet Nye Veier opprettet i mai 2016. Nye Veier AS (heretter kalt NV) har følgende visjon: «Vi skal bygge gode veier raskt og smart». For å oppnå dette er selskapet ute etter metoder og ideer som kan effektivisere veibygging. UiA og NV innledet et samarbeid i 2017, der hovedmålet med den treårige avtalen er å stimulere til samskaping mellom næringsliv og forskning gjennom innovasjon, utvikling og dokumentasjon på fritt akademisk grunnlag. Konsekvensen vil forhåpentligvis bli mer og bedre vei for pengene [2].

Byggenæringen i Norge er stadig under press for å levere resultater raskere og billigere, samtidig med dette har bransjen nest høyeste verdier når det kommer til skader og ulykker som fører til langvarig sykefravær [3]. Dette er betydelige utfordringer bransjen står overfor, i tillegg til at standardisering og industrialisering stadig tvinges frem som følge av økt globalisering og hardere konkurranse.

Broer inngår i alle nye veiprosjekter for nasjonale hovedveier i Norge. Broer i linja behøves på grunn av kupert terreng, ustabile grunnforhold eller krysning av elver og våtmarksområder. Overgangsbroer benyttes der det er behov for kryssing av veien, i eksempelvis planløse kryss, videreføring av eksisterende lokalveier og kryssing for lokalt dyreliv.

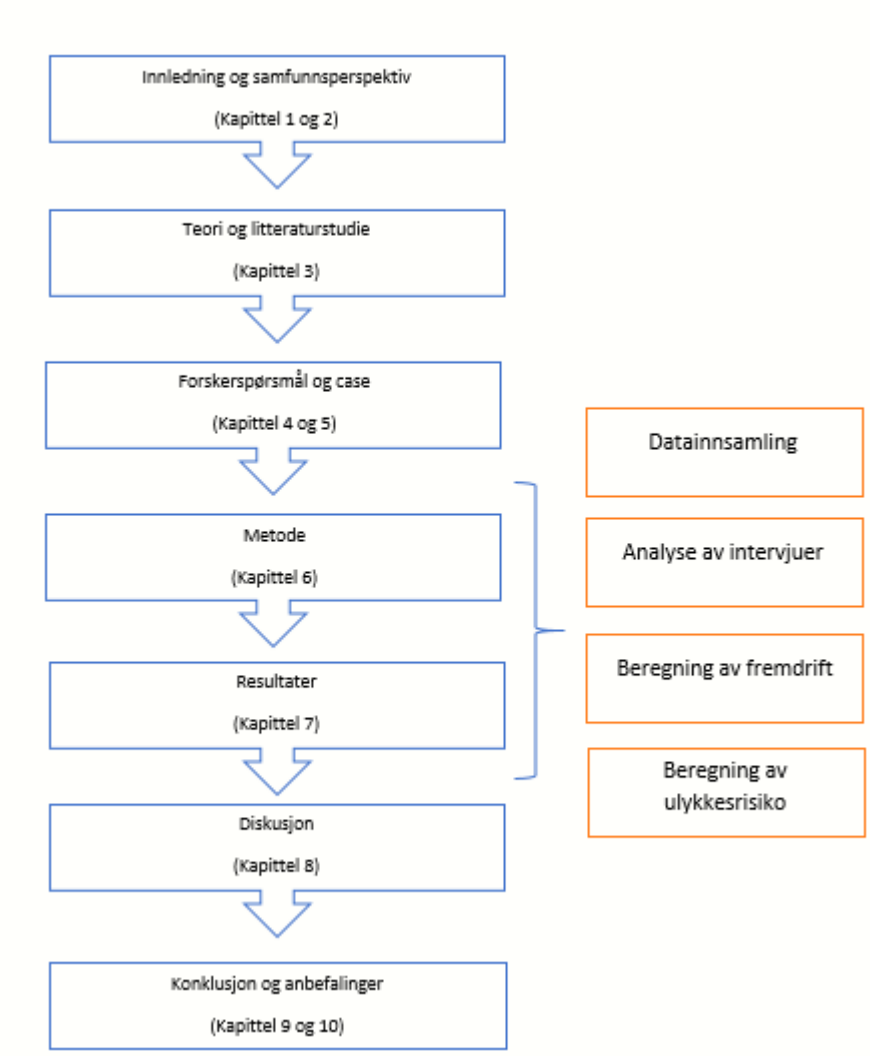
Per i dag bygges de fleste broer med plasstøpt betong, derav må hver enkelt bro prosjekteres og bygges enkeltvis. Dette medfører at både planleggings- og anleggsperiode blir relativt tidkrevende for hvert prosjekt. NV ønsker i større grad å øke standardiseringen i disse prosessene som et ledd i å nå målet om å bygge bedre veier raskere og billigere.

Et annet viktig moment i norsk anleggsvirksomhet er risikoen for ulykker, og i snitt har det vært ni ulykker med dødelig utfall de siste fem årene [4]. Bygging av broer innebærer blant annet mye arbeid i høyden, bruk av stillas og bruk av kran for utførelse av tunge løft. Dette er aktiviteter som innebærer særlig stor ulykkesrisiko for den enkelte arbeider på anleggsområdet.

I Norge har bruken av prefabrikkerte betongelementer økt de siste årene [5]. På 1980-1990 tallet ble prefabrikkerte og standardiserte betongelementer ofte benyttet til brobygging i Norge, men en del dårlige erfaringer knyttet til blant annet utseende og bestandighet førte til svært lav etterspørsel som har vedvart de siste 20 årene [6].

Denne bacheloroppgaven omhandler prosessene rundt bygging av betongbroer i forbindelse med nye nasjonale hovedveier, og hvorvidt disse skal bygges med prefabrikkerte elementer eller tradisjonell plasstøping. Fokuset vil ligge på å måle hvilke forskjeller som vil oppstå innenfor utvalgte parametere *fremdrift* og *ulykkesrisiko* i denne sammenhengen, målt gjennom aktuelle deler av prosjekterings- og byggeperioden. Rapporten skal undersøke utførte og pågående prosjekter på *Strekningen.* På disse prosjektene står Kruse Smith som utførende entreprenør, og vil følgelig være en sentral kilde og samarbeidspartner i denne oppgaven.

Oppgaven er bygd opp i henhold til rapportmalen for bachelorprogrammet «Byggdesign» ved UiA. Figur 1.1 viser oppgavens oppbygging.



Figur 1.1: Oppbygning av oppgaven

Kort presentasjon av oppgavens 12 hovedkapitler:

Kapittel 1: Innledning

Presenterer oppgavens bakgrunn, rammefaktorer og oppbygning.

Kapittel 2: Samfunnsperspektiv

Setter oppgavens tema og innhold i et større perspektiv.

Kapittel 3: Teori

Presenterer teorigrunnlaget som er nødvendig for å svare på oppgaven. Herunder inngår også teori rundt metodene som er anvendt i oppgaven. Etter godkjennelse fra interne veileder er informasjon innsamlet gjennom kvalitative intervjuer benyttet som kilder i noen underkapitler da det var lite publisert informasjon tilgjengelig.

Kapittel 4: Forskerspørsmål

Presenterer oppgavens forskerspørsmål, tilhørende operasjonelle underspørsmål og de avgrensninger som er satt.

Kapittel 5: Case

Beskriver og strukturerer oppgaven.

Kapittel 6: Metode

Presenterer fremgangsmåte og utført arbeid.

Kapittel 7: Resultat

Presenterer resultatet fra oppgavens to hoveddeler.

Kapittel 8: Diskusjon

Diskusjon av resultatene i lys av hverandre, teorikapittelet og potensielle feilkilder.

Kapittel 9: Konklusjon

Presenterer svar på forskerspørsmålet og de operasjonelle underspørsmålene.

Kapittel 10: Anbefalinger

Her gis anbefalinger til oppdragsgiver.

Kapittel 11: Referanser

Liste over referansene som er angitt i oppgaven.

Kapittel 12: Vedlegg

Viser relevante vedlegg fra oppgavens arbeid.

2 Samfunnsperspektiv

«God infrastruktur binder landet sammen», sier Ketil Solvik Olsen i forbindelse med Nasjonal Transport Plan (heretter kalt NTP) 2018-2029 [7]. I gjeldene NTP legges det opp til økende investeringer på samferdsel, og betydelige summer av dette skal brukes til nasjonale hovedveier med fire felt [8]. Behovet for firefeltsvei i år 2050 er i Riksvegutredningen fra 2015 beregnet til å være 1990 km, dette er i tråd med prognoser om befolkningsutvekst og samfunnsutviklingen for øvrig [9].

NV har fått ansvaret for ca. 500 km med nye fire felts motorveistrekninger på E6, E18 og E39 [10]. På fire av utbyggingsområdene; E6 Mjøsregionen, E6 Trøndelag, E18 Langangen – Grimstad og E39 Kristiansand – Sandnes, skal det totalt bygges 134 bruer [11]. Videre er intensjonen at oppdragsmengden til NV skal økes, og følgelig er potensialet ved eventuelle kostnadsbesparelser stort. Dette vil gi en samfunnsøkonomisk gevinst ettersom NV finansieres over statsbudsjettet [10].

Dagens eksisterende brolandskap i Norge er preget av et betydelig vedlikeholdsetterslep på ca. 15 milliarder NOK ifølge Vegdirektoratet. I tillegg viser statistikk at det forekommer 10 brokollapser årlig [12]. Det blir derfor viktig å velge riktig løsning for broer slik at man oppnår en sikker og levedyktig konstruksjon med en nytteverdi som er høyere enn bygge- og vedlikeholdskostnader.

Dagens metode for brobygging innebærer en forholdsvis lang og omfattende prosjekteringsprosess for hver bro, da hver bro er å anse som et unikt prosjekt. Dette innebærer ofte høye kostnader til lønnstimer, programvare etc. Dersom man får på plass et standardisert rammeverk for broer vil man kunne redusere store deler av disse kostnadene [13].

Tradisjonelt betinger bygging av broer et relativt stort og omfattende anleggsområde. Slike anleggsområder har stor aktivitet med mange ulike aktører [6]. Dette innebærer risiko for personskader og ulykker både på anleggsområdet og i forbindelse med person- og varetransport til og fra dette. Mange av aktivitetene forutsetter arbeidstimer i høyden, og følgelig er fallulykker tydelig representert i statistikken [6]. En reduksjon i ulykkesrisiko og antall ulykker på anleggsområder vil gi positive virkninger for arbeidere i form av trivsel og økt trygghet. Arbeidsgivere vil få redusert kostnader ved sykefravær og tilhørende administrative kostnader og videre kan det gi bedriften positivt omdømme. Samfunnet vil også dra fordel av mindre sykefravær og færre dødsulykker, da de økonomiske kostnadene blir mindre. I tillegg vil det gi mindre belastning på offentlige helsetjenester. Ifølge finansdepartementet er et statistisk liv vurdert til 30 millioner NOK, bestemt i 2012 [14]. Beregninger utført av arbeidstilsynet viser at samfunnsøkonomiske kostnader i forbindelse med sykefravær og død i bygg- og anleggsbransjen er estimert til 1,5 milliarder NOK [15].

En del anleggsområder ligger i nærheten av bebyggelse og er til sjenanse for beboere og omkringliggende lokalsamfunn. Dette i form av støy, lokal forurensning og visuell inngripen i arealer. Utstøping av broer er en tidkrevende prosess som forlenger sjenansen for naboer og øker belastningen på nærområdene.

Dersom vei og broprosjektet utføres langs eksisterende vei, kan dette føre til langvarige og lite effektive omkjøringer av trafikken. Konsekvensen av dette vil være økte forsinkelser og mer ujevnt kjøremønster for passerende trafikk, samt høyere utslipp av klimagasser fra kjøretøy [16].

Effektivitet og tidsbruk på offentlige bygge- og anleggsprosjekter er stadig i fokus, og bransjen får ofte kritikk for lange byggetider og høye kostnader. En årsak til dette kan være manglende bruk av standardiserte løsninger, og liten vilje til å implementere ny teknologi [17]. I følge en svensk

forskningsartikkel blir prefabrikkering trukket frem som en mulig løsning for økt produktivitet og effektivitet i byggebransjen [18].

En kortere og mer effektiv prosjektering og bygging av broer vil gi en positiv innvirkning på flere samfunnsmessige aspekter. Dette gjenspeiles også i NVs oppgave; «Vår oppgave er å bygge raskere og mer kostnadseffektivt. Vi arbeider derfor helhetlig med prosjektene fra første stund, og bygger lengre sammenhengende strekninger. Dette gir raskere og mer kostnadseffektiv utbygging. Vi baserer vår prioritering på samfunnsøkonomisk lønnsomhet, inkludert netto ringvirkninger, trafikksikkerhet og samfunnssikkerhet», sier administrerende direktør i NV, Ingrid Dahl Hovland [19]. Samfunnsøkonomisk nytte ved samferdselsprosjekter er mye diskutert. Raskere ferdigstillelse av nye nasjonale hovedveier med høyere fartsgrenser vil blant annet føre til at transportarbeidet som utføres av trafikantene vil gå raskere, og det vil bli tilbragt mindre tid på veiene [20]. Kostnadseffektiv veibygging er til nytte for hele samfunnet, med tanke på å skape god infrastruktur som sikrer gode nasjonale forbindelser og et konkurransedyktig næringsliv [21]. Videre kan dette også gi en reduksjon i CO_2 utslipp og andre partikler som følge av biltrafikk [22].

Hvorvidt bruk av prefabrikkerte betongelementer kan være medvirkende til å bedre fremdrift og sikkerhet rundt brobygging er hva denne rapporten skal forsøke å belyse.

3 Teori

Dette kapittelet vil først gjøre rede for standardisering og industrialisering innen brobygging i Norge. Denne oppgaven omhandler broer som bygges i tilknytning til utbygging av nye nasjonale hovedveier. Følgelig vil det redegjøres for relevant innhold og faser som inngår i prosessen fra broprosjektet initieres av byggherre, til konstruksjonen er ferdig. Videre vil det redegjøres for aktuelle begreper og teori rundt oppgavenes to hovedparametere ulykkesrisiko og fremdrift i brobygging. Avslutningsvis kommer teori rundt metodene som er brukt for å svare på oppgaven.

3.1 Standardisering og industrialisering

Generelt kan man si at standardisering er «en felles oppskrift på hvordan noe skal lages eller gjennomføres» [23]. Eksempelvis ved bruk av ferdige komponenter som kan settes sammen til et større produkt eller konstruksjon. Et annet kjennetegn er at prosedyrene for en aktivitet kan gjentas for å oppnå samme tilsvarende resultat. Et eksempel på dette er byggesett fra Lego hvor ulike komponenter produseres i fabrikk, og videre kan settes sammen til mange ulike konsepter og størrelser. Industrialisert produksjon av komponenter ligger til grunn, og følgelig er industrialisering en sentral del av standardiseringen. I denne oppgaven defineres standardisering til å være en fastsatt måte å bygge og prosjektere broer på, herunder inngår industrialisert produksjon av broelementene. Dette gir positive effekter som økt effektivitet ved at en del aktiviteter i prosessene kan elimineres. Videre vil standardisering kunne gi repetisjonseffekt som på sikt fører til økt kompetanse hos de utførende, færre feil, raskere produksjon og mindre opplæring. Desto flere ganger samme prosess blir utført, desto sterke blir synergieffekten [24].

Definisjon av industrialisert byggeproduksjon er i følge en prosjektrapport utarbeidet for SINTEF: «Byggeproduksjon der hovedsaken av verdiskapingen skjer i fabrikker (moduler og/eller prefabrikkerte elementer i store serier)» [25]. Implementering av industrialisering betyr at man fjerner seg fra bransjens håndverksbaserte tilnærming [17]. I håndverksproduksjon er ferdig produkt i stor grad avhengig av håndverkerens kunnskaper og ferdigheter, og denne produksjonsmåten preges av mangel på standardisering [26]. Kjennetegn ved industrialisert produksjon er blant annet statiske rammefaktorer, herunder inngår sammensetning av bemanning, variasjon i arbeidsoppgaver og lokasjon. Videre foregår ofte slik produksjon i fabrikk som skjermer mot ytre påvirkninger. I denne oppgaven defineres industrialisering til å være produksjon av prefabrikkerte betongelementer i eksisterende fabrikk.

I Norge har det i likhet med andre land [27, 28] vært stort press på byggebransjen, og kritikken går på å ikke oppnå samme vekst i effektivitet som andre produksjonssektorer har oppnådd. Følgelig er behovet for innovasjon i byggemåter og en mer industrialisert tankegang økende [18]. Det er blitt gjort flere ulike studier for å kartlegge hvordan bransjen skal møte denne problematikken, og prefabrikasjon har kommet frem som en mulig løsning [18]. Produksjon og bruk av prefabrikkerte elementer har de siste årene økt betraktelig ved bygging av bolighus og blokker, både av husprodusenter [29] og entreprenører. Dette gir blant annet fordel av raskere fremdrift på byggeplass [29]. Imidlertid er det store forskjeller innen bygg- og anleggsbransjen. Når det kommer til bygging av kjøpesentre, kontorbygg og større konstruksjoner innenfor infrastruktur har det vært lite bruk av industrialiserte løsninger, da dette har vært vanskelig å implementere [30]. Larsson gir følgende eksempel fra Sverige; «Da svenske myndigheter bestemte seg for å flytte motorveien E4 rundt sentrum av Uppsala, skulle det konstrueres 115 broer. Under prosjekteringsfasen ble det

bestemt at prosjektet ville ha behov for 110 ulike broer, der størrelse og/ eller utforming varierte» [30].

I Norge er betong det vanligste byggematerialet for broer og andre store konstruksjoner innen infrastruktur [31, 32], og i løpet av de siste tiårene er de aller fleste broene i Norge bygget med plasstøpt betong. Videre har design av broer hatt mye oppmerksomhet de siste årene, og i tråd med dette har det vært gjennomført flere designkonkurranser [31]. Dette leder ofte til mer avanserte brotverrsnitt og detaljert geometrisk utforming [31]. Dette leder til både økte kostnader og lengre byggetid [31]. Det fremgår at bruk av standardiserte og industrialiserte broløsninger har vært svært begrenset de siste 20 årene, som i stor grad skyldes problemer med bestandighet som belyses i kapittel 3.1.1, og estetikk som belyses i kapittel 3.1.2.

Et av tiltakene NV har iverksatt for å nå sin målsetting innen veibygging er utarbeidelse av «Normalveien». Dette prosjektet ble startet for å utvide bruk av standardiserte løsninger og design i norsk veibygging. Videre vil disse manualene utfordre etablert praksis, herunder Normalene utgitt av Statens Vegvesen. I arbeidsnotatet «Elementbroer» konkluderes det med følgende forutsetninger som må ligge til grunn dersom man skal oppnå økonomiske besparelser ved å bruke elementbroer [33];

- Utarbeide standardiserte løsninger for MOT og PLA bruer som er preaksepterte ifht lastvirkninger
- Tilpasse kravspesifikasjon i konkurransegrunnlag for entrepriser.
- Veier bør planlegges for å unngå komplisert brogeometri.

I tråd med arbeidsnotatet «Bruer i linja» fremgår det at for tidlig låsing av overordnede beslutninger knyttet til løsninger og materialer kan være med på å øke kostnadene i prosjektet, da det kan dukke opp nye forhold senere. Samtidig bør prosessen med å utforme broene begynne samtidig med planlegging av veilinjene. Videre hevdes det at «Standardisering av brotyper og geometri med utgangspunkt i effektive byggeprosesser kan medføre betydelig besparelser. I første omgang bør man legge opp til standardisering av løsninger i det enkelte prosjektet» [31].

3.1.1 Historikk

Bruk av prefabrikkerte broelementer i Norge har eksistert siden 1960 tallet. På 1960-, 1970- og deler av 1980-tallet var det ingen krav i standardene som omhandlet bestandighet [34], og følgelig ble betongoverdekningen svært liten. Broene fra denne perioden bærer preg av dårlig bestandighet, noe som kan sees i sammenheng med overdekningskravet. Utvikling av krav til overdekning er vist i tabell 3.1.

På 1980- og 1990- tallet ble det oppført broer med ulike typer prefabrikkerte bjelker, og i 1987 utga Statens Vegvesen «Bruhåndbok - 3, Elementbruer». Denne inneholdt preaksepterte løsninger for blant annet MOT- og PLA-broer, og var inkludert i Håndbok N 100 serien som utgikk 01.01.2012 [35]. MOT- og PLA-elementer er i dag fortsatt tilgjengelig på markedet, men kan ikke lenger anses som preaksepterte etter at Håndbok N100 serien utgikk [36].

Håndbok	*Betongkvalitet*		*Overdekning*
	Bjelke	*Påstøp*	
NIB/NOB bruer '83	B45 (C55)	C35 (B30)	25 mm
NIB '89	B45 (C55)	C35 (B30)	40 mm
NOT '90	B45 (C55)	C45 (B35)	40 mm
100 – del 3 '02	B55 (C65)	B45 (C55)	50 mm
Prefab kulverter '16	B45	-	65 mm

Tabell 3.1: Oversikt over tidligere overdekningskrav [36]

3.1.2 Estetikk

Hvorvidt broens estetiske uttrykk er å anse som viktig er avhengig av om broen skal fremstå som «signalanlegg» i landskapet, eller om den skal være en lite fremtredende konstruksjon. Andre faktorer som kan være relevante er blant annet plassering av bro i forhold til befolkning, om broen er en overgangsbro eller en bro i linja, samt antall passerende under broen.

Tidligere utførte studier [18, 37] har konkludert med at estetikk er en barriere for bruk av prefabrikkerte betongelementer. Det fremkommer også i «Bruhåndbok - 3, Elementbruer» at elementbruer oppført før 1987 hadde en lav anseelse i forhold til estetisk uttrykk, men at alle arkitektoniske krav til en bro også kan møtes med elementbroer [1].

I rapporten «DesignVEI» som er utarbeidet av Sweco og Rambøll er det gitt føringer for estetiske kvaliteter for utforming av vei og veianleggets omgivelser. Føringene i denne rapporten benyttes på veistrekningene som skal inngå i porteføljen til Nye Veier. Det skilles i rapporten på to hovedmåter å utforme konstruksjoner på; «Den landskapsarkitektoniske utforming» og «den arkitektoniske utforming». Den landskapsarkitektoniske måten tilstreber å integrere konstruksjonen i omgivelsene, mens arkitektonisk metode fremhever konstruksjonen i omkringliggende landskap. Som det fremkommer flere steder [31, 38] vil NV tilstrebe et helhetlig design for broer innenfor de ulike prosjektene, både av rent estetiske årsaker, men også for å oppnå stordriftsfordeler.

3.1.3 Miljøperspektiv

Byggeindustrien i Norge står for over 10% av totale klimagassutslipp. Næringen står derfor ovenfor store miljøutfordringer, og nye løsninger og tiltak må gjøres for å bedre dagens situasjon. Ved å legge til rette for en mer industrialisert produksjon kan en oppnå bedre forutsetninger for en systematisert gjennomføring, og dermed redusere miljøbelastningene [25].

Ytre miljø er beskrevet i byggeteknisk forskrift (TEK17) §9-1, og lyder følgende: «Byggverk skal prosjekteres, oppføres, driftes og rives på en måte som medfører minst mulig belastning på naturressurser og det ytre miljøet. Bygg avfallet skal håndteres tilsvarende» [39]. Hensikten med forskriften er å hindre spredning av miljøskadelige stoffer, redusere mengden byggavfall og øke graden av gjenbruk og materialgjenvinning.

Industrialisering innebærer faste rutiner for produksjon, utførelse og håndtering av avfall. Bedre planlegging og nøyaktighet i utføring av produksjonsaktiviteter vil føre til mindre restmateriale og defekter. Som følge av dette vil implementering av prefabrikasjon resultere i mindre avfall. En annen positiv bieffekt er at materialer og utstyr oppbevares under mer skjermede og kontrollerte omgivelser, noe som vil øke levetiden på utstyret. Når flere aktører og bransjer jobber på samme lokasjon, øker risikoen for sabotasje og uforsiktighet knyttet til avfallshåndtering og materialbruk blant de involverte [40].

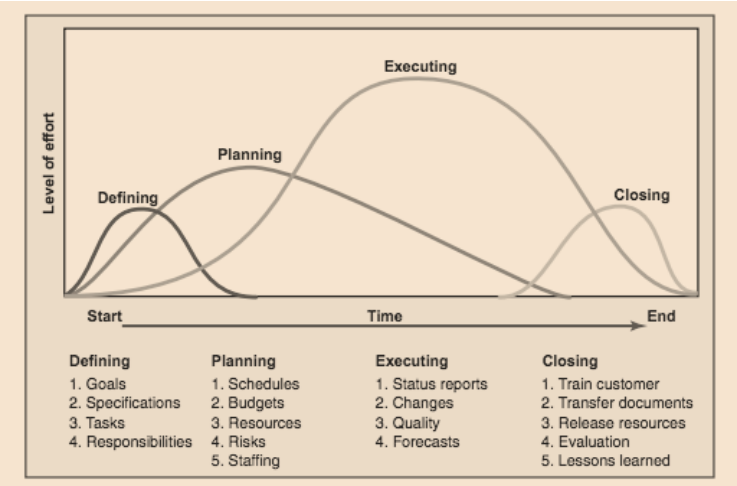
Industrialisering vil bety større forbruk av elektrisk energi i produksjonen, sammenlignet med produksjon på byggeplass. Der er behovet for fossilt drivstoff til maskiner og utstyr større. Dette vil medføre høyere utslipp av klimagasser i byggeprosessen [40].

3.2 Fremdrift

Organisering av byggeprosessen er avgjørende for fremdriften i et prosjekt. Det finnes i dag mange ulike teorier på hvordan dette gjøres mest mulig effektivt.

NV bruker en gjennomføringsmodell for sine prosjekter der et viktig moment er at utførende entreprenører og leverandører inkluderes tidligere i byggeprosessen [41]. Dette kan klassifiseres som en totalentreprise, som ifølge Norsk Standard er definert som et kontraktsforhold der byggherre overlater hele eller vesentlige deler av prosjektering og utførelse til totalentreprenør [42]. Det betyr at utførende får muligheter til å bruke egne tekniske løsninger og kompetanse, og videre få påvirkning på byggeprosessen. En forutsetning er at funksjonskravet fra NV og bestemmelsene i Håndbok N400 innfris [41, 43]. Dette er i motsetning til måten Statens Vegvesen tradisjonelt har gjennomført sine prosjekter på [44]. Denne fremgangsmåten kan klassifiseres som hovedentreprise, som ifølge Norsk Standard er definert som et kontraktsforhold der det vesentlige av underlag for prosjektet leveres av byggherren [45]. Det vil si at de fleste detaljer vedrørende konstruksjonen er endelig før prosjektet utlyses på anbud.

I dag består bygge- og anleggsprosjekter av tre hovedelementer; kostnad, tid og kvalitet, der det i denne oppgaven er mest relevant å fokusere videre på kostnad og tid, da fremdrift er en viktig faktor knyttet til prosjektets kostnadsbilde. Et prosjekt kan ifølge Kilde defineres som «et tiltak som har karakter av et engangsforetagende med et gitt mål og avgrenset omfang, som gjennomføres innenfor en tids- og kostnadsramme» [46]. Med bakgrunn i denne definisjonen ser man behovet for planlegging av broprosjekter. I tillegg setter Byggherreforskriften krav til planlegging av alle aktiviteter på byggeplass for å sikre arbeidstakere mot mulig risiko [47]. Et prosjekt består ifølge Larson & Gray av fire faser; oppstarts-, planleggings-, gjennomførings- og avslutningsfase [48], vises i figur 3.1.



Figur 3.1: Faser i et prosjekt[47]

I oppstartsfasen blir prosjektet definert, og målsetninger bestemt. I denne fasen blir kravspesifikasjoner og oppgaver i prosjektet utarbeidet, og videre hvem som står ansvarlig for disse [48].

I planleggingsfasen utarbeides alt av underlag og planer for prosjektet. Som figuren viser pågår dette arbeidet nesten helt til gjennomføringsfasen er avsluttet. Planleggingsfasen blir avløst av avslutningsfasen [48].

Gjennomføringsfasen blir i anleggssammenheng å regne som byggefasen. I denne fasen inngår alle aktiviteter fra anleggsområdet påbegynnes til konstruksjon er fullført, og anleggsområdet avvikles. I denne oppgaven defineres byggefase til å inneholde de aktiviteter som utføres på anleggsområdet [48].

Avslutningsfasen inneholder primært to aktiviteter, avhending av prosjektet til sluttbruker og overføring av ressurser fra inneværende prosjekt til nye prosjekt [48].

3.2.1 Planlegging og utførelse av aktiviteter

Byggherre vil alltid ha et tidfestet mål for når de ønsker et prosjekt ferdigstilt, følgelig er fremdrift i byggeprosesser essensielt for å nå dette målet. I følge Eastman m. fl kan planlegging av når, hvordan og hvor aktiviteter som inngår i prosjektene uføres ha stor innvirkning på prosjektets kostnader og ressursbruk [49].

Planlegging av prosjekter handler om å bestemme hva som skal utføres, hvem som skal utføre hva, og innenfor hvilket tidsrammer dette skal utføres. Prosjekter bør planlegges blant annet for å redusere usikkerhet og gjøre utførelsesfasen mest mulig effektiv. En god plan fører også til at involverte aktører får best mulig forståelse av arbeidet, videre legger planleggingsarbeidet grunnlag for oppfølging og kontroll av utført arbeid [50].

Det er hensiktsmessig å planlegge et prosjekt slik at involverte aktører skal kunne identifisere oppgaver som skal utføres. Usikkerhet rundt arbeidet som skal utføres fører til at man må innhente mer informasjon for å sikre at arbeidet blir utført mest mulig effektivt [50].

God planlegging eliminerer nødvendigvis ikke behovet for endringer, men behovet for endringer kan reduseres. Vellykkede fremdriftsplaner kjennetegnes blant annet av at involverte aktører forstår sine roller [50].

To viktige verktøy for alle involverte i en byggeprosess er fremdriftsplaner og riggplaner. Tanken bak en fremdriftsplan er å gi oversikt over alle aktiviteter, milepæler og faser som inngår i et prosjekt, og hvordan disse avhenger av hverandre. I tillegg skal planen vise behovet for ressurspersoner og mannskap som behøves for å utføre aktivitetene. Fremdriftsplanlegging er knyttet til tid og vil påvirke produktiviteten på byggeprosjektene i stor grad. Det er flere måter å fremstille en fremdriftsplan på, de siste tiårene har Gantt-diagrammet vært mye benyttet [50].

Orden og ryddighet på anleggsområdet planlegges nøye, og til dette arbeidet benyttes ofte en riggplan. En riggplan er en skisse over anleggsområdet. Der det skal angis hvordan ulike elementer i prosjektet skal organiseres og plasseres. Herunder inngår oversikt over ferdselsveier, transportveier og område for lasting og lossing [51].

3.3 Teknisk byggeprosess for broer

Uavhengig av om broen bygges med plasstøpt betong eller prefabrikkerte elementer er det visse aktiviteter som vil være felles i begge byggeprosesser. Disse gjennomgås i de neste avsnittene.

Alle konstruksjoner som oppføres i Norge må tilfredsstille kravene til NS-EN regelverket, og for broer gjelder i tillegg bestemmelsene i Håndbok N400 [33]. Dette er en veinormal utgitt av Statens Vegvesen som videre er hjemlet i lov [43]. Denne gir føringer for alle faser av broens levetid inkludert byggetid. Håndboken gjelder også for midlertidige konstruksjoner, stillaser og andre hjelpekonstruksjoner som inngår i oppføring av broen, dersom disse befinner seg i en slik avstand til offentlig vei at et eventuelt sammenbrudd vil få konsekvenser for fremkommelighet [43]. Videre påpekes det at kravene til betongoverdekning er skjerpet i Håndbok N400 i forhold til kravene for samme levetid og eksponeringsklasse i NS-EN 1992.

Når det bygges en ny strekning med nasjonal hovedvei vil et gitt prosjekt inneholde flere broer, og disse vil påbegynnes fortløpende. Anleggsområdene for broer ligger i linja til veiprosjektet og det arbeides på flere samtidig. Anleggsområdene er ofte store og komplekse med mange aktører involvert, og det kan derfor være en utfordring med logistikk forbi og rundt disse. Det er hensiktsmessig å ferdigstille broer i linja og overgangsbroer til det nivå at funksjonskravet er nådd, slik at arealene på og under bro blir tilgjengelig for bruk. Dette kan være til nytte for aktiviteter som inngår på prosjektet eller til bruk for passerende trafikk. Når det utføres støpearbeid for plate eller toppdekke på brooverbygningen, er det forbudt med ferdsel innunder broen. Dette er en kilde til forsinkelser for resten av veiprosjektet og passerende trafikk, og medfører blant annet at all trafikk og logistikk må anlegges rundt broen så lenge støpearbeidet pågår [52].

Det første som utføres er grunnarbeider og fundamenter for landkar. Deretter oppføres landkar på begge sider ved bruk av plasstøpt betong, eventuelt oppføres understøttelse i form av pilarer eller søyler dersom broen har flere spenn. Dette innebærer oppføring av forskalling, armeringsføring og utstøping. Videre bygges brooverbygningen enten ved videre bruk av plasstøpt betong eller bruk av prefabrikkerte elementer [13].

Når overbygning og toppdekket er ferdig følger kompleteringsfasen. I denne fasen inngår legging av slitedekket (ofte asfalt), oppføring av lys, rekkverk og andre elementer som inngår i endelig konstruksjon [24].

3.3.1 Plasstøpte broer

Dette er den tradisjonelle og mest brukte måten å bygge broer på i Norge, hvor hele broen produseres og monteres på anleggsområdet. Noe som kjennetegner denne byggemåten er blant annet at rammefaktorer er komplekse og lite forutsigbare, dette som følge av at prosjektene ofte er unike og derav vil ha en mangel på stordriftsfordeler [53, 54]. En undersøkelse utført av Bröchner og Olofsson i 2012 har konkludert med at det de siste 30 år har vært en ubetydelig økning i produktivitet når man benytter tradisjonelle operasjoner for betongarbeid, herunder nevnes forskalling, armering og utstøping [55]. Videre har broer av nyere dato større betongvolum og mer armering per kvadratmeter, og følgelig har produktiviteten per kvadratmeter bro blitt redusert ettersom bruk av materialer per kvadratmeter har økt [18].

Når grunnarbeider og landkar er ferdig begynner prosessen med oppføring av brooverbygningen, dette arbeidet begynner med bygging av stillas og understøtting for støpearbeid, se figur 3.2.

Heretter bygges selve forskallingsformen som betongen skal herde i. Både stillas, understøtting og forskalling er definert som midlertidige konstruksjoner. Med midlertidig konstruksjon menes i denne oppgaven konstruksjoner som benyttes som arbeidsplattformer og arbeidstårn, og/ eller som understøttelse for forskallingssystemer for utstøping av betong [56]. Disse stillasene er typiske eksempler, og blir benyttet som både arbeidsplattform og bæring av støpeformen for brooverbygningen. Ifølge Vågsæter er det en tendens at beregninger og kontroll av midlertidige konstruksjoner blir holdt på et minimum, på tross av funksjonskravet som stilles til disse. Videre påpekes det at grunnforholdene hvor konstruksjonene plasseres er potensielt mer utsatt for setninger [56]. Setninger kan i verste fall føre til kollaps av konstruksjonen.

Når forskalling er ferdig, monteres all armering i formen. Enten slakkarmering, se figur 3.3, eller spennkabler. Etter dette blir betongen levert til anleggsområdet med betongbil og pumpet opp i formen ved hjelp av pumpebil. Når betongen har nådd en fasthet på 40MPa rives alle midlertidige konstruksjoner, og broen er klar for kompleteringsfase [52].

Figur 3.2: Eksempel på midlertidig konstruksjon [57]

Figur 3.3: Montering av armering [58]

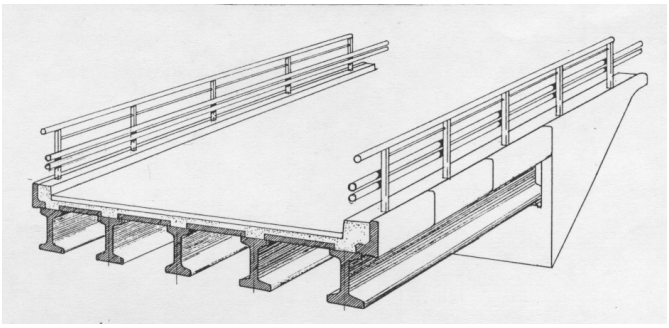
3.3.2 Prefabrikkerte broer

Bruken av prefabrikkerte betongelementer har de siste årene økt betraktelig i Norges byggebransje [59], dette skyldes blant annet at det medvirker til tids- og kostnadseffektivisering av byggeprosessen [32, 60].

Bygging av bro med prefab kjennetegnes ved at deler av konstruksjonen består av prefabrikkerte betongelementer. I denne oppgaven er definisjonen av prefabrikkerte betongelementer følgende: elementer som produseres i en betongelementfabrikk beliggende geografisk i noe avstand fra byggeplass, som betinger transport av elementene mellom fabrikk og anleggsområde. Betongen skal være ferdig herdet før elementet monteres i endelig posisjon. Det finnes flere typer broer der prefabrikkerte elementer benyttes, de vanligste vises i figur 3.4. Broene som er studert i denne oppgaven er MOT-broer, og følgelig vil byggeprosessen for denne type bro bli gjennomgått.

Figur 3.4: MOT-bro, PLA-bro og SuperI-bro [32]

En MOT-bro må i likhet med plassbygde bro ha fundamenter, landkar og eventuelt understøttelse i form av pilarer eller søyler dersom broen har flere spenn. Istedenfor helstøpt plate består brooverbygningen av prefabrikkerte MOT-bjelker se figur 3.5 og 3.6, og platedekker se figur 3.8. Over dette kommer et toppdekke og kantdragere som plasstøpes [13].



Figur 3.6: Prinsippskisse MOT-bro [1]

Figur 3.5: MOT-bjelke i fabrikk. Fotograf: Joachim Krogh Pedersen

Når grunnarbeider, fundamenter og landkar er ferdig bygd, kan de prefabrikkerte elementene leveres og heises på plass. Dette betinger at anleggsområdet er klarert for levering, samt har tilstrekkelig atkomstvei og manøvreringsplass for mobilkran [33]. Geografi og topografi på og rundt anleggsområdet er av stor betydning for størrelse på kran, plassering av denne og antall kraner som er nødvendig. Først heises bjelkene på plass og monteres, montering skjer ofte med hjelp av mobile lifter som flyttes i takt med monteringen, se figur 3.7. Når bjelkene er heist på plass og montert, blir forskalling mellom bjelkene satt opp. Dette monteres for å utstøpe en helhetlig konstruksjon som knytter landkar og bjelker sammen [13], denne forskallingen er ikke å anse som en større konstruksjon og vil følgelig ikke ha funksjon som eksempelvis arbeidsplattform eller understøttelse. Til dette arbeidet benyttes lift. Deretter heises platedekket på plass og monteres fortløpende. Dette danner forskallingen for den plasstøpte delen av brooverbygningen, se figur 3.8. Til forskjell fra plasstøpt vil denne forskallingen være en del av en varig konstruksjon. Montering av betongelementer er en tjeneste som kan utføres av produsent av elementene eller spesialisert montasjefirma. Til dette arbeidet benyttes kurset og sertifisert personell [13]. Som det fremgår av figur 3.8 er det ikke behov for stillas under montering av platedekket. Etter at samtlige plater er montert blir armering for toppdekket lagt, deretter blir dette utstøpt. Videre støpes kantdragere i ett med toppdekket, dette blant annet for å unngå fuge. Deretter er broen klar for kompleteringsfase [52].

Figur 3.7: Montering av MOT-bjelker. Opphav: Bjørn Hansen AS, v/ Idar Heskestad

Figur 3.8: Montering av platedekke. Opphav: Bjørn Hansen AS v/ Idar Heskestad

3.3.3 Inspeksjon og vedlikehold

Målsetningen med vedlikehold er ifølge håndbok R 411 i vegvesenets håndbokserie, at broene skal ha den tilsiktede sikkerhet og standard i hele den planlagte levetiden. Det skal blant annet gjennomføres inspeksjon og vedlikehold for å hindre skader på konstruksjonen som kan svekke konstruksjonens bæreevne. I denne sammenheng skal blant annet broens over- og underbygning kontrolleres [61].

NV lagt ned krav om bjelkeavstand på 80 cm for prefabrikkerte elementbroer, blant annet grunnet mulighet for inspeksjon mellom bjelker [62].

3.4 Ulykkesrisiko

Den vestlige verden har i løpet av de siste hundre årene vært gjennom en voldsom samfunnsmessig og teknologisk utvikling. Denne utviklingen ser ut til å fortsette og bringer med seg nye og enda mer komplekse strukturer inn i arbeidshverdagen. Vi har gått fra enkle oversiktlige forhold med klart sansbare farer, til komplekse uoversiktlige systemer med nye ikke sansbare farer. Dermed er systematisk regulering av sikkerhet en nødvendighet for å få en bedre helhetlig oversikt over faremomenter som kan utspille seg på arbeidsplassen [63].

3.4.1 Definisjon av begrepet risiko

Risiko er et begrep bestående av flere sammensatte forhold. Det er derfor vanskelig å definere risiko fullt ut i en enkel setning. Det neste avsnittet beskriver risiko som et matematisk produkt, mens etterfølgende avsnitt beskriver risiko i korthet ut ifra personlig ståsted.

Begrepet *risiko* brukes for å vurdere sannsynligheten for at en uønsket hendelse kan inntreffe, og hvilke konsekvenser det i tilfelle kan få. Begrepet kan defineres som et matematisk produkt: Risiko = (*sannsynlighet*) x (*konsekvens*). *Konsekvens* beskriver alvorlighetsgraden av det inntrufne, og *sannsynlighet* utrykker muligheten for at hendelsen kan inntreffe [63].

Risiko er som nevnt sammensatt, og det er derfor viktig å betrakte risiko som noe mer en kun et matematisk utrykk. Risiko blir også vurdert forskjellig ut ifra hvilket faglig ståsted man har. Man kan vurdere risikoen fra et juridisk ståsted hvor risiko er forankret i lover og regelverk. Man kan vurdere risikoen fra en fagpersons ståsted hvor vitenskapelig kunnskap, faglige normer eller erfaringer på området danner grunnlaget. Til sist har man egen subjektive vurdering av risiko som vil variere fra person til person, og Beggerud nevner følgende forhold som påvirker en enkelt persons risikoopplevelse og risikoforståelse: [63]

- Manglende personlig kontroll over risiko
- Stor usikkerhet knyttet til hva som vil bli konsekvensene
- Manglende personlig erfaring med risikoen
- Genetiske effekter av eksponering
- Katastrofale hendelser
- Nytteverdier ikke særlig synlige
- Nytteverdier går til andre
- Synlighet og umiddelbare konsekvenser

I denne oppgaven vil fokuset rettes inn mot risiko for alvorlig skade og risiko for dødsulykke. Med alvorlig skade legges Arbeidstilsynets definisjon til grunn: «enhver skade, fysisk eller psykisk, som

medfører varig eller lengre tids arbeidsudyktighet»[64]. Med risiko for dødsulykke menes enhver form for uønsket hendelse der arbeidstager risikerer å miste livet direkte, eller som følge av hendelsen.

3.4.2 Definisjon av arbeidsulykke

Arbeidsulykke er i folketrygdloven § 13-3 definert følgende: «Som arbeidsulykke regnes en plutselig eller uventet ytre hending som medlemmet har vært utsatt for i arbeidet. Som arbeidsulykke regnes også en konkret tidsbegrenset ytre hending som medfører en påkjenning eller belastning som er usedvanlig i forhold til det som er normalt i vedkommende arbeid» [65]. Slike ytre hendelser kan skyldes både menneskelig og teknisk svikt.

3.4.3 Historisk perspektiv

I et historisk perspektiv er personlig sikkerhet noe man gjenkjenner innenfor flere områder. Et eksempel som viser dette tydelig er krigføring. Hjelmer, skjold, rustninger eller polstret tøy er eksempler på tiltak for å redusere personlig risiko for død eller skade i kamper. Disse tiltakene ble noen ganger utført i egen regi, mens andre ganger var det staten eller hærleder som sto for sikkerhetsutrustningen. Man ser altså at personlig sikkerhet blir tildelt stort fokus også historisk. Grunnen til dette lå blant annet i egen interesse for å beskytte seg selv, samt at hærleder hadde høy egeninteresse i å beholde flest mulig av soldatene. Disse tiltakene ble derfor gjort etter subjektive verdier og normer, og ikke på grunn av regulerte lover og regler [63].

De første aktivitetene som sikret bedre arbeidsmiljøforhold, kom som følge av Taylorismen. Taylorismen kjennetegnes ved at planlegging og utførelsen skilles, slik at alt tankearbeid flyttes fra den enkelte arbeider til en planleggingsavdeling. Arbeiderne ble kontrollert og inspisert, og gjorde dermed kun det de ble instruert til. Denne metoden var dermed sentral innen masseproduksjonen og industrialisering [66]. Hensikten med denne type ledelse var å øke produksjonsevnen, men resulterte i mange tilfeller til bedring av arbeidsmiljøforhold blant annet ved bedre tilpasninger i menneske-maskin grensesnittet [63].

3.4.4 HMS

Forkortelsen HMS står for *helse, miljø og sikkerhet*. *Helse* omhandler både fysisk og psykisk helse. Fysisk helse omhandler de fysiske arbeidsforholdene arbeidstakerne blir utsatt for, mens psykisk helse omhandler de psykososiale arbeidsforholdene. En viktig betraktning er at psykososiale faktorer påvirker på den totale fysiske og psykiske helsen. Elementer ved det fysiske arbeidsmiljøet er ofte lettere observerbare eller målbare enn de psykiske. Av denne grunn er det også enklere å finne løsninger på slike problemer [63].

Miljø dreier seg om indre og ytre miljø, hvor indre miljø favner arbeidsmiljø. Arbeidsmiljø gjelder de omgivelser arbeidsoppgaver blir utført i, og gjelder både fysiske og psykiske elementer. Komplekse forhold mellom ulike faktorer utgjør arbeidsmiljøet. Et godt arbeidsmiljø kan derfor være vanskelig å fastslå fordi det består av komplekse forhold mellom ulike faktorer, men en generell retningslinje for godt arbeidsmiljø er at arbeidstakerne ikke utsettes for uønsket risiko eller helsefare. Ytre miljø gjelder for eksempel de påvirkningene miljøet får ved produksjon av materiell, forbruk eller avfallshåndtering [63].

Sikkerhet kan rettes mot flere forhold. Man har sikkerhet for mennesker og ytre miljø hvor man gjør tiltak og tilrettelegger arbeidet på en måte slik at mennesker og miljø ikke utsettes for unødig risiko. Sikkerhet for eget omdømme i næringslivet er et annet område, og handler i korte trekk om at virksomheter som får et negativt rykte i næringslivet kan bli betraktet som uønskede leverandører eller arbeidsgivere. Et godt rykte er derfor essensielt for å overleve i et konkurranseutsatt marked, og må ses på som et fortrinn i et større og langsiktig perspektiv [63].

3.4.5 SHA

Forkortelsen SHA står for sikkerhet, helse og arbeidsmiljø. SHA er sentralt i «byggherreforskriften», hvor forskriftens formål er å verne arbeidstakerne mot farer ved at det i forbindelse med planlegging, prosjektering og utførelse tas hensyn til sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- eller anleggsplassen [67].

3.4.6 SHA-plan

Før oppstart av anleggsarbeidet viser Byggherreforskriften at skal foreligge en SHA-plan som beskriver risikoforholdene i prosjektet. Planen skal beskrive hvordan disse risikoforholdene skal håndteres. Arbeidet med en SHA-plan begynner tidlig i planleggingen, og byggherren gjør risikovurderinger for å identifisere og fjerne flest mulige risikoelementer. På denne måte vil entreprenøren i anbudet kunne kalkulere inn de risikoreduserende tiltakene. Planen skal inneholde et organisasjonskart, en fremdriftsplan, aktuelle risikoreduserende tiltak og rutiner for avviksbehandling, og planen skal være tilgjengelig for alle de involverte [67].

3.4.7 Regelverk

Rammevilkårene for norske arbeidsplasser er arbeidsmiljøloven og en rekke arbeidsmiljøforskrifter. Disse rammene gir grunnlaget for hvordan arbeidstakerne skal ha det på arbeidsplassen.

Sentralt i HMS-regelverket er arbeidsmiljøloven, og denne gjelder for alle som sysselsetter arbeidstakere, unntatt innen sjøfart, fiske, fangst og militær luftfart hvor andre krav gjelder. Formålet ved arbeidsmiljøloven er å skape et godt arbeidsmiljø for arbeidstakere og dermed sikres god helse og utvikling [47].

I tillegg til arbeidsmiljøloven finnes en rekke forskrifter som utdyper bestemmelser gitt i arbeidsmiljøloven, og forskriftene er like bindende som loven selv. I arbeidsmiljøloven § 3-1 stilles det krav til systematisk helse, miljø og sikkerhetsarbeid, og internkontrollforskriften utdyper hvordan dette skal oppnås. Hensikten med internkontroll er å sikre at virksomheten har gode trygge rutiner, at arbeidsoppgaver blir fordelt riktig og at risiko eller feil oppdages i god tid. Ved slik gjennomføring vil man kunne identifisere viktige HMS-faktorer i en virksomhet, og dermed også identifisere potensielle forbedringer. Internkontroll er altså en kvalitetssikring, og dokumentasjon av tiltakene er et krav. Eksempelvis skal rutiner, avvik, risikofylte arbeidsoperasjoner og handlingsplaner dokumenteres [68].

3.4.8 Verktøy for kartlegging

Rapportering er et viktig verktøy i systematisk helse, miljø og sikkerhetsarbeid. Ved å rapportere om ulike hendelser kan man kartlegge dagens tilstand av HMS-arbeidet og historisk utvikling. Historikk vil

kunne identifisere svakheter ved det tidligere HMS-arbeidet, og dermed være et grunnlag for at fremtidige aktiviteter kan planlegges og utføres med større sikkerhet. Videre gjennomgås i korthet noen sentrale typer rapportering [63]:

Rapportering av uønskede hendelser (RUH)

RUH er rapportering av hendelser som gir eller kan gi skade på kategoriene; personer, miljø eller materiell. Hendelser klassifiseres etter alvorlighetsgrad innen områdene, og vil kunne gi et bilde av helhetsvirkningen av hendelsen.

Rapportering av avvik

Avviksrapportering dreier seg om aktiviteter som bryter med vedtatte lover, forskrifter, arbeidsreglement, prosedyrer, instrukser eller inngåtte avaler med mer.

Rapportering av nestenulykker

Rapportering av denne type hendelser er viktig for å gjøre forebyggende tiltak for å redusere mulige fremtidige hendelser.

3.4.9 Risikovurdering, risikohåndtering og SJA

Målsetningen med en risikovurdering er å unngå skader i forbindelse med arbeidsoppgaver. Risikovurdering inngår som nevnt i en SHA-plan og bør ifølge arbeidstilsynet gjøres ved å gjennomgå følgende punkter: [68]

- Hva kan gå galt?
- Hvor ofte kan det skje?
- Hva er konsekvensen hvis det skjer?
- Vurdering av risiko
- Hvordan redusere risikoen?
- Gjennomføre tiltak og ny gjennomgang

Etter risikovurderingen, må man beslutte hvordan man skal *håndtere* de identifiserte risikoene. Man kan håndtere risikoene ved å: [63]

- Unngå risiko
- Dele risiko
- Redusere risiko
- Akseptere risiko.

Ved gjennomføring av arbeidsoperasjoner som vil inneholde risikoelementer kan man anvende en sikker jobb analyse (SJA). Sikker jobb analyse gjelder for fremtidig planlagt arbeid, og er en systematisk sikkerhetsvurdering som gjør det enklere å gjennomføre arbeidsoperasjoner sikkert, effektivt og med redusert fare for skade på mennesker, miljø eller materiell. Risikoelementer ved arbeidsoperasjoner identifiseres, og tiltak for å eliminere eller redusere risikoen dokumenteres. En måte å unngå og/ eller redusere ulykkesrisiko er ved å benytte personlig eller kollektivt verneutstyr. Dette kan være fallsikring som rekkverk og seler, eller personlig utstyr som hjelm, vernesko og refleksvest [69].

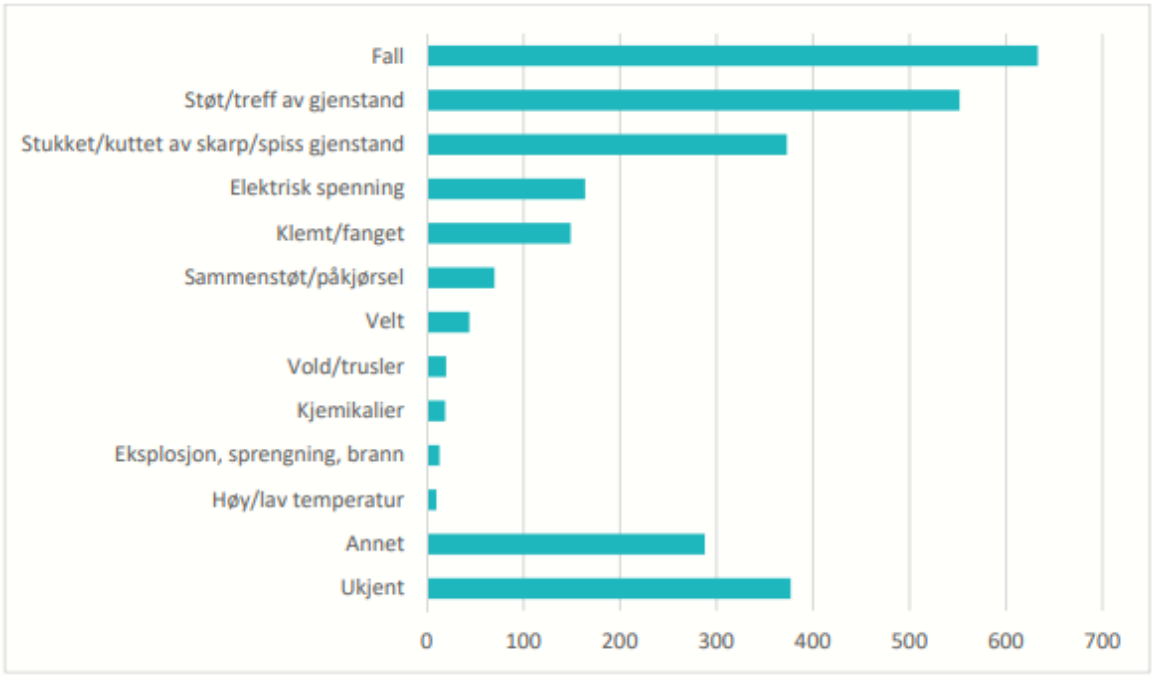
3.4.10 Risikofylt arbeid

Det er flere aktiviteter og arbeidsoppgaver innen bygge- og anleggsbransjen som innebærer varierende grad av ulykkesrisiko. Arbeidstilsynet nevner blant annet: arbeid i høyden, lasting og lossing, elementmontasje og bruk av kran som særlig risikofylte arbeidsoperasjoner [68].

I den tredje rapporten av «Helseproblemer og ulykker i bygg og anlegg» utarbeidet i et samarbeid mellom Arbeidstilsynet og Statens arbeidsmiljøinstitutt, er det laget en representativ liste for de syv hyppigste ulykkestypene når det gjelder *alvorlige ulykker*:

1) Fall fra tak/gulv/plattform
2) Fall fra stillas
3) Kontakt med fallende objekt
4) Kontakt med bevegelige deler på maskin
5) Truffet av objekter ved løfteoperasjoner
6) Fall fra stige
7) Fall fra høyde uten sikring

Listen er ikke representativ for dødsulykkene. Figur 3.9 viser en oversikt over arbeidsulykker i bygge- og anleggsnæringen som inntraff i 2016. Dette skadebildet er tilnærmet identisk med statistikken fra 2015 [4].



Figur 3.9: Meldte arbeidsulykker i bygge- og anleggsnæring, fordelt på skadetype [4]

3.5 Metode

Metode er måten man fremskaffer eller etterprøver informasjon på. Overordnet inndeles metode i henholdsvis kvantitativ metode og kvalitativ metode [70].

- Kvantitativ metode gir data i form av målbare enheter, som gir mulighet for å anvende statistiske metoder til å fremskaffe opplysninger om gjennomsnitt, median, prosentil, etc.
- De kvalitative metodene baserer seg på å innfange meninger og opplevelser som ikke kan tallfestes eller måles.

Undersøkelsesopplegget bør velges ut fra hva som passer best til den aktuelle problemstillingen. Valget av undersøkelsesdesignet vil være av stor betydning i forhold til undersøkelsens gyldighet og pålitelighet. Designet klassifiseres i to dimensjoner [71]:

1) Studiet går i bredden (ekstensiv) eller i dybden (intensiv)
2) Studiet er beskrivende eller forklarende (kausale)

Ekstensive undersøkelser er kjennetegnet ved at de går i bredden og undersøker mange enheter med få variabler. Er et forsøk på å få en presis beskrivelse av omfanget, utstrekningen og/eller hyppigheten av et fenomen, ifølge Jacobsen [71].

Intensive undersøkelser er dybdegående og nyanserte, der det studeres og analyseres relativt få enheter. Jacobsen mener at dette er årsak til at de er godt egnede for teoretisk generalisering. Man danner en generell teori om hvordan fenomener henger sammen ut fra et mindre antall observasjoner [71].

Der finnes to typiske undersøkelsesdesign; små-N-studier og Case-studie. Små-N-studier er kjennetegnet ved få respondenter, fem til ti enheter, som fra hver sin posisjon beskriver et fenomen. Dette medfører at man innhenter en detaljert beskrivelse av fenomenet. En svakhet er at generalisering kan være problematisk grunnet relativt få enheter. Case-studie utføres når et studieobjekt er avgrenset i tid og rom. Dette kan være en organisasjon, eller en spesiell hendelse. Case- studie er ikke relevant for denne oppgaven da små-N-studier er best egnet til å besvare forskerspørsmålet [71].

En beskrivende problemstilling impliserer et ønske om å skaffe oversikt over hvordan en situasjon eller en sammenheng er på et gitt tidspunkt, eller hvordan utvikling rundt et visst tema eller situasjon har vært og utviklet seg historisk. Denne type problemformulering vil tilstrebe å finne årsaker til hvorfor en hendelse er oppstått, og videre tilhørende årsakssammenhenger [71].

Både kvalitative og kvantitative orienterende metoder tilfører på hver sin måte kunnskap og informasjon om det emne som undersøkes [70]. Forskjellene mellom disse begrepene vises i tabell 3.2:

Kvantitativt orientert	**Kvalitativt orientert**
Presisjon - Få frem mest eksakt avspeiling av den kvantitative variasjonen	Følsomhet - Få frem best mulig gjengivelse av den kvalitative variasjonen
Bredde: - Innhente et lite antall opplysninger om mange undersøkelsesenheter	Dybde - Gå i dybden - Mange opplysninger om få undersøkelsesenheter
Det gjennomsnittlige - Få frem det som er felles, det representative	Det særegne - Få frem det som er spesielt, eventuelt avvikende
Systematisk - Spørreskjema med faste svaralternativer - Systematiske og strukturerte observasjoner	Fleksibilitet - Intervju preget av fleksibilitet uten faste svaralternativer - Ustrukturerte observasjoner
Fjernhet til feltet - Datainnsamling skjer uten direkte kontakt med feltet	Nærhet til feltet - Datainnsamlingen skjer i direkte kontakt med feltet
Deler - Data som samles inn, er knyttet til atskilte fenomener	Helhet - Data som samles inn, tar sikte på å få frem sammenheng og helhet
Forklaring - Fremstillingen tar sikte på å formidle forklaringer	Forståelse - Fremstillingen tar sikte på å formidle forståelse
Tilskuer - Forskeren ser fenomenet utenfra - Forskeren tilstreber nøytralitet og avstand	Deltager - Forskeren ser fenomenet innefra - Forskeren erkjenner påvirkninger og delaktighet
Jeg-det-forhold - Mellom forsker og undersøkelsespersoner er det et jeg-det-forhold	Jeg-du-forhold - Mellom forsker og undersøkelsesperson er det et jeg-du-forhold

Tabell 3.2: Kvantitative og kvalitative metoder [70]

I følge Jakobsen er det problemstillingen, eller forskerspørsmålet, som vil danne grunnlag og utgangspunkt for valg av metode. Metodevalg må gjøres på bakgrunn av hvilken type informasjon og data som er nødvendig for å besvare dette. Det skilles mellom to overordnede typer problemstillinger; testende og eksplorerende [71].

En testende problemstilling vil finne omfanget, utstrekningen og hyppigheten av et problem. Her er det interessant å undersøke mange enheter, det vil si at man går i bredden. Dette medfører at metoden undersøker få nyanser. Til denne type problemstilling er en kvantitativ tilnærming anbefalt [71].

Til en eksplorerende problemstilling vil Jacobsen anbefale bruk av kvalitativ metode. Denne metodeformen undersøker særegne data dyptgående, og den vil være følsom når det kommer til gjengivelse av innhold. Det er ønskelig å konkretisere fenomenet for å forstå det bedre og avdekke ny kunnskap. Kvalitativ metode kjennetegnes ofte ved at det undersøkes få enheter, der målet er å få frem mange nyanser i form av kvalitative data [71].

Ifølge Jacobsen, bør en problemstilling være spennende, enkel og fruktbar. Det vil si at resultatet ikke er kjent når man begynner arbeidet med oppgaven. Problemstillingen bør være mulig å svare på, samt mulig å undersøke empirisk og tilføre ny kunnskap [71].

Problemstillingen i denne oppgaven vil være forskerspørsmålet som presenteres i kapittel fire. Dette spørsmålet søker svar på praktiske og erfaringsbaserte forhold, og forkunnskapene om emnet er begrenset.

Kvalitativ tilnærming inneholder flere undermetoder. Disse innhenter primærdata på følgende måter:

- Intervju
- Gruppeintervju
- Observasjon
- Dokumentundersøkelse (ikke anvendt i denne oppgaven)

Disse fire operasjonene har hver sin kvalitet og pålitelighet i en datainnsamling. Det viktig å være klar over hvilke og hvordan man gjennomfører disse på rett måte [71].

3.5.1 Individuelt intervju

Før intervjuet bør følgende vurderes

Formen av intervjuet spenner over lukket til åpent, og med det menes hvilken strukturingsgrad intervjuet foregår under. Et redskap til dette er å benytte en intervjuguide som kan ha en lav til middels, eller en sterkt strukturert utforming. Her må man vurdere hvilke styrker og svakheter de enkelte strukturingsgrader inneholder, og hvilke data som skal innsamles [71].

Deretter må man vurdere hvilken kontekst intervjuet skal foregå i. Er det en kjent plass for intervjuobjektet, offentlig eller en privat setting. Kort oppsummert kan dette refereres til som kunstig eller naturlig kontekst. Dette kan innvirke på troverdigheten på dataen som innsamles, og må overveies før intervjuet begynner. En naturlig kontekst vil medvirke til at objektet vil føle seg trygg under intervjuet. Dette kan resultere i at dataen som innhentes er annerledes sammenlignet med et intervju som er utført i en kunstig setting [71].

Varigheten av intervjuet anbefales fra en til to timer. I denne tidsperiode er det mulig å komme under huden på respondenten, på denne måten graver intervjuet dypt innen temaene og når inn til sakens kjerne. Det er ønskelig å innhente detaljerte opplysninger med høyst mulig grad av ærlighet og troverdighet. I tilfelle et intervju gjentas er det erfart at det vil oppnås bedre fortrolighet og dermed mulighet for å utdype forklaringer og meninger som kom frem under første intervju. Kontakten er allerede opprettet fra før, dermed kan intervjueren og intervjuobjektet i større grad kan bruke tid på følsomme og detaljerte data, fremfor den mindre viktige innledende samtalen [71].

Utførelse av intervjuet

Innledningsvis i intervjuet introduseres deltakerne for hverandre, og undersøkelsen presenteres på nytt. Videre foretas en avstemning av forventninger. Det er hensiktsmessig å begynne med enkle generelle spørsmål, og derfra jobbe seg gradvis mot dybden av intervjuet. Som intervjuer bør en innta en lyttende posisjon både mentalt og fysisk, og prøve å skape en atmosfære av forståelse. Det er viktig å gi bekreftende og anerkjennende signaler til informanten underveis, slik at samtalen stimuleres. I tillegg kan det virke positivt å ta notater når poenger og viktige detaljer kommer frem. Videre er det viktig å grave dypere dersom det som sies er uklart eller er særlig interessant [71].

3.5.2 Gruppeintervju

Når det er flere intervjuobjekter tilstede samtidig kan intervjuet bli en blandingsform mellom tradisjonelt intervju og en form for debatt. Gruppeintervjuet egner seg best når det er relativt avgrensede temaer som diskuteres. Hvis temaet blir for åpent kan det fravike temaets kjerne for mye, slik at intervjuet blir vanskelig å analysere. Gruppeintervjuet er best egnet når man ønsker å undersøke personers erfaringer. Dette kommer blant annet av at det er typisk for mennesker å ikke tenke nøye igjennom hva som skjer under en hendelse. Her kan diskusjonen føre til at intervjuobjektene starter en tankeprosess og bearbeider sine egne erfaringer i løpet av intervjuet. Når man hører på andres erfaringer og formuleringer kan dette hjelpe øvrige deltagere til å forstå sammenhengen bedre [71].

Utførelsen av intervjuet har forøvrig mange fellestrekk med individuelt intervju, som er beskrevet over.

3.5.3 Utvelgelse av enheter for intervju

Utvelgelse av enheter som inngår i en undersøkelse har betydning for påliteligheten og troverdigheten, og det er flere faktorer spiller inn. Det er av betydning å skille mellom respondenter og informanter. En respondent har selv opplevd det som ønskes undersøkt, mens en informant ikke har opplevd det selv, men har kunnskap om emnet. For utvelgelse av enheter kan dette skje ut i fra flere kriterier [71]:

- Tilfeldig utvalg
- Utvalg for å få mest mulig bredde
- Utvalg for å få best mulig informasjon
- Utvalg for å få tak i det typiske
- Utvalg for å få tak i det ekstreme
- Snøballmetoden (Dynamisk utvelgelse i takt med undersøkelsen utføres)

Utvelgelseskriteriene må baseres på undersøkelsens problemformulering. Søkes det eksempelvis svar på en generell oppfatning, bør utvelgelse skje med fokus på bredde og variasjon. Er undersøkelsens mål å teste en allerede eksisterende oppfatning, bør det velges et ekstremt tilfelle. Jacobsen peker på at nettopp i utvelgelsesfasen kan fleksibiliteten i den kvalitative metoden utnyttes fullt ut. Det er mulig å tilpasse og endre utvalget underveis som undersøkelsen skrider frem, slik at når det innsamles informasjon vil dette gi en større forståelse for emnet. Videre vil dette tydeliggjøre om utvalget er dekkende, eller om det må utvides for å gi et svar på problemformuleringen [71].

Vurdering av kvaliteten på en kilde er sentralt i en undersøkelse. Dette er knyttet til en vurdering av hvilken kunnskap og kompetanse en kilde innehar. Troverdigheten må vurderes, dersom det finnes interessekonflikter må kilden tolkes med forsiktighet [71].

3.5.4 Observasjon

Egner seg til å registrere menneskers adferd, hva de rent faktisk gjør, og ikke hva de sier at de gjør. Dette utføres innenfor den kontekst som er relevant for problemstillingen, og kan dokumenteres med video eller notater. Det er av stor betydning å overveie hvordan man utfører en observasjon, er man deltakende eller ikke-deltakende observatør. Er det kjent for gitt gruppe at de blir observert? Det er velkjent at mennesker endrer atferd når de er bevisste på at andres øyne er rettet mot dem. Derfor må man vurdere reliabiliteten av observasjon som metode nøye. En skjult observasjon ansees av mange at være den mest pålitelige [71].

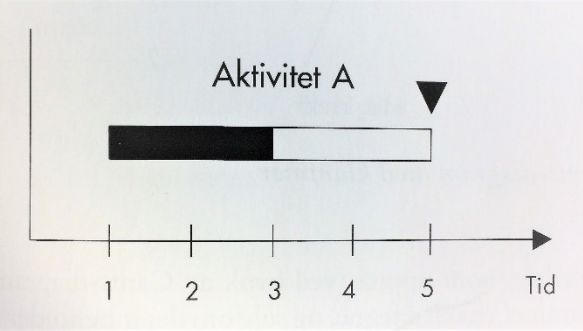
3.5.5 Litteraturstudier

En mye brukt metode for innhenting av grunnleggende data som ikke omhandler selve casen til forskerspørsmålet. Her finner man ofte sekundærdata, hvilket er informasjon som allerede er tolket og prosessert av en forfatter. Det er altså avgjørende at litteraturen som studeres blir nøye vurdert i forhold til troverdighet og opphav. Forfatterens rolle og habilitet i forhold til temaet hva litteraturen omhandler bør også kartlegges.

3.5.6 Gantt-diagram

For å sammenligne fremdriften i de to byggemåtene, vil resultatet av analysen av innsamlede data rundt dette temaet vises i to fremdriftsplaner. Dette blir presentert ved bruk av Gantt-diagrammer.

Gantt-diagram er en kjent og utbredt metode for planlegging av prosjektarbeid. Diagrammet egner seg for å visualisere fremdriften for et prosjekt hvor planlagt aktivitet settes opp mot planlagt varighet. Diagrammet er enkelt å forstå og gir et godt visuelt overblikk over alle aktivitetene i prosjektet. Et Gantt-diagram fremstilles ofte med horisontale søyler. Figur 3.10 viser at aktivitet A starter ved tidspunkt 1, og skal være ferdig ved tidspunkt 5. Den delen av søylen som er sort viser faktisk fremdrift, mens den delen som er hvit viser gjenstående tid av planlagt varighet. Fullført arbeid er i dette eksempelet altså 50% [72].



Figur 3.10: Eksempel på Gantt-diagram vist med en enkel søyle [3]

3.5.7 HAZOP

For å analysere de data som har blitt innsamlet i forhold til ulykkesrisiko i aktuelle aktiviteter, blir HAZOP benyttet som metode. Dette på bakgrunn av anbefaling fra professor Tom Lassen ved UiA. HAZOP er en forkortelse for «Hazard and Operatbility study» (heretter kalt HAZOP). I følge Rausland og Haugen er denne formen for studie «en strukturert og systematisk undersøkelse av en planlagt eller eksisterende prosess eller operasjon for å identifisere og evaluere problemer som kan representere risiko til personell eller utstyr, eller forhindre effektivitet i operasjonen» [73]. Videre viser en slik studie følgeeffekten dette kan ha på anlegget eller prosessen som et hele [74]. HAZOP er en kvalitativ metode der det benyttes en teknikk som er basert på et predefinert sett med «guide-words» (heretter kalt nøkkelord), og optimalt sett skal utføres av et flerfaglig team. Følgelig er godt samarbeid og god gruppedynamikk en forutsetning for en vellykket analyse, her hviler mye av ansvaret på gruppelederen. Metoden er originalt utviklet til å implementeres i planleggingsfasen, men har også vist seg å fungere godt til pågående prosesser [75].

HAZOP kan benyttes innenfor mange ulike områder, da metoden har vist seg vellykket til å oppdage operasjonelle problemer i tillegg til risiko og farer. Originalt er metoden utviklet for kjemisk prosessindustri som håndterte farlig materiale for å forhindre store uønskede ulykkessituasjoner [74].

Formålet med en HAZOP er å identifisere alle avvik fra hvordan et system er tiltenkt å fungere. Herunder inngår å finne årsaken til avvikene, og hvilke konsekvenser et avvik kan føre til i form av farer, potensiell risiko og operasjonsproblemer. Når et avvik er identifisert må man vurdere om det er nødvendig å iverksette tiltak for å kontrollere tilhørende konsekvens(er). Videre må man finne ut hvilke scenarioer det ikke er mulig å beslutte løsninger på umiddelbart, og deretter kartlegge behovet for nødvendig informasjon. Til slutt må utførende av studiet sørge for at beslutninger blir fulgt opp, og at involvert personell har tilstrekkelig informasjon [73].

Det finnes ulike typer HAZOP, hvor fire av de mest brukte er listet opp under:

- Prosess-HAZOP
- Menneskelig-HAZOP
- Prosedyre-HAZOP
- Software-HAZOP

I denne rapporten er det prosedyre-HAZOP som er aktuelt å utdype. I en prosedyrestudie ser man på en planlagt eller pågående aktivitet. Målet er å kartlegge årsaker til problemer knyttet til operasjoner, kvalitet eller forsinkelser, og eventuelle farer knyttet til aktiviteten. Dette kan gjøres for

alle sekvenser i en aktivitet, og i analysen inngår både menneskelig svikt og feil som kan oppstå med maskiner og annet tilhørende utstyr. Metoden kan gi en fleksibel tilnærming dersom nøkkelordene blir korrekt benyttet. [73].

Fremgangsmåte

Det første punktet er å bryte ned prosessen som skal analyseres i hensiktsmessige deler og definere intensjonen med hver del. Videre må man definere gjeldene rammefaktorer for aktuell prosess. Deretter kobles nøkkelord med aktiviteter (intensjoner og rammefaktorer), dette gjøres ofte skjematisk. Ut ifra de aktuelle koblinger utfører teamet brainstorming for å identifisere mulige utfall [73]. Fremgangsmåte er vist skjematisk i figur 3.11.

Figur 3.11: Fremgangsmåte HAZOP

Videre blir disse punktene gjennomgått i tråd med presentasjon gitt av Rausand og Haugen [73]:

1. **Planlegging og forberedelse**
   Det første som må gjøres er å etablere gruppen og delegere roller. Den viktigste rollen som besettes er gruppelederen, vedkommende bør være erfaren og habil i forhold til prosjektet. Videre er neste punkt å innhente relevant informasjon, dette være seg fremdriftsplaner, arbeidstegninger, HMS- planer etc. Neste punkt blir å splitte opp systemet i objekter som skal analyseres. Her bør optimalt (planlagt) hendelsesforløp for aktuell aktivitet defineres. Eksempel på aktivitet og skjema som benyttes er vist i figur 3.12

Study object: Filling a bucket with water
Reference:
Date: 2010-12-20
Name: Marvin Rausand

No.	Study node	Guide word	Deviation	Possible causes	Possible consequences	Existing barriers	Risk			Proposed improvements	Responsible	Comments
							Freq.	Sev.	RPN			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
1	Faucet (flow)	No	No flow	Faucet is closed	No water in bucket	No	1	1	2			
2		More	More flow	Faucet is opened too much or too fast	The bucket fills up too fast. Risk of splashing around the bucket	Visual inspection	2	2	4	More attention when filling the bucket		
3		Less	Less flow	Faucet is not sufficiently open	The bucket is filled too slowly	Visual inspection	2	1	3			
4		Part of	Part of flow	Failure in faucet such that cold or hot water is prevented from flowing	Water in the bucket is either too cold or too hot	Periodic control maintenance	3	2	5	Check with finger (carefully)		
5		Other than	Other than flow	Air in water produces pressure shocks	Splashing around the bucket, slow filling	No	1	3	4			
6	Faucet (temperature)	More	High temperature	Faucet is adjusted to too high a temperature	Too hot water in the bucket; burning risk	No	2	3	5	Check with finger (carefully)		
7		Less	Low temperature	Faucet is adjusted to too low a temperature	Too cold water in the bucket	No	2	1	3	Check with finger (carefully)		

Figur 3.12: Skjematisk oppsett HAZOP [2]

2. Identifisere mulige avvik

Gruppen må først bli enige om analyseobjektet, hvilke(n) tilhørende aktivitet(er) som skal analyseres, hva denne skal oppnå og hvordan denne skal utføres i henhold til plan.
Videre knyttes ulike nøkkelord og kombinasjoner av disse til den aktuelle aktiviteten for å lede gruppen til mulige forslag til avvik. Avvik er definert som noe uønsket som kan oppstå i forhold til ønsket resultat. Eksempler på ofte brukte nøkkelord og deres betydning vises i tabell 3.3 (disse er oversatt til norsk av forfatter).

Nøkkelord	**Betydning**
Uklar(t)	Prosedyre skrevet på forvirrende og tvetydig måte
Steg i feil retning	Prosedyre vil føre til handlinger som går utenom korrekt sekvens, eller fører til gjennopprettingsfeil
Feil handling	Prosedyre som er angitt blir utført feil
Ukorrekt informasjon	Informasjon som blir sjekket før handling er feil angitt
Utelatt steg	Steg i aktivitet eller prosedyre som blir utelatt, eller trinn som er for stort og krever for mye av utførende
Mislykket steg	Steg som mest sannsynlig mislykkes grunnet krav til utførende
Forstyrrende effekter fra andre	Kvalitet på utførelse vil bli påvirket av annet personell som utfører lignende oppgaver samtidig (ofte i samme lokasjon).
Tid	For tidlig, for sent
Sekvens	Feil sekvens, utelatelser, feil handling
Prosedyre	Ikke tilgjengelig, ikke anvendelig, ikke fulgt
Måling	Instrument feil, observasjonsfeil
Organisering	Uklar ansvarsfordeling, utførende ikke skikket til formål
Kommunikasjon	Feil på utstyr, ukorrekt/ utilstrekkelig informasjon
Personell	Manglende kompetanse, for få, for mange
Posisjon	Feil posisjon, bevegelse som overstiger toleranse
Kraft	Helt, eller delvis kraftavbrudd
Vær	Over grenseverdier- fører til forsinket operasjon

Tabell 3.3: Oversikt over nøkkelord og betydning [67]

3. **Identifisere mulige årsaker til avvik**
   For hvert avvik som blir foreslått er det viktig å definere årsaken til avviket. Dette skal føres inn i kolonne fem i skjemaet.
4. **Bestemme konsekvenser av avvik**
   Mulige konsekvenser av avviket bestemmes, og det bør være en viss kredibilitet i sammenheng mellom årsak og konsekvens. Dette føres i kolonne seks i skjemaet.
5. **Definere eksisterende barrierer/ sikringstiltak**
   Før gruppen kan foreslå mulige relevante tiltak, må eksisterende sikringstiltak som allerede er implementert på anleggsområdet eller i prosessen identifiseres. Dette føres i kolonne syv i skjemaet.
6. **Vurdere risiko**
   Under dette punktet blir risiko til hvert avvik evaluert etter følgende tre kriterier; Frekvens, alvorlighetsgrad og prioritet. Tallverdi for frekvens og alvorlighetsgrad velges ut i fra matrisen som er vist i figur 3.13, og føres inn i kolonne åtte og ni i skjemaet. Videre vil summen av disse to verdiene føres i kolonne nummer ti som angir risikoens prioritet.

Probability/ Consequence	1 Improbable	2 Remote	3 Possible	4 Occasional	5 Fairly normal
5 Catastrophic	6	7	8	9	10
4 Severe loss	5	6	7	8	9
3 Major damage	4	5	6	7	8
2 Damage	3	4	5	6	7
1 Minor damage	2	3	4	5	6

Figur 3.13: Risiko matrise [2]

7. **Foreslå tiltak**
   Foreslå mulige tiltak som kan forhindre eller begrense konsekvenser og skadeomfang. Dette føres i kolonne nummer 11. Videre skal navn på ansvarlig for oppfølging av tiltak føres i kolonne 12, og eventuelle kommentarer til dette i kolonne 13. Dette er et av de viktigste punktene i en HAZOP- analyse, og danner grunnlaget for hovedinnholdet i HAZOP-rapporten.
8. **Levere rapport fra analysen**
   En HAZOP kan være en veldig tidkrevende prosess, og rapporten inneholder derfor ofte kun potensielle problemer for å unngå repetisjon. For øvrig bør rapporten inneholde en tabell som viser de avvik som er funnet i analysen, og videre bør de avvik som har høyest risiko og anses som mest aktuelle utheves. Det bør legges ved en kommentar som sier noe om hvordan dette avviket kan oppdages og/eller forhindres.

3.5.8 Feilkilder ved metoder

Under gjennomføring av *intervju* er en vanlig feilkilde at intervjuer ubevisst stiller ledende spørsmål, basert på egne forutinntatte oppfatninger. Dette kan påvirke responsen intervjuobjektet gir. Videre kan det være en svakhet at det kun er en intervjuer tilstede, da dette kan gjøre det utfordrende å validere alt som har blitt sagt.

Åpne intervjuer følger loven om gradvis avtakende informasjon. Med dette menes at informasjonen som innhentes i de første intervjuer ofte vil være stor, men gradvis vil informasjon avta og nå et metningspunkt etter hvert som flere intervjuer blir utført. Hvis ikke antallet av intervjuer er høyt nok, eller hvis utvalget er har mangler, vil det ikke oppnås et metningspunkt. Det vil si at det mangler informasjon i undersøkelsen. Dette kan være en potensiell feilkilde [71].

Feilkilder kan oppstå under utførelsen av intervjuene. Fysisk tilstedeværelse kan bety at respondenten opptrer unormalt. Dette fordi intervjuobjektet kan tilpasse seg intervjuerens gestikulasjoner og fremtoning, og la dette påvirke svarene som avgis. En annen feilkilde er at intervjuobjektet ikke føler seg komfortabel, eller kjeder seg. Dette kan føre til at intervjueren blir presset og dermed forsøker å tilfredsstille intervjuobjektet med noe oppfinnsomt. Begge tilfeller kan medføre avvik [71].

Jacobsen beskriver feilkilder i prosessen med utvelgelse av personer som skal inngå i utvalg. Valg av kriterier for utvelgelse av enheter, har hver sin styrke og svakhet. Denne oppgaven tar utgangspunkt i utvelgelseskriterier som kombinerer ulike metoder, herunder bredde, variasjon, informasjon, det typiske og snøballmetoden. Ved kombinasjon av disse er det mulig å få et godt utvalg, dersom det følges visse retningslinjer: [71]

- Bestemme antall personer som skal med i undersøkelsen
- Foreta et tilfeldig utvalg av det antallet du har bestemt deg for
- Kritisk gjennomgang av de tilfeldig utvalgte personene, og vurdere om det er noen som mangler
- Sette av tid til ytterligere intervjuer etter tips som mottas underveis. Her benyttes fordelen av snøballmetoden

Det er ønskelig å oppnå god bredde og spredning i utvalget, og hvis ikke dette lykkes i tilstrekkelig grad kan det føre til at undersøkelsen kan bli ensporet. Dette kan føre til at det ikke gis svar på hva som er typisk for hele populasjonen. I utvelgelsesfasen kan det også oppstå utfordringer i forbindelse med at de som velger ut enhetene har en uriktig oppfatning av det aktuelle temaet. Hvis ikke undersøkerens oppfatning stemmer overens med det som faktisk er typisk, kan dette medføre at utvalget blir smalt eller skjevt. Utvelgelsen av enheter bør vurderes nøye og dersom dette ikke gjøres tilstrekkelig kan det føre til flere feilkilder. Blant annet kan det bli mangel på førstehåndskilder, og at utvalget dermed utelukkende kommer til å bestå av andrehånds- eller tredjehåndskilder [71].

Snøballmetoden gir en fleksibel tilnærming av utvelgelsen, og kan være en god metode til å oppspore kontakter i en ellers ukjent populasjon. Dog er det svakheter ved metoden som betyr at det ikke finnes garanti for at det innhentes brukbare data. I verste fall kan dette bety at man ender i et blindspor, og må begynne på nytt [71].

En feilkilde ved *casestudier* er relevansen til aktuelt case, der utfordringen er at man på bakgrunn av studier av én enhet skal trekke generelle slutninger [76]. Desto grundigere et case blir studert, desto vanskeligere vil det være å generalisere resultatet [77].

En typisk feilkilde for *litteraturstudier* er valg av søkemotor, samt hvilke(t) søkeord som blir benyttet. Valg av søkeord er ofte begrenset til forfatterens kunnskaper på søketidspunktet. Mange pensumbøker er sekundærlitteratur, det vil si kunnskapsoppsummering av primærstudier [70]. Følgelig vil ukritisk bruk av lærebøker også kunne bidra til usikkerhet i datainnsamlingen. Videre er gjennomgangen av innhentet litteratur også en kilde til feil, da grundigheten i studiet kan variere grunnet mange ytre årsaker.

Bruk av *Gantt-diagrammer* har blitt kritisert for vanskelig å kunne håndtere komplekse og uforutsigbare prosjekter, samt at planen kan ha en tendens til å bli utdatert tidlig i prosjektet. Gantt-diagrammet viser heller ikke avhengighetsforholdene mellom aktivitetene i prosjektet, og er derfor mindre brukbar for praktisk prosjektstyring [53].

Det er mange potensielle feilkilder knyttet til *HAZOP-analyse*. Ifølge en artikkel skrevet av Paul Baybutt er de vanligste svakhetene med analysen: [78]

- Menneskelige faktorer
- Strukturelle faktorer
- Svakheter knyttet til avvik i analysen
- Svakheter knyttet til anvendte nøkkelord
- Svakheter knyttet til initierende hendelser
- Svakheter knyttet til mulig operasjonsscenarioer
- Menneskelige faktorer

En svakhet er blant annet bruken av brainstorming og ideutveksling i plenum. Dette kan føre til at enkelte scenarioer ikke kommer frem fordi medlemmene i HAZOP- teamet ikke gis mulighet til å reflektere i enerom. Videre har dynamikken i gruppen stor innvirkning på prosessen, og gruppelederens lederstil kan også være medvirkende til å styre resultatet i både positiv og negativ retning [78].

Strukturelle faktorer

Det hevdes at metodens formelle struktur kan skape en følelse av at analysen som utføres er grundigere og mer utfyllende enn hva som er realiteten. Dette kan føre til at enkelte scenarioer blir utelatt. HAZOP vil av natur kreve en høy grad av grundighet og detaljnivå i analysene, som gir en risiko for at analysen blir ufullstendig. Det nevnes også at metoden er tidkrevende, noe som kan føre til redusert interesse og innsats i teamet [78].

Svakheter knyttet til avvik i analysen

Avvik som blir oppdaget ut i fra kombinasjonen av et eller flere nøkkelord og tilhørende parameter i analysen, vil ofte bli dedusert til å kun resultere i ett mulig utfall. Dette kan begrense utfallet, siden en kombinasjon potensielt kan lede til flere mulige utfall [78].

Svakheter knyttet til anvendte nøkkelord

Det faste settet med nøkkelord må i noen tilfeller tilpasses parametere for å gi en korrekt og logisk mening. Videre er ordlyden av en kombinasjon ofte avgjørende for hvilke eller hvor mange avvik som kan bli funnet [78].

Svakheter knyttet til initierende hendelser

HAZOP gir ingen veiledning når det kommer til å identifisere initierende hendelser. Det er opp til teamet å finne troverdige kilder til avvik gjennom idémyldring og brainstorming. Det hevdes at en strengere metodikk må på plass for å fange opp helheten i potensielle scenarioer [78].

Svakheter knyttet til mulig operasjons scenarioer

Det kan være vanskelig å skille ut avvik i operasjonsscenarioer som innebærer fare, og avvik som ikke innebærer fare, da dette ofte ikke viser seg før årsakene er funnet. Dersom et team kun skal identifisere faremomenter vil metoden kunne føre til unødig høy tidsbruk. Videre kan farer knyttet til operasjonsscenarioer falle utenfor de predefinerte rammene, og dermed ikke bli fanget opp av analysen [78].

4 Forskerspørsmål

Utarbeidelse og formulering av forskerspørsmålet har vært en tidkrevende og omfattende prosess, som har medført kontinuerlige omskrivninger og endringer i oppgavens rammefaktorer og parametere. Denne prosessen er beskrevet mer detaljert i kapittel 6.1.

Under utarbeidelse av forskerspørsmålet er det blant annet gjennomført flere møter med veiledere, diskusjoner, idemyldring og brainstorming. I oppstartsfasen var aktuelle temaer å fordype oppgaven i: HMS, økonomi og miljø. Etter videre diskusjon med oppdragsgiver og litteraturstudier ble også fremdrift og ulykkesrisiko vurdert som aktuelle. Gruppen har deltatt på industriworkshop i regi av samarbeidet mellom UiA og NV. Forslag til forskerspørsmål ble diskutert med følgende fire fagutvalg:

- Industrialisering- og prefabrikkering
- Miljø og klima
- Digitalisering
- Gjennomføringsmodeller

Etter ytterligere møter med både intern og ekstern veileder ble endelig forskerspørsmål utarbeidet:

Hvordan vil byggeprosessen påvirkes med hensyn på fremdrift og ulykkesrisiko, når en bro bygges med prefabrikkerte betongelementer kontra plasstøpt betong?

Operasjonelle underspørsmål i henhold til forskerspørsmålet:

1) **Hvordan er fremdrift og ulykkesrisiko for byggeprosessen avhengig av byggemåte?**
2) **Hvordan vil de to ulike byggemetodene innvirke på fremdrift for brooverbygningen?**
3) **Hvilken byggemåte innebærer høyest ulykkesrisiko under oppføring av brooverbygningen?**

4.1 Avgrensninger

Overordnede avgrensninger

- Byggeprosessens varighet er fra oppstart av prosjekt til brokonstruksjonen er ferdig bygd
- Aktuelle broer i denne oppgaven ligger i linjen eller over ny firefelts motorvei med fartsgrense 110km/t
- Lokasjon for aktuelle broer i denne oppgaven er Nye Veier AS sitt prosjekt på E18 fra Tvedestrand til Arendal
- Broene har spennlengder på under 30 meter
- Utførende entreprenør for aktuelle broprosjekter er Kruse Smith AS
- Da prosjektet utføres i jomfruelig terreng er belastning for passerende trafikk minimal, og blir ikke forsket på

På bakgrunn av rammefaktorene for denne oppgaven er forskerspørsmålet avgrenset til å gjelde parameterne fremdrift og ulykkesrisiko i byggeprosessene. Miljøperspektivet anses som et stort og meget viktig tema, men på bakgrunn av en totalvurdering i samråd med fagutvalgene og ekstern veileder er miljøperspektivet i denne oppgaven ikke vektlagt. Ved å avgrense oppgaven til temaene fremdrift og ulykkesrisiko vil disse to temaene kunne vektes tyngre, og dermed bli besvart med grundigere dokumentasjon. Det tydeliggjøres at andre bacheloroppgaver innenfor

satsningsområdene i samarbeidet mellom UiA og NV tar for seg miljø- og klimaperspektiv i større grad.

Fremdrift er et omfattende tema som strekker seg over hele prosjektets levetid, og ulykkesrisiko er et tema som er aktuelt i hele og/eller deler av byggeprosessene. For å skape en viss struktur i forhold til metodene som er valgt, er det satt ulike avgrensninger for ulike deler av oppgaven.

For å svare på *underspørsmål én* benyttes kvalitative intervjuer, her vil det forskes på fremdrift og ulykkesrisiko for hele byggeprosessen. For å finne relevante data knyttet til ulykkesrisiko er det tatt utgangspunkt i HMS-arbeid i tilknytning til byggeprosessen. Med HMS-arbeid menes i denne sammenheng det arbeidet arbeidsgiver utfører i forkant og under drift av anleggsområdet. Herunder kommer pålagte krav fra myndigheter, og tiltak arbeidsgiver selv har iverksatt. At hele byggeprosessen blir vurdert i denne sammenheng vil gi en dypere og mer helhetlig forståelse av et broprosjekt i sin helhet, samt en god oppfatning av bransjens synspunkt om emnet.

For å svare på *underspørsmål to* er denne delen av oppgaven avgrenset til å kun forske på og måle de aktiviteter som utføres i forbindelse med oppføring av brooverbygningen. Dette skyldes at det er her forskjellen i utførende aktiviteter vil oppstå. Videre forutsettes det at geografiske og topografiske forhold rundt broens anleggsområde muliggjør bruk av prefab. Broen skal uavhengig av byggemåte tilfredsstille samme funksjonskrav. Som nevnt i teorikapittelet er det aktiviteter i byggefasen som er felles for begge byggemåter frem til konstruksjonen når et visst nivå. Disse og relevante tilhørende oppgaver, eksempelvis planlegging, prosjektering, transport og off-site produksjon, vil være tema i de kvalitative intervjuene. Avgrensningen er gjort på bakgrunn av blant annet tidsbegrensninger og mangel på konkrete sammenlignbare prosjekter på angitte strekning. For å få et sammenlignbart og konkret tallfestet resultat for fremdrift, fremstilles resultatet i et Gantt-diagram.

For å svare på *underspørsmål tre* benyttes HAZOP-analyse. I forbindelse med ulykkesrisiko under oppføring av brooverbygning vil denne oppgaven fokusere på fysisk helse og sikkerhet for mennesker i forbindelse med tilhørende aktiviteter. Det vil bli utført HAZOP-analyse under de samme forutsetninger og avgrensninger som er definert for *underspørsmål to,* av samme årsaker.

5 Case

Bacheloroppgaven omhandler byggeprosessen for broer som inngår i nye nasjonale hovedveier, og hvilke forskjeller som oppstår i prosessene dersom disse bygges med plasstøpt betong kontra prefabrikkerte elementer. Oppgaven er delt inn i to hoveddeler for å kunne gi et mest mulig relevant svar på oppgaven:

Del 1: Kvalitative intervjuer

- Datainnsamling gjennom kvalitative intervjuer med representanter fra bygg- og anleggsbransjen
- Analyse av intervjuresultatene

Del 2: Analyse av fremdrift og ulykkesrisiko i forbindelse med brooverbygning

- Kartlegging og utvelgelse av aktiviteter
- Ekskursjon og observasjon
- Datainnsamling i form av skriftlig materiell
- Behandling og analyse av datagrunnlag og informasjon for byggemåtene gjennom Gantt-diagram og HAZOP-analyse

I del én av oppgaven skal kvalitative intervjuer utføres som en undersøkelse blant relevant personell med ulike posisjoner i bygge- og anleggsbransjen. Hensikten med intervjuene er å få frem ulike oppfatninger rundt hvilke faktorer som har betydning for valg av byggemåte, og hvilke forskjeller som vil prege byggeprosessen dersom man velger en byggemåte fremfor den andre. I denne delen av undersøkelsen vil det fokuseres på *hele byggeprosessen*. Resultatene fra intervjuene skal sammenfattes og summeres opp i ulike kategorier. Dette skal være med på å belyse ulike sider av konklusjonen.

For del to av oppgaven er byggeprosessen avgrenset til kun å gjelde oppføring av brooverbygning. For å sette opp et Gantt-diagram og utføre HAZOP-analyse er det nødvendige å kartlegge de ulike aktivitetene for hver byggemåte. Dette er nødvendig for å danne et bilde av sammenligningsgrunnlaget, samt for å definere avgrensninger for analysene.

I denne delen er datainnsamling av skriftlig materiell en stor og omfattende del. Her er målet å innhente økonomiske kalkulasjoner, beregninger og fremdriftsplaner for flere broprosjekter på *Strekningen* for å danne et grunnlag for utarbeidelse av Gantt-diagram. Denne informasjon kan også benyttes under HAZOP-analysene.

For å utarbeide relevante HAZOP-analyser behøves informasjon rundt risikovurderinger og ulykkesstatistikker knyttet til byggeprosessene. Herunder inngår også materiell knyttet til prosjektets HMS-arbeid, som SJA-skjemaer og RUH-statistikker.

Til slutt vil resultatene av de overnevnte undersøkelser sammenfattes, før de blir diskutert i forhold til hverandre, forskerspørsmålet, teorikapittelet og feilkilder.

6 Metode

6.1 Innledning

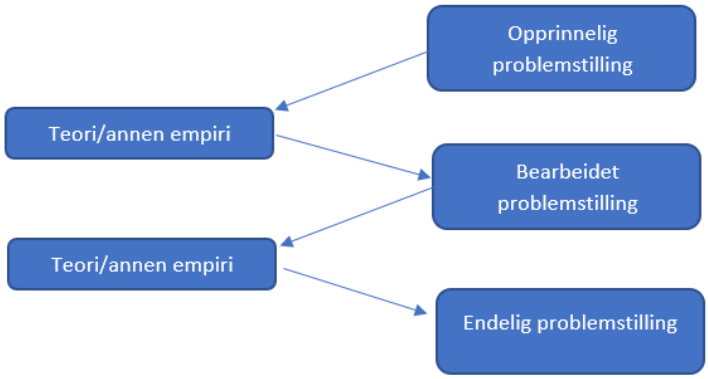
Oppgavens forskerspørsmål er forsøkt besvart ved å innhente kunnskap og informasjon fra flere forskjellige kilder. Det har blitt utført litteraturstudie i forskningsartikler, bøker, og annen relevant litteratur. Hovedformålet med dette var å innhente kunnskap for å få en dypere forståelse for emnet. I begynnelsen ble det innhentet grunnleggende informasjon som var nødvendig for å formulere et forskerspørsmål som det var mulig å besvare innenfor oppgavens ramme. Forskerspørsmålet ble utviklet og drøftet i samarbeide med intern og ekstern veileder frem til godkjenning.

For å innhente empirisk kunnskap er det gjennomført kvalitative intervjuer med relevant fagpersonell i anleggsbransjen. Respondentene har bred erfaring fra ulike deler av anleggsbransjen, og har roller som blant annet: byggherrer, entreprenører, kalkulatører, HMS-ansvarlige på overordnet og lokalt plan, betongelementprodusenter og utførende anleggsledere. Noen intervjuer er foretatt som individuelle intervjuer, mens andre er utført som gruppeintervjuer. Til slutt ble funnene analysert og diskutert i lys av litteraturen og i lys av hverandre.

For å måle fremdrift ble innsamlet informasjon gjennomgått og analysert, og resultatet av dette er presentert ved hjelp av Gantt-diagram. For å få sortert og presentert konkrete tall på ulykkesrisiko ble det gjennomført HAZOP-analyser. For å utføre disse to undersøkelsene var det nødvendig å innhente mer konkret informasjon enn hva som kom frem i intervjuene. Fra utførende entreprenør for aktuelle broer ble det innhentet tallmateriale, byggetegninger, fremdriftsplaner, skadestatistikk og annet relevant skriftlig materiell.

6.1.1 Utarbeidelse av forskerspørsmål

Arbeidet med å definere et forskerspørsmål, underspørsmål og tilhørende avgrensninger har vært en tidkrevende prosess. Til å begynne med hadde gruppen en uklar oppfattelse av oppgaven og rammefaktorene. Ved å undersøke fagfeltet via litteraturstudier og kommunikasjon med fagpersonell i ulike settinger, ble stadig flere aspekter rundt temaet kjent. Videre har ekstern veileder kommet med verdifulle innspill underveis i prosessen. På bakgrunn av dette er problemstillingen utviklet og redigert flere ganger ettersom kunnskapsnivået har steget, hvilket er i tråd med teoretisk støttelitteratur [71]. Grafisk fremstilling av prosessen er vist i figur 6.1.



Figur 6.1: Utarbeidelse av forskerspørsmål

Forskerspørsmålet slik det fremstår i kapittel fire ble vurdert av gruppen som beskrivende og eksplorerende, på bakgrunn av dette ble kvalitativ metode valgt i tråd med teorien. Videre vurderes forskerspørsmålet som spennende, da resultatet kan være relevant for flere ulike aktører i bransjen

og det politiske klimaet, og endelig kan ha en samfunnsøkonomisk betydning. Det er i denne sammenheng viktig å kjenne til konteksten for oppgavens utspring. Forskerspørsmålet er enkelt fremstilt, og mulig å svare på gjennom empiriske undersøkelser og bransjens erfaringer. Kunnskapen rundet dette temaet er ikke nødvendigvis ny, men oppgaven kan aktualisere og sammenfatte denne på en ny måte.

Vurderingen av om forskerspørsmålet er generaliserbar forlegger til slutt. I denne vurdering inngår to begreper; populasjon og utvalg. Om det skal være mulig å generalisere må utvalget være trukket ut av den samlede populasjon på en bestemt måte, i tillegg er størrelsen av utvalget også betydningsfull. Det er i denne oppgaven forsket på forskjellene i byggeprosessene for to ulike byggemåter for betongbroer. Det har vist seg at det er mange ulike og til dels komplekse faktorer og prosesser som spiller inn på resultatet. En direkte generalisering ble på bakgrunn av dette og metodeteori vurdert som vanskelig, men ved å avgrense og likestille sentrale parametere i analysene kan resultatene gi svar som kan generaliseres [71].

6.2 Litteraturstudier

Oppgaven er forankret i litteraturstudier av forskjellige skriftlige kilder. Formålet med dette har vært å innhente kunnskap om forskjellene i byggeprosessen mellom en prefabrikkert og en plasstøpt betongbro. Litteratursøket er gjennomført ved å samle relevant informasjon fra gjeldende regelverk, herunder byggherreforskriften, arbeidsmiljøloven og folketrygdloven. Det norske standardverket for bygge- og anleggskontrakter er anvendt for å finne hvilke virkeområder dette gjelder for. Både tidligere og nåværende håndbøker fra Statens Vegvesen er brukt for å finne informasjon om prosjektering og oppføring av ulike typer broer. Videre er det innhentet kunnskap fra forskningslitteraturen fra ulike vitenskapelige tidsskrifter og institutter. Disse utgjør en viktig faglig forankring for oppgaven, og inngår primært som kilder i teorikapittelet.

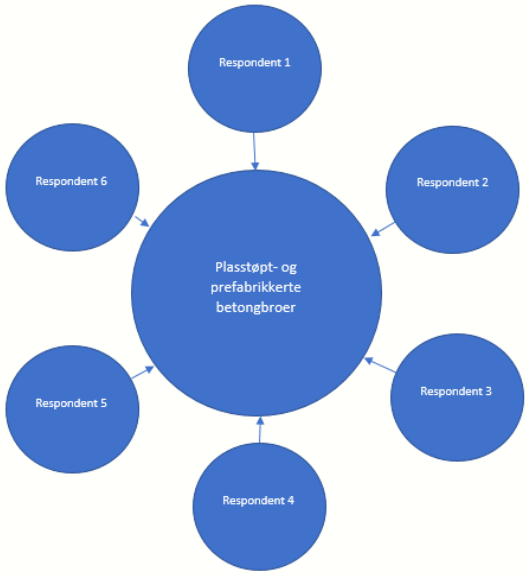
Litteraturstudiet er gjennomført ved nettsøk og bruk av fysiske bøker og rapporter. Det har vært en utfordring og finne vitenskapelige artikler og rapporter som omhandler er såpass snevert fagfelt direkte. Av den grunn er det i teorikapittelet benyttet noen kilder som er skrevet om relaterte og sammenlignbare temaer, både nasjonalt og internasjonalt. Primære søkemotorer som ble benyttet er Oria, Google scholar og Google. Videre har det vært en tidkrevende prosess og vurdere kildenes opphav og relevans.

6.3 Del 1: Kvalitative intervjuer

6.3.1 Undersøkelse

Ut ifra forskerspørsmålet ble det utarbeidet et undersøkelsesdesign som ifølge teorien fremskaffer de relevante data og opplysninger som behøves for å besvare dette. For et beskrivende og eksplorerende forskerspørsmål bør det som nevnt benyttes en kvalitativ undersøkelse. Tilgjengelighet av ressurser har vært en begrensende faktor som medførte at en intensiv undersøkelse ble valgt. En slik utvalgsundersøkelse er kjent under navnet små-N-studier [71].

I denne oppgaven var seks respondenter tilgjengelig for deltagelse. Fenomenet er «sammenligning av byggeprosessen for prefabrikkerte- og plasstøpte betongbroer», og enhetene er representanter fra ulike deler av anleggsbransjen, som på hver sin måte har kunnskap og erfaring om dette fenomenet. Grafisk fremstilling av små N-studie vises i figur 6.2.



Figur 6.2: Grafisk fremstilling av små-N-studie

Styrken med denne undersøkelsesmetoden er at det fremkommer detaljert og omfangsrik informasjon fra de enkelte informanter [71]. I løpet av de første intervjuene oppdaget gruppen at egen kunnskap raskt ble utviklet, hvilket førte til at det ble stilt mer presise spørsmål i de senere intervjuer. På denne måten økte kunnskapen underveis, men samtidig viser dette også en svakhet i undersøkelsen. Når det er et lite utvalg, er undersøkelsen derfor også mere følsom for feilkilder. Herunder inngår dårlige forkunnskaper om de aktuelle temaer hos respondentene, og et for snevert og skjevt utvalg. Dette kan føre til at det blir problematisk å generalisere innsamlet informasjon.

6.3.2 Valg av type informasjon

Det er som tidligere nevnt valgt en kvalitativ undersøkelsesmetodikk i denne oppgaven. Målet var å innhente mye og detaljert informasjon fra anleggsbransjen, derav ble kvalitative intervjuer benyttet som metode.

Styrken ved den kvalitative metoden er at den gir stor informasjonsrikdom, sammenlignet med et rent kvantitativt tallgrunnlag. Relevansen av informasjonen er høy da respondentenes posisjoner i bransjen viser til lang erfaring, videre viste de en stor interesse for oppgaven og til å videreformidle egne kunnskaper og erfaringer knyttet til denne. Den kvalitative metoden inneholder en viss form for fleksibilitet, og i takt med at kunnskapsnivået steg ble det enklere å tilpasse videre undersøkelser i forhold til dette. Eksempel på dette er prosessen vedrørende utarbeidelse av forskerspørsmålet.

Svakheten er som nevnt i kapitel tre at et lite utvalg kan gi problemer i forhold til ekstern gyldighet, med dette menes hvorvidt resultatet av undersøkelsen kan generaliseres. Respondentene ga dyptgående og utfyllende svar, men det er en risiko for at respondenten står alene om sin uttalelse. Denne kan dermed ikke regnes som representativ for resten av bransjen.

6.3.3 Innsamling av informasjon

Innsamlingen av informasjon er gjort ved å gjennomføre kvalitative intervjuer, enten som individuelt intervju eller som gruppeintervju. I forkant av intervjuene ble oppgavens innhold og omfang

presentert for respondentene via mail eller telefon. Det ble tilstrebet å gjøre respondentene tidligst mulig kjent med hvilken type informasjon som var ønsket, og med dette forberede respondentene på aktuelle tema før intervjuene ble utført. Tid og sted ble avtalt etter respondentenes ønske, dette sørget for en god og komfortabel atmosfære. Videre mener gruppen at forberedelser og korrespondanse med respondentene i forkant skapte en tydelig forventningsavklaring for begge parter.

Intervjuene ble gjennomført som en åpen samtale, da dette ble ansett som mest hensiktsmessig. I forkant av intervjuene ble det utarbeidet en intervjuguide for å sikre en helhetlig gjennomføring og et sammenlignbart innhold. Intervjuene varte i omtrent en time. Følgende spørsmål ble stilt i samtlige intervjuer:

1) Hvilke forskjeller oppstår i en byggeprosess dersom man bygger en bro med prefabrikkerte elementer kontra plasstøpt betong?
2) Hvilken innvirkning vil de to byggemåtene ha på fremdriften i broprosjektet?
3) Hvilken innvirkning vil de to byggemåtene ha på ulykkesrisiko (og HMS-arbeid i broprosjektet)?
4) Hvilke ulykkesrisikoer har man i de to forskjellige byggemetodene?
5) Hvilke andre faktorer vil kunne påvirke valg av byggemetode?
6) Hva kan industrialisert produksjon av betongelementene bidra til?
7) Hvordan vil økt implementering av standardiserte løsninger påvirke byggeprosessen?
8) Hvordan er framtidsutsiktene for prefab kontra plasstøpt?

Under intervjuene ble det lyttet aktivt og anerkjennende, samt notert ned interessante synspunkter og svar.

I etterkant av intervjuene har det i enkelte tilfelle vært ytterligere korrespondanse for å oppklare noen tvilsspørsmål og uklarheter.

6.3.4 Utvelgelse av enheter

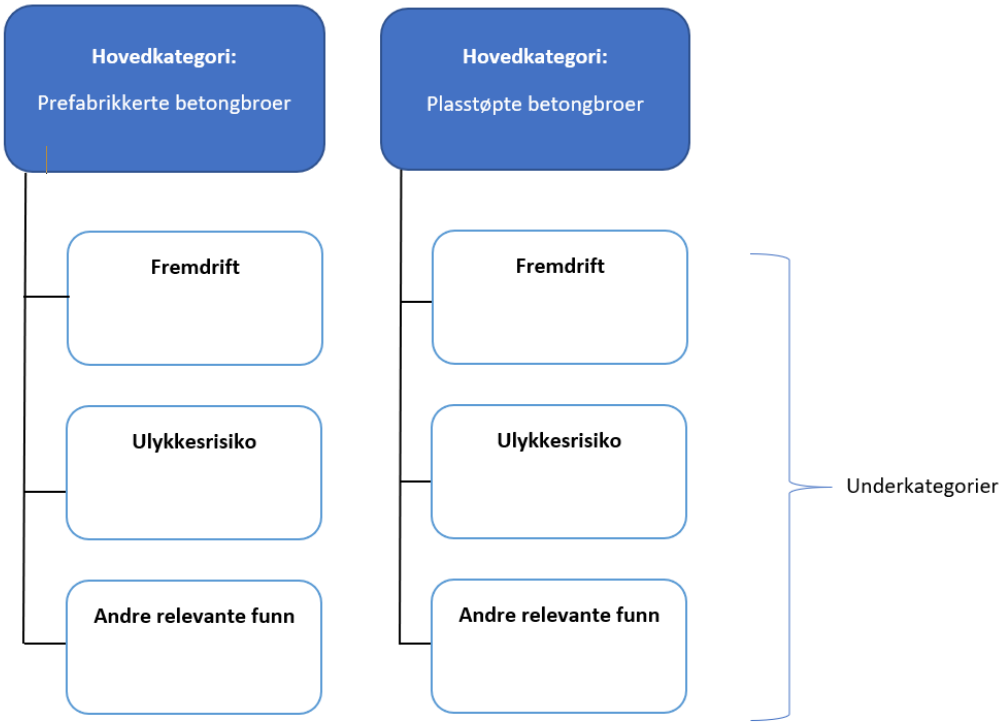
Utvalget har utviklet seg ettersom arbeidet med oppgaven gikk fremover, dette består av respondenter som ble valgt på bakgrunn av ønske om innhenting av relevant informasjon. Utvalget består av personer som alle har bred erfaring og kunnskaper om relevante temaer, alle er ansatt i ulike bedrifter med tilknytning til prosjekter på *Strekningen*. Dette er i tråd med ønske om et utvalg som representerer er bredt spekter fra aktuell bransje, som bidrar til en nyansert helhetsforståelse av emnet. Utvalget er vist i tabell 6.1.

Respondent	Bedriftens rolle	Nåværende funksjon	Tidligere erfaring
1	Betongelement produsent	Daglig leder	20 års erfaring elementproduksjon
2 (gruppeintervju)	Entreprenør	HMS-leder HMS-ansvarlig	5 års med HMS-arbeid 15 års erfaring med HMS-arbeid
3 (gruppeintervju)	Byggherre	Disiplinleder konstruksjon HMS-ansvarlig	30 års erfaring med konstruksjoner 10 års erfaring med HMS-arbeid
4	Utførende entreprenør	Entreprenør/anleggsleder	3 års erfaring anleggsleder
5	Utførende entreprenør	Entreprenør/Fagleder	20 års erfaring fagleder
6	Utførende entreprenør	Entreprenør/Kalkulatør	20 års erfaring kalkulasjon

Tabell 6.1: Utvelgelse og sammensetning av respondenter

6.3.5 Analyse

Innsamlet informasjon fra intervjuene ble strukturert, kategorisert og analysert. Dette ble gjort ved å først overføre samtalen til tekst ved transkribering. Dette gjorde det mulig å dykke ned i intervjuene på en analyserende måte, og sammenligne synspunkter fra de enkelte respondenter. Det ble stilt faste spørsmål under hvert intervju, men den åpne samtalen førte til at forskjellige vinklinger og synspunkter kom frem. På bakgrunn av dette inneholder intervjuene både klare sammenlignbare svar, men også mer spesielle og enkeltstående ytringer. På grunn av validitet var det viktig å skille mellom ulike typer ytringer under analysen, dette for å se hvilke resultater som kunne generaliseres og hvilke som måtte kategoriseres som enkeltstående ytringer. Fremgangsmåten som ble benyttet til å kategorisere informasjonen er basert på å ekstrahere de viktigste poengene og utsagnene. For å systematisere informasjonen ble det utarbeidet et sett med ulike kategorier. Hovedkategoriene er prefabrikkerte betongbroer og plasstøpte betongbroer, under disse følger tilhørende underkategorier. Oppsettet er illustrert i figur 6.2.



Figur 6.2: Kategorisering av intervjuresultater

Alle transkriberinger er nøye gjennomlest og det er skrevet en sammenfatning av resultatene fra hvert intervju. Sammenfatningene fra de enkelte intervjuene er brukt til å sammenligne de forskjellige respondentenes synspunkter, og videre koblinger mellom disse. Til slutt er alle resultatene sammenstilt i en felles tabell. Dette presenteres i kapittel syv.

6.4 Del 2: Analyse av fremdrift og ulykkesrisiko

6.4.1 Kartlegging av aktiviteter

For å kunne gi et konkret svar på oppgavens operasjonelle underspørsmål to og tre, var det nødvendig å kartlegge aktivitetene som utføres i den aktuelle byggefasen for de to ulike byggemåtene. Herunder måtte det også bestemmes hvordan og hvor grundig aktivitetene skulle brytes ned, og hvilke deler av aktivitetene som skulle forskes på. Det ble tatt utgangspunkt i Stølen bro og Vennevann bro på *Strekningen*.

Gjennom litteraturstudier og de første arbeidsmøtene med ekstern veileder fikk gruppen en god innføring og et godt overblikk over de ulike aktivitetene som inngår i oppføring av brooverbygningen. Videre ble også fremdriftsplaner og arbeidstegninger gjennomgått, noe som økte detaljkunnskapen rundt aktivitetene i de to byggemåtene. Denne kunnskapen ble også videreutviklet gjennom intervjuer og ytterligere datainnsamling. Til slutt ble de mest aktuelle aktivitetene plukket ut for videre forskning og analyse, kriteriet for utvalget gikk blant annet på sammenlignbarhet.

6.4.2 Ekskursjon og observasjon

Ekskursjon

Gruppen deltok på en konferanse i regi av Betongelementforeningen, avholdt på Gardermoen 25.1.18. Denne var spesielt rettet inn mot studenter, og inneholdt flere sesjoner med erfarne bygge- og anleggsledere, produsenter og andre med relevant erfaring rundt prefabrikkerte elementer og bruk av disse. Programmet presenteres i kapittel 12.

Formålet med denne konferansen var å fremme informasjon om prefab som byggemetode. Andre temaer som ble gjennomgått var prosjektering, produksjon, montering og ferdig bruk av prefabrikkerte betongelementer. Seks forskjellige innlegg presenterte bruk av betongelementer i norsk bygge- og anleggsbransje. Dette ga en god introduksjon til emnet. Gruppen benyttet også anledning til å stille utdypende spørsmål til foreleserne.

Det presiseres at gruppen er bevisste om at betongelementforeningen har som oppgave å fremme vilkår for prefab, og dermed vil informasjon, tanker og idéer fra disse kildene kan ha varierende grad av habilitet.

Observasjoner

Under seminaret på Gardermoen ble det opprettet kontakt med daglig leder hos en betongelementprodusent. Vedkommende inviterte til virksomhetsbesøk med fremvisning og presentasjon av fabrikk og produksjonslokaler. Her ble det utført en observasjon i produksjonslokalet hvor platedekket og MOT-bjelkene til de aktuelle broene ble produsert. På grunn av sikkerhet og krav til bruk av verneutstyr ble observasjonen gjennomført kjent for personene i fabrikken. Videre inntok gruppen av naturlige grunner rollen som ikke-deltakende observatører. Observasjon ble dokumentert med bilder.

Gruppen har også vært på anleggsområdet til Stølen bro, her ble utført observasjon av konstruksjonen da denne var klar for kompleteringsfase. Dette ga godt innblikk i oppbygging av konstruksjon og utført gang i prosessen. Oversikt og forståelse for organisering av anleggsområde ble også tydelig underveis i observasjonen.

Utvalgte bilder fra observasjonene ligger som vedlegg i kapittel 12.

6.4.3 Datainnsamling

Gjennom forespørsler til byggherre, nøkkelpersoner hos utførende entreprenør og andre aktuelle bedrifter har følgende informasjonsgrunnlag blitt innsamlet:

- Fremdriftsplaner for prosjekter bygget med prefabrikkerte elementer: Stølen og Vennevann bro
- Fremdriftsplan for prosjekt bygget med plasstøpt betong; Heimyr kulvert
- Kalkulasjon av Vennevann bro, bygd med både prefabrikkerte elementer og plasstøpt betong
- Ulykkesstatistikk fra entreprenør
- SHA, SJA fra entreprenør og betongelementprodusent (montasje)
- Arbeidstegninger fra både produsent, byggherre og entreprenør
- RUH-statistikk fra utførende entreprenør

6.4.4 Gantt-diagram

Resultatet av utførte beregninger for fremdrift ble presentert ved bruk av Gantt-diagrammer. Det er utarbeidet to fremdriftsplaner for en tenkt bro i linja; en fremdriftsplan for brooverbygning som bygges med prefabrikkerte elementer og en for brooverbygning som bygges med plasstøpt betong. Det er tatt utgangspunkt i Stølen og Vennevann bro på *Strekningen*. Det er tenkt at broen skal plasseres på et sted med god tilkomst og lite topografi, dette gir like forutsetninger i forhold til landkar, spennvidder og tilkomst for begge byggemåter. Dette er forutsetninger som må være tilstede for at prefab skal kunne bli vurdert som et reelt alternativ. Videre er broen definert til å ha et spenn på omtrent 21 meter, som er representativt for broer på *Strekningen*. Fremdriftsplanene viser tidsbruk for de ulike aktuelle fasene og aktivitetene i oppføring av broene.

Utarbeidelse av Gantt-diagrammer ble gjort i MS Project. Tallgrunnlaget for disse er hentet fra kalkulasjoner utarbeidet av Kruse Smith. Videre er fremdriftsplaner og overordnede planer brukt som ekstra sammenligningsgrunnlag, og for å dobbeltsjekke relevans av egne beregninger.

Kalkulasjonene inneholder blant annet timeverk for hver aktivitet som inngår i prosjektene. Dette ga et godt sammenligningsgrunnlag for tidsbruk pr aktivitet for de ulike byggemåtene. Disse kalkulasjonene er utarbeidet etter entreprenørens normale rutiner, og tar utgangspunkt i enhetsmengder som videre regnes om til kostnad og timeverk per mengde. Kalkulasjonene fra Kruse Smith er konfidensielle av konkurransemessige hensyn, og kan derfor ikke presenteres i kapittel 12.

Beregningene er utført som en én-til-én sammenligning av Vennevann bro, som henholdsvis er beregnet for plasstøpt- og prefabrikkert byggemåte. Fra kalkulasjonene er det plukket ut timeverk som er relatert til materialmengdene som tilhører for brooverbyggingen, disse er deretter summert til samlet timeverk for hver enkelt aktivitet. Utvelgelsen av relevante posteringer og sortering i materialemengder er gjort i samarbeid med ekstern veileder og kalkulatør. Kalkulasjonene inneholdt materialemengder for både landkar, brooverbygning og kompletering, derfor var det nødvendig å gjøre overslagsberegninger for hvilke mengder som kunne isoleres til brooverbygningen. I tabell 6.2 vises eksempel på utregning for plasstøpt byggemåte, beregningsmetode for prefab er tilsvarende.

Stillasarbeid	**Forskallingsarbeid**	**Armering**	**Utstøping**	**Sum**	
51,75	481,80	515,00	21,50		
512,89	12,00	28,20	148,00		
	45,00		90,00		
	40,00		46,20		
	74,68		44,33		
	8,00		29,55		
	5,40		10,50		
	55,00		44,00		
	5,20		6,00		
	2,00				
564,64	729,08	543,20	440,08	2277,00	Timer
15,1	**19,4**	**14,5**	**11,7**	**60,7**	**Dagsverk**

Tabell 6.2: Beregninger for byggemåte plasstøpt

Kalkulasjonene er basert på timeverk, mens fremdriftsplanene fra entreprenør er basert på antall dager pr aktivitet. I fremstillingen av Gantt-diagram var det mest hensiktsmessig å benytte dagsverk

som enhet. Sammenheng mellom timeverk og dagsverk vises i tabell 6.3, denne utregning er basert på nøkkeltall fra utførende entreprenør. Denne omregningen fra timeverk til dagsverk kan anses som median for timeverk pr dagsverk. Det bemerkes at alt støpearbeid på en bro som oftest skjer på samme dag. Herav økes bemanningen og antall skift inntil tilstrekkelig timeverk er oppnådd, ifølge ekstern veileder [24]. Dette er ikke tatt hensyn til i fremstillingen.

Timeverk	**Dagsverk (7,5 timer x 5 mann)**
37,5 t	1

Tabell 6.3: Sammenheng timeverk og dagsverk

Videre er fremdriftsplanene for Heimyr kulvert og Vennevann bro sammenlignbare for tidsbruk da dimensjoner og forholdene på og rundt anleggsområdet forøvrig er like. Fremdriftsplan for Stølen bro er primært brukt som sekundærkilde for brooverbygning som bygges med prefabrikkerte elementer, da det ikke var noe sammenlignbart prosjekt på strekningen. Fremdriftsplanen til Kruse Smith for hele *Strekningen* ga også en overordnet indikator på tidsbruk for de ulike broene og kulvertene i prosjektet. Fremdriftsplanene presenteres i kapittel syv, og tilhørende beregninger i kapittel 12.

6.4.5 HAZOP-analyse

For å måle ulykkesrisiko i de ulike aktivitetene ble det gjennomført HAZOP-analyser. Til dette ble HAZOP-skjemaer benyttet, disse er baser på skjemaet i figur 3.12. Eksempel på benyttet skjema er vist i figur 6.3.

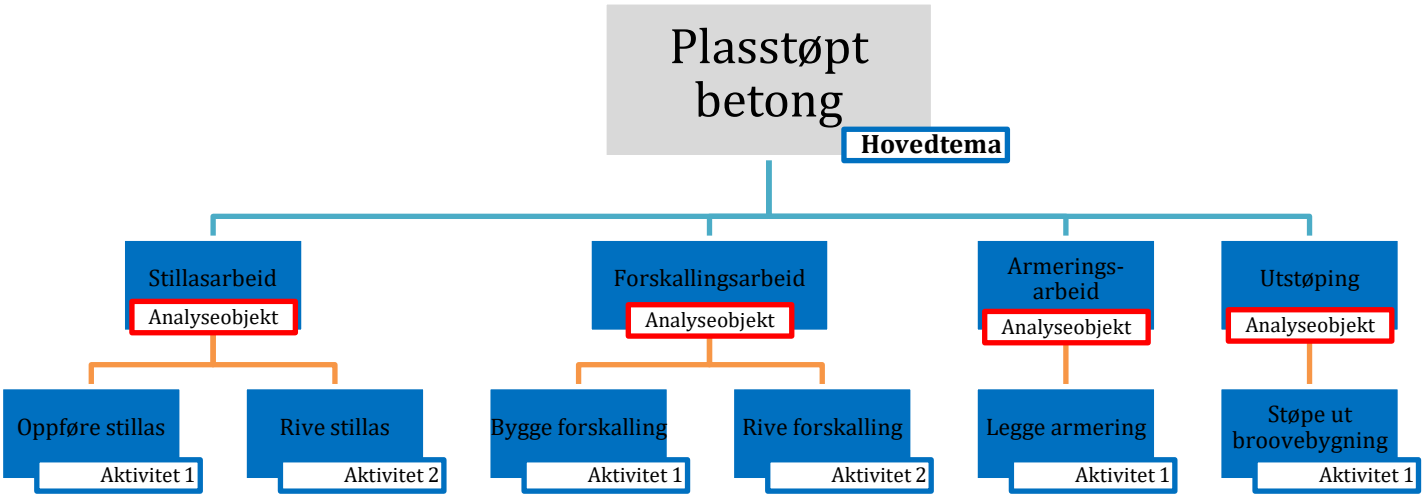
Analyseobjekt	Stillas	Utført av	Joachim Krogh Pedersen, Jonathan Herwig og Jørgen Hansen
Dato	10.04.2018		

Nr	Aktivitet	Nøkkelord	Avvik	Mulig årsak	Mulig konsekvens	Eksisterende barriere	Risiko			Foreslått tiltak
							Frekvens	Alvorlighetsgrad	Prioritet	
1	Bygge stillas	Uklart	Montering feil utført	Vanskelig for arbeidere å forstå innstruks/ anvisning	Fall, ras av konstruksjon	Kurs, innstrukser, opplæring, SJA	2	4	6	Utvidet kursing og kontroll
		Feil handling	Montering feil utført	Mennskelig svikt	Fall, ras av konstruksjon,	Kurs, innstrukser, opplæring, SJA	3	5	8	Utvidet kursing og kontroll
		Utelatt steg	Usikker konstruksjon	Mennskelig svikt, manglende deler	Fall, ras av konstruksjon	Kurs, innstrukser, opplæring, SJA	1	4	5	Mottakskontroll, kursing av personell
		Forstyrrende effekter fra andre	Personskade som kan føre til død eller sykefravær	Fall, snubling, uorganisert arbeidsområde, dårlig samarbeid, dropp av gjenstand over annen arbeider	Sykefravær, omplassering av arbeider	Personlig verneutstyr, erfaring blant arbeidere, SJA	3	4	7	Strengere regler for opphold i stillas, mer effektiv personellstyring
		Kommunikasjon	Beskjed ikke oppfattet	Språkbarriere	Feil handling utført, personskade	Språkkurs, kurs, opplæring	2	1	3	Strengere krav til språkkunskaper
		Personell	Aktivitet feil utført	Dårlig opplæring, utilstrekkelig kompetanse, mangelfull anleggsledelse, underbemanning	Dårlig arbeidsmiljø, forsinkelser, stress blant arbeidere, personskade	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring	2	2	4	Kvalitetssikring ved ansettelse, optimalisering av bemanning til aktivitet
		Personell	Økt ulykkesrisikko	Overbemmning gir flere arbedstimer, gir høyere eksponering i risikoutsatt posisjon	Flere arbeidere i utsatt posisjon, personsakde som føre til sykefravær	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring, SJA	2	3	5	
		Posisjon	Ras av konstruksjon	Dårlig kartlegging av grunnforhold, stillas siger, utstabilitet	Personskade som kan føre til sykefravær eller død	Prosjekteringsfase, analyser, løpende kvalitetssikring, SJA	1	5	6	
		Posisjon	Klemskade	Feil risikovurdering, SJA ikke fulgt, Arbeider på feil plass til feil tid	Personskade som kan føre til sykefravær eller død	SJA, innstruks, arbeidserfaring	2	5	7	Kursing og kontroll
		Prosedyre	Fall fra konstruksjon	Manglende bruk av sikringsutstyr, innstruks ikke fulgt	Personskade som kan føre til sykefravær eller død	SJA, innstruks, arbeidserfaring	3	5	8	Kontinuerlig observasjon av personell som utfører arbeide i høyden
		Vær	Vanskelige arbeidsforhold, økt ulykkesrisiko	Snø som forhindrer tilkomst, temperatur som fører til forsinkelser, glatte overflater	Økt ulykkesrisiko for personell (fall, frostskader), økt arbeidsbelastning, lav fremdrift	Arbeidsklær og utstyr til arbeidere	3	3	6	Rutiner ved dårlig vær og uoptimale forhold i høyden

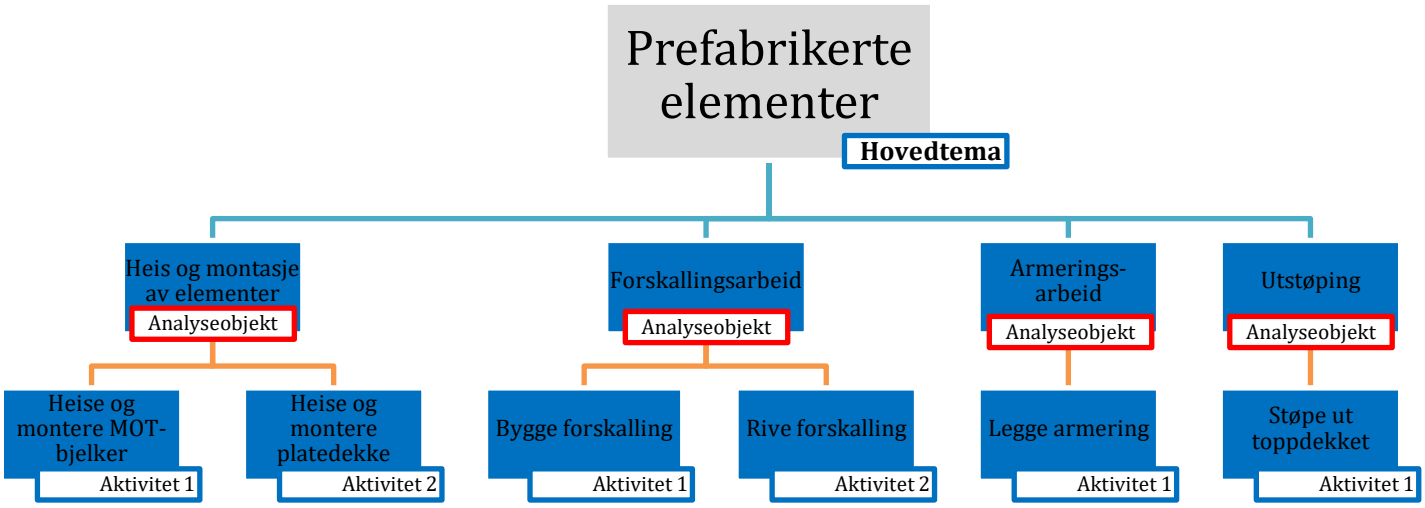
Figur 6.3: HAZOP-skjema utarbeidet av gruppen

For å utarbeide HAZOP-analyser for de utvalgte aktivitetene ble fremgangsmåten som er presentert i kapittel tre noe endret, da det var nødvendig å tilpasse blant annet definisjoner av enkelte nøkkelord. Som nevnt er hovedformålet med en HAZOP-analyse å foreslå tiltak som kan redusere eller forhindre tilhørende avvik. I denne sammenheng er hovedformålet med analysen å tallfeste en verdi for ulykkesrisiko for hver byggemåte. Det var også enkelte trinn i prosessen som ikke var like aktuelt å utføre på samme måte eller like grundig som presentert i kapittel tre, da dette går på utsiden av oppgavens omfang. I de neste avsnittene presenteres arbeidet med HAZOP-analysene i tråd med figur 3.11. Det bemerkes at gruppen har tilpasset metoden til formål og forutsetninger i forhold til teorien beskrevet i kapittel tre. Tallfestet resultat fra analysene presenteres i kapittel syv.

Innholdet i trinn én ble utført i tråd med gruppens faglige forutsetninger og erfaringer. HAZOP-teamet ble bestående av undertegnede, og gruppelederrollen gikk på rundgang siden ingen av gruppemedlemmene utmerker seg når det kommer til relevant erfaring eller kompetanse. Videre ble innhentet skriftlig materiale gjennomgått i forhold til aktivitetene som er satt opp for å danne et bilde av hvilke rammefaktorer og forutsetninger som ligger til grunn for begge byggemåter. Deretter ble byggemåtene delt opp i aktuelle analyseobjekter med underliggende aktiviteter, dette vises i figur 6.4 og figur 6.5.



Figur 6.4: Oversikt over aktiviteter, plasstøpt



Figur 6.5: Oversikt over aktiviteter, prefab

I trinn to ble det utarbeidet HAZOP-skjemaer for hver aktivitet. Før nøkkelordene ble koblet opp mot aktuell aktivitet så gruppen behovet for å utvide og/eller endre definisjonen på enkelte av disse. Endringene er vist i tabell 6.4.

Nøkkelord	Betydning
Feil handling	Prosedyre eller handling som er angitt blir utført feil
Utelatt steg	Steg i aktivitet eller prosedyre som blir utelatt
Mislykket steg	Steg som mest sannsynlig mislykkes
Sekvens	Feil sekvens, utelatelser, feil handling eller feil rekkefølge
Prosedyre	Ikke fulgt
Organisering	Uklar ansvarsfordeling, utførende ikke skikket til formål, anleggsområdet fungerer ikke som tiltenkt
Kommunikasjon	Vanskeligheter i kommunikasjon mellom personell
Posisjon	Referer til plassering av kran, stillas eller annen midlertidig konstruksjon, eller personell
Vær	Over grenseverdier, uønskede forhold

Tabell 6.4: Endring i nøkkelord

I trinn to til fem benyttet gruppen seg av innhentet materiale og kunnskaper ervervet gjennom arbeidet med denne oppgaven for å definere avvik, årsaker og konsekvenser. For hver aktivitet ble det utført en HAZOP-analyse som identifiserer avvik som gir utslag i ulykkesrisiko. Avvik med tilhørende årsaker og konsekvenser ble deretter diskutert frem og tilbake, og sjekket opp mot tilgjengelig materiale og statistikker dersom dette var sammenlignbart. Gruppen oppdaget raskt at en del avvik, årsaker og konsekvenser var identiske for flere av aktivitetene. Dette ble sjekket opp med veiledere internt på UiA, og viste seg å være et vanlig fenomen for sammenlignbare aktiviteter på samme konstruksjon.

I trinn seks brukte gruppen innhentede ulykkesstatistikker, statistikk fra SSB [3, 79], informasjon fra Arbeidstilsynet [4, 80] og kunnskaper fra tidligere arbeid med oppgaven for å tallfeste en verdi for alvorlighetsgrad og frekvens for avvikene i tråd med risikomatrisen vist i figur 3.13.

Trinn syv «foreslå tiltak» ble ansett som lite aktuelt i forhold til formålet med analysen. Det ble allikevel foreslått tiltak mot enkelte avvik, da dette kan være med på å underbygge anbefalinger og videre arbeid som er presentert i kapittel ti. Videre er gruppens forutsetninger og kjennskap til HAZOP også en begrensning for å komme med aktuelle tiltak. Dette ble derfor utført kun der gruppen følte det var et konkret og relevant.

Trinn åtte ble gjennomført etter gruppens beste skjønn og tidligere erfaring med rapportskriving. Videre ligger anbefalingene fra Rausand til grunn for dette arbeidet. Det ble tilstrebet å fremheve risikofaktorene for hver byggemåte, og tallverdiene som var funnet til disse. Dette for få et mest mulig konkret sammenligningsgrunnlag for ulykkesrisiko knyttet til aktivitetene. Foreslåtte tiltak mot avvik knyttet til de de største og vanligste ulykkesrisikoene inngår i HAZOP-rapportene. Rapportene inneholder tilhørende HAZOP-skjemaer, SJA-skjemaer og RUH-statistikker, og presenteres i kapittel 12.

7 Resultat

I dette kapittelet presenteres først resultatene fra del 1; kvalitative intervjuer. Her vises først et resyme av hvert intervju enkeltvis i underkapittel 7.1.1, før en sammenfatting av alle intervjuene vises i underkapittel 7.1.2. I kapittel 7.2 presenteres resultatene fra del 2 av oppgaven.

7.1 Resultater del 1: Kvalitative intervjuer

Her presenteres resultatene fra alle intervjuer enkeltvis i tråd med analysen som er presentert i kapittel 6.3.6. Det presiseres at alt innhold i dette underkapittelet, herunder ytringer og meninger er hentet fra respondentene. Ordlyd og setningsoppbygging er tilpasset rapporten av forfatterne, uten at dette har påvirket budskap og innhold i respondentenes ytringer.

7.1.1 Resultater fra intervjuer presentert enkeltvis

Bedrift	**Navn**	**Stilling**	**Bedriftens rolle**
Bjørn Hansen AS	Idar Heskestad	Daglig leder	Betongelementprodusent
Bjørn Hansen AS	Respondent	HMS-ansvarlig	Betongelementprodusent
Intervju utført: 31.01.2018			
Sted: Forsand i Rogaland			
Tilstedeværende: Idar Heskestad, Respondent, Joachim Krogh, Jonathan Herwig, Jørgen Hansen			

Dette intervjuet startet med en gjennomgang av utførelse og oppbygging av plasstøpt- og prefabrikkert konstruksjon. Dette vil beskrives i de påfølgende avsnittene, og vil være data fra intervjuet som kommer i tillegg til resultatene av de faste intervjuspørsmålene.

Etter beskrivelse av konstruksjon, presenteres resultater fra intervjuspørsmålene i likhet med de andre intervjuene.

Plasstøpt konstruksjon

Både plasstøpt og prefab konstruksjon krever fundamenter for landkar, selve landkarene og søyler dersom lengde på spennet krever det. Dette er derfor likt i begge byggemåter. Forøvrig vil man kunne oppnå et lengre spenn ved bruk av plasstøpt enn ved bruk av prefab.

Den plasstøpte konstruksjonen har en stedlig tilpasset og bygget forskallingsform som armeres med slakkarmering eller spennarmering. Formen fylles med betong som gjøres ved bruk av en pumpebil. Betongen skal deretter herde til en oppnådd fasthet på 40MPa. Etter dette kan den midlertidige konstruksjonen fjernes, og kompleteringsfasen kan til slutt gjennomføres.

Kompleteringen innebærer blant annet legging av asfalt, montering av lys og permanent rekkverk eller andre nødvendige krav.

Prefabrikkert konstruksjon

Den prefabrikkerte konstruksjonen består av spennarmerte MOT-bjelker. Bjelkene heises på plass av en mobilkran tilpasset bjelkenes størrelse og anleggsområdet. En forutsetning for bruk av mobilkran er at anleggsområdet har atkomstvei og manøvreringsplass. Etter bjelkene er på plassert ut, blir platedekkene heist opp og montert over bjelkene. Disse platedekkene dekker mellomrommet som er mellom bjelkene. Platedekket fungerer her som en varig forskalling, i motsetning til forskallingen ved plasstøpt. Det kreves for øvrig noe stedlig forskalling som innebærer en loddrett forskalling mellom bjelkene ved bjelkenes opplag. Dette er nødvendig for å knytte landkar og bjelker sammen. Armering av toppdekket er videre nødvendig, og etter dette arbeidet plasstøpes toppdekket sammen med kantdragerne. Påfølgende kommer kompleteringsfasen i likhet med en plasstøpt bro.

Resultatet fra intervjuet omhandler

- **Fremdrift**
- **Ulykkesrisiko**
- **Andre relevante funn, herunder:**
    - Historikk
    - Estetikk
    - Miljøperspektiv
    - Standardisering
    - Hva industrialisert produksjon kan bidra til

Fremdrift

Montering av elementene som utgjør brooverbygnignen tar ca. to til tre dager for de aktuelle broene på *Strekningen*, små avvik kan oppstå avhengig broens størrelse av antall bjelker. Etter dette kan armeringen for topplaget legges, deretter følger påstøp av dette. Dette arbeidet tar omtrent to uker. Sammenlignet med plasstøpt er denne byggemetoden vesentlig raskere. Dette skyldes primært at det ikke er nødvendig med stillas og store forskallingsarbeider. Videre muliggjør prefab bruk av lift ved montering og forskallingsarbeid istedenfor stillas.

Ulykkesrisiko

Ulykkesrisiko ved prefab

Ulykkesrisikoen man har ved prefab er i hovedsak klemfare ved montering av elementene. Her har man løft av store, tunge elementer, som ved en ulykke kan få fatale følger.

Bjørn Hansen AS utfører ofte montering av broene selv, men benytter seg også av innleide team med godkjent sertifisering for dette arbeidet. Bjørn Hansen AS står for risikovurderingen av disse arbeidsoperasjonene når firmaet utfører monteringen selv, men ved innleide team har disse ofte egne rutiner og risikovurderinger for utførelsen. Dette er avhengig av kontraktbetingelsene som inngås.

Prinsippet for risikovurderingen er at kjente farlige hendelser og andre aktuelle risikofaktorer plottes inn i matrise hvor fargekoder indikerer risikostørrelsen. Monteringsfasen er alltid godt planlagt og montørene er har god erfaring med disse oppdragene. I tillegg inngår det få arbeidere i denne fasen,

to til tre personer i tillegg til kranfører. Under disse forutsetningene kan man derfor si at sjansen for et katastrofalt utfall er betydelig redusert. Virksomheten ikke har registrert noen ulykker eller andre skader ved montering i løpet av de siste 10 årene.

Kantbjelkene blir levert med et midlertidig sikkerhetsrekkverk som blir påmontert i produksjonen, noe som reduserer muligheten for fallulykker under videre arbeid med armering og utstøping av toppdekket.

Ulykkesrisiko ved produksjon av elementene

En annen ulykkesrisiko ved prefab er selvsagt også klemfare ved kraning av elementene inne på selve fabrikken. Svikt i sikkerhetsrutiner vil kunne få katastrofale konsekvensen også her, dersom dette fører til en ulykke. Dette har bedriften for øvrig gode rutiner på og virksomheten har ansvar for å risikovurdere alle arbeidsoperasjoner ved fabrikken.

Da broelementene er spennarmerte har man også en ulykkesrisiko i oppspenningsfasen av armeringen.

Ulykkesrisiko ved plasstøpt

Ulykkesrisiko ved plasstøpt er i første rekke fallskader. Dette skyldes i stor grad at det er mye arbeid i høyden ved bygging av midlertidige konstruksjoner. Midlertidige konstruksjoner vil også være utsatt i forhold til setninger i massene som de er oppført på, noe som i verste fall føre til kollaps av hele stillaset.

Andre relevante funn

Historikk

Elementfabrikkene gjorde tidligere en dårlig jobb med produksjonen. Dette kombinert med lave krav til betongoverdekning innebar blant annet at elementene fikk lav bestandighet og dårlig kvalitet. Dette ga et dårlig rykte og medførte videre at bransjen måtte gjenopprette tillit på området.

Plasstøpt er en byggemåte som er sterkt forankret i tradisjon i Norge. Dette kan påvirke bransjens og oppdragsgivers holdninger til bruk av prefabrikkerte elementer.

Estetikk

Når det gjelder estetikk mener noen at plasstøpte broer har et penere estetisk utrykk. Dette blir å oppfatte som en subjektiv formening. Den estetiske forskjellen er i hovedsak å se på undersiden av broene, og denne forskjellen vil man ofte ikke observere så lenge man ikke passerer på undersiden. Kjører man under en bro i 100 km/t vil det i tillegg være begrenset hvor mye man rekker å vurdere broens utseende.

Miljøperspektiv

I et miljøperspektiv er materialemengder et sentralt poeng. Respondentens egne beregninger viser at en plasstøpt bro vil kreve omtrent fire ganger så mye armering som en bro bygget med prefabrikkerte elementer. Dette fordi spennarmert stål har større styrke. Styrken i spennarmeringen ligger på 2000 MPa, mens vanlig armeringsstål ligger på 500 MPa. Videre vil det med plasstøpt bro brukes betydelig mer betong siden tverrsnittet vil være mye større.

Produksjon av de forskjellige elementene i fabrikken resulterer i at det blir noe betongsvinn etter utstøping. Dette brukes til å støpe ut blokker til forstøtningsmurer og lignende som fabrikken selger videre. Dette blir gjort som et miljøtiltak for å redusere avfall, og fabrikken tjener også litt ekstra på dette konseptet. Dette er tiltak som viser seg enkelt å muliggjøre i en fabrikk.

Når det gjelder svinn av armering er denne andelen meget liten da produksjon i fabrikken utnytter det aller meste av armeringen som trengs i forskjellige elementer.

Standardisering

Frem til 2008 fantes det standardiserte dimensjoneringstabeller på brobjelkene. Tabellene inngikk i Håndbok N100 serien fra Statens Vegvesen. En revidert utgave av boka har vært etterlyst av bransjen de siste 10 årene, men har ikke blitt utarbeidet. De siste 10 år er det Eurocodene og Håndbok N400 som har vært gjeldende regelverk for dimensjonering, og disse setter krav til dimensjoneringskontroll og dokumentasjon for hver enkelt bjelke. Betongelementforeningen jobber med å gjeninnføre dimensjoneringstabeller i likhet med det tidligere standardverket. Fordelen med dette er at det gir en raskere og enklere prosjekteringsfase.

Hva industrialisert produksjon kan bidra til

Produksjon i fabrikk legger til rette for at arbeiderne har gunstige forhold å jobbe under. Det fremgår for eksempel at arbeidere kan stå i gunstige arbeidsstillinger under sveising og støpearbeider. Det kreves lite tunge løft som må utføres av arbeiderne siden kraner og andre hjelpemidler er tilgjengelige. Det er ellers ryddige forhold og omgivelser i fabrikken, i tillegg til at bedriften uttrykker at det er et stabilt personell. Ellers er et stabilt klima inne på fabrikken en viktig faktor som påvirker kvaliteten på produktene i en positiv retning.

NyeVeier

Bedrift	Navn	Stilling	Bedriftens rolle
Nye Veier	Frode Haavertsen	Disiplinerer på konstruksjon	Byggherre
Nye Veier	Mia Bratt	HMS rådgiver og SHA koordinator	Byggherre
Intervju utført: 21.02.2018			
Sted: Longum Teknologipark, Aust Agder			
Tilstedeværende: Frode Haarsen, Mia Bratt, Joachim Krogh, Jonathan Herwig, Jørgen Hansen			

Resultatet fra intervjuet omhandler

- Fremdrift
- Ulykkesrisiko
- Andre relevante funn
    - Historikk
    - Estetikk
    - Inspeksjon og vedlikehold
    - Logistikk på byggeplass
    - Standardisering
    - Framtidsutsikter

Fremdrift

Når det gjelder fremdrift poengteres det at monteringsfasen ved prefab går relativt raskt. Det tar ca 2 dager å montere bjelker og platedekket. Tidsbesparelsen for byggefasen for hele konstruksjonen hevdes å være ca. 30% sammenlignet med plasstøpt. I tillegg er det få arbeidere inkludert i byggefasen for brooverbygningen sammenlignet med plasstøpt.

Andre faktorer som fremkommer er at anleggsområdet på og rundt broene ofte oppfattes som flaskehalser i veiprosjektet. Kort monteringsfase kan bety stor gevinst dersom man må stoppe eller omdirigere trafikk mens bygging av broen pågår. Dette er også en fordel for anleggstrafikken i resten av prosjektet siden broen kan tas i bruk raskere i forhold til masseforflytning, samt at mer areal blir tilgjengelig.

Angående gjennomføringsmodell er bruk av totalentreprise en vesentlig del av poenget med NV sin tankegang. NV tillater at entreprenørene leverer anbud med sine løsninger, fremfor ferdige løsninger prosjektert av NV selv. Dette har vært praksis tidligere da Statens Vegvesen var byggherre. Statens Vegvesen har levert ut ferdig prosjekterte broer på anbud og har fått satt opp mange estetisk fine og vakre konstruksjoner, men disse har vært dyre. En gjennomføringsmodell ved bruk av totalentreprise

gjør NV for å spare både tid og penger. De konstruksjonene som NV nå leverer vil ha mindre fokus på estetikk, men konstruksjonene vil være funksjonelle, kostnadseffektive og raskere å bygge.

Ulykkesrisiko

Ulykkesrisiko ved prefab

Ved prefab er arbeid i høyden vesentlig redusert ved at man slipper bygging av midlertidige konstruksjoner som kreves ved plasstøping. Et sikkerhetstiltak som er utført av leverandør av broelementene, er et midlertidig sikkerhetsrekkverk som er ferdig montert på kantbjelkene ved levering. Dette tiltaket gjør at faren for å falle ned under videre arbeid med overdekningen er kraftig redusert.

Det fremkommer også at tunge løft som må utføres av arbeidere reduseres ved prefab. Dette være seg materialer, verktøy og annet materiell som kreves ved plasstøpt.

Montasjedelen av broen er en farefull fase som innebærer stor tunge løft ved kraning og flytting av elementene. Operasjonen er samtidig veldig godt planlagt og strukturert, og det inngår i tillegg få arbeidere i denne fasen. NV sin oppgave i monteringsfasen er å overvåke gjennomføringen, samt følge HMS-arbeidet som kreves. Dette skal bidra til å kontrollere og kvalitetssikre operasjonen.

Ulykkesrisiko ved plasstøpt

Ulykkesrisikoen ved plasstøpt er størst under oppføring av midlertidige konstruksjoner, som utgjør mange timeverk av det totale arbeidet for oppføring av en bro. Dette arbeidet krever mye arbeid i høyden, som vil medføre en kontinuerlig risiko for fallulykker. I tillegg fører arbeid med og i midlertidige konstruksjoner til at arbeidere befinner seg over og under hverandre i stillasene. Dette gir en potensiell risiko for å miste gjenstander på hverandre. Det hevdes at ved å redusere antall timeverk i høyden, vil dette resultere i at byggeprosessen blir mer sikker.

En annen utfordring som kan føre til økt ulykkesrisiko er midlertidige konstruksjoner som kan sige på grunn av ustabile masser i grunnen. Det henvises til historiske hendelser hvor midlertidige konstruksjoner har kollapset av slike årsaker.

Andre relevante funn

Historikk

Historikk viser at det var svært liten betongoverdekning på betongelementer på 70-tallet og starten av 80-tallet. Dette gav utslag i kvaliteten på elementene. Overdekningen i dag er ivaretatt, og NV har vært på befaring hos Bjørn Hansen AS som bekreftet at kravene til overdekning, samt betongkvalitet og utførelse, er ivaretatt.

Et annet problem tidligere var påhengte endeelementer som ble boltet fast, men som etter hvert falt ned da forbindelsen rustet. I dag blir dette støpt i ett stykke slik at ikke salter trenger ned i fuger og skaper rustdannelse. Dette eliminerer fare for at endeelementer skal falle av.

Estetikk

Estetisk sett mener en del at plasstøpte broer er penere, men at dette til syvende og sist vil være en subjektiv oppfatning. Ofte fører plasstøpte broer til kreative tverrsnitt, som medfører avanserte forskallingsløsninger og lengre byggetid.

Inspeksjon og vedlikehold

Vedlikehold på MOT-broene var tidligere et problem da inspeksjon mellom bjelker var problematisk fordi bjelkene sto for tett. I dag monteres bjelkene med en avstand som gjør inspeksjonen mellom bjelkene mulig, dette er tiltak som er iverksatt av NV og er et krav som stilles til entreprenører som skal bygge med prefab. En fordel med plasstøpte broer er at inspeksjonen er mye enklere som følge av at broen har en jevn flate. Dette gjør at man kan stå på bakkenivå å utføre inspeksjon.

En plasstøpt bro vil også bedre rustet for eventuelle påkjørsler, da denne er en helstøpt konstruksjon. En bjelkebro er mer utsatt da bjelker enkeltvis kan få store skader ved slike hendelser, videre er det vanskelig å bytte ut bjelker som blir skadet.

Logistikk på anleggsområdet

Plasstøpt og prefab er to ulike byggemåter som også gir utslag i logistikken på anleggsområdet. Ved plasstøpt kreves det flere betongbiler som kjører inn og ut, dette er et risikomoment som må tas høyde for. Videre skal alt av materialer og utstyr som er nødvendig for å bygge broen også leveres. Prefab krever færre folk og mindre materialer på stedet, noe som medfører mindre logistikk og bedre oversikt.

Ved bjelker med lengde over 40 meter vil det være nødvendig med svært store kraner som er meget kostbare å leie inn. Logistikken blir i tillegg mer omfattende om dette skulle bli aktuelt.

Økonomisk forskjell i de to ulike byggemåtene

Det hevdes en kostnadsbesparelse på 15-20% dersom man velger å bygge med prefabrikkerte betongelementer. Dette er da inkludert prosjekteringsfase og byggeprosess i beregningen. Det fremgår ingen skriftlig dokumentasjon på denne uttalelsen.

Standardisering

Frem til 2008 fantes det standardiserte dimensjoneringstabeller på brobjelkene, hvor tabellene inngikk i Håndbok N100 serien fra Statens Vegvesen. Bransjen har etterlyst en revidert utgave av boka de siste 10 årene, men dette har ikke blitt gjort ennå. Betongelementforeningen jobber med å gjeninnføre dimensjoneringstabeller i likhet med det tidligere standardverket. Dette vil resultere i en betydelig raskere prosjekteringsprosess, i motsetning til dagens metode som setter krav til dimensjoneringskontroll og dokumentasjon av hver enkelt bjelke. De siste 10 år er det Eurocodene og Håndbok N400 som har vært gjeldende regelverk for dimensjonering av broer.

Fremtiden

NV ser for seg økende bruk av prefab i fremtiden, og følgende sitat i denne sammenheng var at: «Ja, det er en rimeligere måte å bygge på, samt meget tidsbesparende. I tillegg er det påmonterte sikkerhetsrekkverket på endebjelkene et meget godt tiltak for å redusere ulykkesrisikoen. Samtidig skal det sies at ved plasstøping har man mulighet for lengere spenn, og dermed unngå søyle mellom undergående kjørefelter. Dette er noe man helst ønsker å unngå av sikkerhetsmessige årsaker med tanke på trafikken som passerer under.»

KRUSE SMITH

Bedrift	Navn	Stilling	Bedriftens rolle
Kruse Smith	Hilde Waage	HMS – sjef	Utførende entreprenør
Kruse Smith	Rebekka Smeland	HMS – leder	Utførende entreprenør
Intervju utført: 01.03.2018			
Sted: Kruse Smith sine lokaler, Kjøita 40, Kristiansand			
Tilstedeværende: Hilde Waage, Rebekka Smeland, Joachim Krogh, Jonathan Herwig, Jørgen Hansen			

Resultatet fra intervjuet omhandler

- **Ulykkesrisiko**
- **Andre relevante funn**
    - Miljøperspektiv
    - Logistikk på byggeplass
    - Hva industrialisert produksjon bidrar til
    - Framtidsutsikter

Ulykkesrisiko

Ulykkesrisiko ved prefab

Monteringsfasen ved prefab er kritisk, og innebærer et stort potensial for skade. Montasjefasen er kort, men skadeomfanget kan være katastrofalt om det først går galt. Klemfare er den største ulykkesrisikoen knyttet til denne aktiviteten. Bruk av sikker jobb analyse (SJA) er vanlig ved montasjefase, men dersom tjenesten blir innleid har denne aktøren i tillegg egne rutiner de følger ved slike operasjoner. Det kreves også egen sertifisering og kursing av personell som skal utføre montasje av slike elementer.

Spennarmering under produksjon av bjelkene er en betydelig risikofaktor. Oppspenningsfasen av armeringen i bjelkene som gjøres maskinelt i fabrikken utgjør en fare for arbeiderne.

Ulykkesrisiko ved plasstøpt

Plasstøpt innebærer mye arbeid i høyden, både under oppføring og rivning av midlertidige konstruksjoner og under bygging av selve broen. Fall fra høyde er den vanligste og farligste ulykkesrisikoen knyttet til dette. Det kommenteres også at midlertidige konstruksjoner generelt er å anse som farligere enn konstruksjoner oppført for varig bruk. Videre nevnes også at bruk av stillas, stiger og annet normalt medfører en høyere risiko for utførende arbeidere.

I tillegg er det stadig nye mennesker å forholde seg til, da arbeidet er prosjektbasert. Dette har innvirkning på ulykkesrisikoen, da graden av godt samarbeid og holdning til personlig sikkerhet vil variere kraftig. Plasstøpt medfører også at arbeidere må jobbe ute i all slags vær gjennom alle årstider.

Andre relevante funn

Miljøperspektiv

Det hevdes at avfallsmengder på anleggsområdet ved bruk av prefab vil bli mindre, og at industrialisert produksjon slikt sett bidrar positivt i et miljøperspektiv.

Logistikk på byggeplass

Ved plasstøpt har man større mengder materiell på arbeidsplassen, og dermed mer rot. Dette øker ulykkesrisikoen for at folk snubler og skader seg. Det er mange arbeidere på anleggsområdet samtidig, og det skjer uforutsette ting hele veien. God planlegging logistikk er derfor vesentlig for å holde orden og unngå skader. Ved innrapporterte hendelser er ofte årsaken til hendelsen kommentert med «dårlig planlegging». Ved prefab er det viktigere med et ryddig anleggsområde på grunn av levering og kraning av elementene. Det er færre arbeidsfolk på plassen, og i tillegg mindre materialer og utstyr.

Hva industrialisert produksjon bidrar til

Vedrørende industrialisert produksjon fremkommer det at desto mer som kan støpes i trygge og stabile omgivelser, desto tryggere er det for arbeiderne. Forutsigbarhet skapes når stabilt personale, som gjerne kjenner hverandre godt, utfører gjentakende arbeidsoppgaver over tid. Like lokaler hevdes også å gi fordeler sikkerhetsmessig. På en byggeplass er det mye større aktivitet og flere ting som skjer samtidig, noe som skaper større sannsynlighet for ulykker. Industrialiseringen gir mer statiske forhold enn ute på byggeplass, hvilket bidrar positivt sikkerhetsmessig.

Andre faktorer når det gjelder ulykkesrisiko er at i en fabrikk har man bedre mulighet til å bygge opp en sikkerhetskultur enn ute på prosjekter, der det stadig er nye mennesker å forholde seg til. Holdninger og kultur tar lang tid å endre, og krever langvarig samarbeid. Ved prosjektarbeid er det ofte vanskelig å etablere en god kultur før prosjektet er ferdig og blir oppløst. Påfølgende starter nytt prosjekt med nye team, og mange av de samme utfordringene dukker opp på nytt. HMS-arbeid er «sirkelarbeid» som man må jobbe med kontinuerlig.

En annen faktor er terrenget ute på byggeplass kontra en fabrikk. Det hevdes at dårlige gangveier er 80% av årsakene til ulykker i anleggsbransjen. Det siteres følgende: «Folk trår feil, trår over, sklir på snø og is og brekker bein eller forstuer armer og ben. Dette er forhold man reduserer ved økt industrialisering**»**.

Framtidsutsikter

Tidspresset på prosjektene er stadig økende noe som gjør at prefab stiller stadig sterkere. Det hevdes at i en ideell verden hvor all planlegging er gjort før man går i gang, så vil prefab ende ut som raskest. Samtidig påpekes det at dette er en teoretisk ideell verden, og at ikke alltid teori og praksis stemmer overens. Det presiseres likevel tydelig at prefab har et stort potensial, og vil bli anvendt i økende grad.

KRUSE SMITH

Bedrift	Navn	Stilling	Bedriftens rolle
Kruse Smith	Alf Reidar Meland	Kalkulatør	Utførende entreprenør
Intervju utført: 19.02.2018			
Sted: Kjøita 40, Kristiansand			
Tilstedeværende: Alf Reidar Meland, Joachim Krogh, Jonathan Herwig, Jørgen Hansen			

Resultatet fra intervjuet omhandler

- Fremdrift
- Ulykkesrisiko
- Andre relevante funn
    - Estetikk
    - Inspeksjon og vedlikehold
    - Økonomisk forskjell for de to ulike byggemåtene
    - Standardisering

På bakgrunn av ønske fra arbeidsmøtet med ekstern veileder Bjørn Velken avholdt 11.02.18, hvor også Alf Reidar Meland var tilstede, åpnet Alf Reidar intervjuet med å presentere sine kalkulasjoner for Vennevann bro. Han hadde laget to kalkulasjoner for henholdsvis en bro bygget med prefabrikkerte betongelementer, og en bro bygget med plasstøpt betong.

Fremdrift

Prefabrikkerte betongelementer gir en vesentlig reduksjon i driftstid på anleggsområdet. Dette er en følge av at en prefabrikkert bro har kortere byggetid målt i antall timeverk som gir en positiv effekt på administrasjonsbehov og øvrig driftstid på anleggsområdet. Det henvises til kalkulasjonen hvor timeverk fremkommer.

Ved en standardisert fremdriftsplan for prefabrikkerte elementbroer målt opp imot en fremdriftsplan for plasstøpte betongbroer, ser man at det er i bygging av selve brooverbygningen den største tidsbesparelsen ligger. En plasstøpt bro krever oppsett av bærende stillas, forskalling, montering av armering og videre utstøping av broen med påfølgende herdetid. For en prefabrikkert bro beregnes det fem dager til montering av bjelker og dekkplater, og videre 35 dager til utstøping av restbetong. Etterfølgende kompleteringsfase er lik for begge byggemåter.

Ved bruk av prefabrikkerte elementer vil man spesielt vinterstid oppnå en høyere forutsigbarhet i fremdriften av prosjektet, da store deler av byggearbeidet er flyttet inn i fabrikk skjermet fra ytre miljø. Skal man i tillegg bygge flere broer på samme veiprosjekt, vil man også kunne utnytte stordriftsfordelene og repetisjonseffektene som oppstår. Det blir også en kortere periode der det må stenges for trafikk og opphold under broen, da bygging av brooverbygning går adskillig raskere. Tidlig

ferdigstillelse av bro er noe som gjør anleggsområdet mer dynamisk, da området blir tilgjengelig for bruk og ferdsel.

Ulykkesrisiko

Plasstøpt krever oppføring av midlertidige konstruksjoner som ofte bygges på utfordrende grunnforhold etc. Dette arbeidet krever mye arbeid i høyden, hvor fallskader er en ulykkesrisiko.

Andre relevante funn

Estetikk

Statens Vegvesen har lenge vært kritiske til prefabrikkerte broer, primært på bakgrunn av estetikk og arkitektoniske årsaker. Dette er i ferd med å snu seg, da betongelementer har noe potensial når det kommer til utforming og estetisk uttrykk. Hovedfokuset er likevel størst på funksjonalitet ved denne typen broer.

Inspeksjon og vedlikehold

Plasstøpte broer er enklere å inspisere og vedlikeholde. NV har lagt ned krav om bjelkeavstand på 80 cm for prefabrikkerte elementer. Dels på grunn av drenering av fuktighet, men også av hensyn til inspeksjon. Likevel vil fortsatt plasstøpte broer være enklere å inspisere, da denne har en jevn overflate.

Fordelen med broer bygd med plasstøpt betong er også sikkerhet i forhold til påkjørsel av høye lastebiler, der denne type bro bare vil få en lokal skade på broelementet. På en prefab-bro kan man risikere skader som trenger helt inn til strekkarmeringen. Dersom hele bjelken i verste fall må byttes har man en betydelig utfordring. En mulig løsning for å hindre slike skader er å montere sidekanter av eksempelvis stålplater for å beskytte bjelkene, noe som er vanlig praksis for eksempel i Nederland.

Økonomisk forskjell i de to ulike byggemåtene

Det viser seg at kostnadsdifferansen på selve *brooverbygningen* er relativt liten ut i fra kalkulasjonen basert på materialmengdene. Det fremkommer en differanse på ca to prosent i totalpris for byggemåtene ved bruk av disse kalkulasjonene, der prefab ble billigste alternativ.

Standardisering

Angående standardisering hevdes det at prosjektering av broer vil bli forenklet om man får på plass et offentlig godkjent rammeverk, slik at man kan kjøre både prosjektering og kalkulasjon for broen under ett. På nåværende tidspunkt hvor dette ikke er tilfelle, vil prosjekteringsfasen være relativt lik for begge byggemetodene.

KRUSE SMITH

Bedrift	Navn	Stilling	Bedriftens rolle
Kruse Smith	Thomas Grønvold	Anleggsleder	Utførende entreprenør
Intervju utført: 07.03.2018			
Sted: Longum Teknologipark, Aust Agder			
Tilstedeværende: Thomas Grønvold, Joachim Krogh, Jonathan Herwig, Jørgen Hansen			

Resultatet fra intervjuet omhandler

- Fremdrift
- Ulykkesrisiko
- Andre relevante funn, herunder:
    - Estetikk
    - Miljøperspektiv
    - Logistikk på byggeplass
    - Hva industrialisert produksjon kan bidra til
    - Standardisering

Fremdrift

En stor fordel ved prefab er at man slipper midlertidige konstruksjoner som er meget tidkrevende. Et grovt muntlig anslag presenteres: skal det eksempelvis fylles et volum på 4000 m^3 med midlertidig konstruksjon vil denne jobben anslås til å ligge mellom 1000-1500 timer. Det fremkommer at denne konstruksjonen er en vesentlig del av det samlede arbeidet, og herav utslagsgivende for fremdriften.

Monteringsfasen av elementene er unnagjort meget raskt. Denne fasen tar ca to dager, og gjøres av et sertifisert team som består av to til tre personer pluss kranfører. Deretter kommer arbeidet med armeringen og støping av toppdekket. Jo raskere broen er ferdig støpt, jo raskere kan det også åpnes for anleggstrafikk over eller under broen. Dette vil være fordelaktig for den videre driften på anleggsområde. Spesielt ved bygging over eksisterende vei vil dette være fordelaktig ved at man trenger vesentlig kortere perioden med omlegging av trafikken.

Utfordringer med bygging av prefab bro

Det har forekommet noen utfordringer ved montering av den første broen på *Strekningen.* Det har måtte gjøres noen tilpasninger som har vært litt krevende og tatt ekstra tid. Dette er blitt tatt lærdom av, og arbeidet ved neste bro vil derfor bli enklere. Slike erfaringer nyttiggjøres derfor ved bygging av flere tilnærmet like broer på en strekning, herav er historikk viktig for utviklingen.

Når det gjelder utføring av armeringen for brooverbygningen på en prefabrikkert bro, så er dette arbeidet noe enklere på en plasstøpt bro. Dette er fordi man på en prefab bro har mye armeringsjern som stikker opp av bjelkene og gjør armeringen av overdekningen litt mer krevende.

Selv om det er mange fordeler med prefab, stiller selvsagt plasstøpt også sterkt. Det er ikke i alle sammenhenger prefab vil være mulig å bruke, de riktige forutsetningene må være tilstede. Ved plasstøpt er man for eksempel mer fleksibel i forhold til geografien der broen skal bygges. Det henvises til et prosjekt på *Strekningen* hvor en bro i utgangspunktet var tenkt bygget med prefab, men ved videre planlegging i prosjektet viste dette seg som en lite effektiv løsning. En plasstøpt bro ble derfor benyttet i dette prosjektet.

Ulykkesrisiko

Ulykkesrisiko ved prefab

Monteringsfasen er den kritiske fasen hvor store tunge løft ved kraning inngår. Frekvens mellom ulykkene er lav, men konsekvensen kan være høy om det først går galt ved heising og montering av elementene.

Ulykkesrisiko ved plasstøpt

Ved bygging av midlertidige konstruksjoner er dette arbeidet forbundet med mye arbeid i høyden. Dette innebærer at fallskader er en stor ulykkesrisiko. Ulykkesrisikoen øker i tillegg når arbeidere tilbringer såpass mye av den totale byggetiden i og ved disse konstruksjonene.

Andre relevante funn

Estetikk

Det er funksjonskravet til broene som kommer i første rekke, og estetikken er mindre viktig da broene ofte ikke er direkte synlige for allmennheten som kjører over dem. Estetikk blir også å anse som en subjektiv formening.

Miljøperspektiv

Angående materialer vil det brukes mindre stål og betong i en prefab bro, noe som er positivt i et miljøperspektiv. Prefab har ofte et mindre tverrsnitt enn plasstøpt, dette fører til lavere betongforbruk.

Materialbesparelsen fremkommer som et muntlig utsagn fra respondent, og det fremkommer ingen skriftlig dokumentasjon på dette.

Logistikk på byggeplass

Prefab krever mye areal for mottak av elementer og bruk av mobilkran, dette forutsetter at tilstrekkelig med areal må være ryddig og klarert. I tilknytning til dette er geografien på og rundt anleggsplassen av betydning, mye kupert terreng vil være utfordrende da det kan vanskeliggjøre gunstig plassering av kranen. Mobilkran bør ikke plasseres for lang unna broen, lengre avstand betyr større kran. En større mobilkran har en høyere kostnad, og kan fort bli en fordyrende faktor.

Hva industrialisert produksjon kan bidra til

Når det gjelder industrialisert produksjon vil dette kunne være ha en negativ effekt for betongarbeiderne, ved at man flytter mye av støpearbeidet fra anleggsområde til fabrikk. Dette blir en negativ effekt for betongarbeiderne som helst ønsker å plasstøpe konstruksjoner. Økt bruk av prefab vil følgelig føre til en omstilling for de involverte, dersom disse effektene slår til.

Standardisering

I forhold til standardisering vil et standardverk for dimensjonering av brobjelkene gjøre prosjekteringsfasen kjappere. På *Strekningen* hvor det skal bygges seks like prefabrikkerte broer, ville et standardverk i denne sammenheng vært meget fordelaktig. Videre vil det ofte oppstå synergieffekter når man gjentar byggeprosessene flere ganger. Ved å gjøre en arbeidsoperasjon flere ganger blir arbeidere ofte bedre for hver gang, slik at historikk og erfaringer nyttiggjøres også i denne sammenheng.

Bedrift	Navn	Stilling	Bedriftens rolle
Kruse Smith	Jan Atle Einerkjær	Anleggsleder	Utførende entreprenør
Intervju utført: 07.03.2018			
Sted: Longum Teknologipark, Aust Agder			
Tilstedeværende: Jan Atle Einerkjær, Joachim Krogh, Jonathan Herwig, Jørgen Hansen			

Resultatet fra intervjuet omhandler

- Fremdrift
- Ulykkesrisiko
- Andre relevante funn
    - Historikk
    - Estetikk
    - Inspeksjon og vedlikehold
    - Framtidsutsikter

Fremdrift

Den midlertidige konstruksjonen ved plasstøpt krever mange timeverk og utgjør totalt sett en stor del av byggeprosessen. Ved prefab eliminerer man denne type konstruksjon, dette er meget utslagsgivende for fremdriften som blir betydelig kortet ned ved denne byggemetoden. Det hevdes at Stølen bro, som er den første prefab broen på *Strekningen*, vil sammenlignet med plasstøpt ha en tidsbesparelse på ca. 40%.

Tidsbesparelsen som hevdes er et muntlig utsagn fra intervjuobjekt, og det fremkommer ingen skriftlig dokumentasjon på dette.

Utfordringer ved prefab

Den første broen hadde noen tekniske utfordringer som resulterte i ekstra medgått tid. Disse utfordringene tas med videre i prosjektet på *Strekningen,* og vil være erfaringer som kan nyttiggjøres ved bygging av neste bro. Det hevdes at effektiviteten på broene vil bli bedre og bedre for hver bro som bygges, da dette er effekten av repetisjonsarbeid.

Ulykkesrisiko

Ulykkesrisiko ved en prefab bro

Ser man kun på selve brooverbygningen, så har man her eliminert arbeidet i den midlertidige konstruksjonen. Dette gjør at man fjerner en stor risikofaktor som gjør at prefab fremgår som en betydelig tryggere byggemåte. Det påmonterte sikkerhetsrekkverket på kantbjelkene ved en prefab bro, gjør i tillegg at fallrisikoen for arbeiderne ved denne byggemåten er mindre.

Den største ulykkesrisikoen ved prefab befinner seg i monteringen av elementene. Dette arbeidet inkluderer heising av store og tunge elementer, så her er klemfare en ulykkesrisiko. Arbeidet forgår

likevel under meget kontrollerte forhold, men utfallet av en arbeidsulykke i denne sammenheng kan likevel være meget alvorlig.

Ulykkesrisiko ved en plasstøpt bro

Oppføring av en midlertidig konstruksjon innebærer mange arbeidstimer i høyden. Oppføringen av disse konstruksjonene er et krevende arbeid, og ulykkesrisikoen i denne sammenheng er i første rekke fall fra høyde. Da arbeiderne oppholder seg store deler av byggeperioden en midlertidig konstruksjon, er dette en faktor som er med på å øke ulykkesrisikoen.

Andre relevante funn

Historikk

Historisk sett har mange vært skeptiske til bruk av elementer på grunn av dårlig overdekning på armeringen. Dette har dermed medført et dårlig rykte, og blant annet Statens Vegvesen har vært skeptiske til bruken.

Estetikk

Estetikken fremkommer som en personlig formening, og subjektiv som sådan. I tillegg ligger ofte ikke broene i direkte tilsyn for forbipasserende.

Inspeksjon og vedlikehold

Når det gjelder vedlikehold vil det være enklere vedlikehold på de plasstøpte broene. Dette fordi disse broene har en jevn underside i motsetning til en bjelkebro. Inspeksjon er viktig da det saltes mye i Norge, og da elementbroen krever inspeksjon opp i mellom bjelkene er det naturlig at dette er enklere på en plasstøpt bro.

En annen ulempe med MOT-bjelker er at de er mer utsatte for påkjørsel og skader av dette. En plasstøpt bro er en hel sammenstøpt plate som tåler mer ved en eventuell påkjørsel av for eksempel lastebil eller trailer som skal passere under broen.

Framtidsutsikter

Framtiden krever nye løsninger på grunn av stadig større tidspress på prosjektene, så her stiller prefab sterkt under de riktige forutsetningene.

7.1.2 Oppsummering av alle intervjuer

I tabell 7.1 vises en oppsummering av de viktigste nøkkelpunktene fra alle intervjuene, disse er kategorisert i tråd med figur 6.5.

Hovedtema	Undertema	Funn
Prefab	*Fremdrift*	Raskere oppføring av bro
		Eliminerer oppføring av midlertidig konstruksjon
		Kortere stengetid for ferdsel over eller under bro
		Flere like broer på samme strekning vil kunne bidra til synergieffekt og raskere fremdrift for veiprosjektet
		Høyere forutsigbarhet spesielt vinterstid, da store deler av produksjonen er skjermet fra ytre miljø
	Ulykkesrisiko	Klemfare ved montering av elementene
		Antall timeverk med arbeid i høyden er vesentlig redusert i forhold til plasstøpt
		Opphold i midlertidig konstruksjon er eliminert
		Fallrisiko er vesentlig redusert ved premontert sikkerhetsrekkverk på kantbjelkene
		Tunge løft er redusert for arbeidere
		Oppspenningsfase av spennarmering har høy risiko
	Andre relevante funn	***Fordeler***
		Mindre tverrsnitt medfører reduserer bruk av betong
		Færre arbeidere på anleggsområde krever mindre logistikk vedrørende personell
		Utstøping som foregår i omgivelser skjermet fra ytre miljø, gir god betongkvalitet

		Industrialisert produksjon legger til rette for gode arbeidsstillinger, og reduserer tunge løft
		Industrialisert produksjon med stabilt personell gir økt mulighet for å skape en god sikkerhetskultur
		Ulemper
		Prefabrikkert forskalling for kantbjelken fungerer ikke optimalt i praksis
		Store kraner krever mer logistikk vedrørende montasjefasen
		Bruk av kraner og levering av elementer stiller krav til geografi og typografi på anleggsområdet
		Industrialisert produksjon kan gi negativ effekt for betongarbeiderne som helst ønsker å plasstøpe
		Oppnår kortere spennvidde enn plasstøpt
Plasstøpt	*Fremdrift*	Midlertidige konstruksjoner er svært tidkrevende, lang byggefase
		Armering av brooverbygningen har en noe enklere utførelse
		Større risiko for forsinkelser som skyldes ytre miljø og påvirkninger
		Mer kompleks brogeometri fører til økt tidsforbruk ved prosjektering og planlegging
	Ulykkesrisiko	Mange arbeidstimer i høyden
		Mange arbeidstimer i og ved midlertidig konstruksjon
		Fare for å bli truffet av fallende objekter ved arbeid i stillas
		Arbeidere er eksponert for fallfare over lengre tid

		Mer kompleks logistikk vil gi økt risiko
		Setninger i grunnforhold under midlertidig konstruksjon kan i verste fall føre til kollaps
	Andre relevante funn	***Fordeler***
		Muliggjør lengre spenn
		Enklere med vedlikehold og inspeksjon
		Enklere å reparere ved eventuell skade forårsaket av påkjørsel
		Høyere fleksibilitet ved bygging vedrørende geografiske forhold
		Ulemper
		Medgår større mengder betong og armering på av et større tverrsnitt
		Flere arbeidere på anleggsområde krever mer logistikk vedrørende personell

Tabell 7.1: Oppsummering av alle intervjuer

7.2 Resultater del 2: Analyse av fremdrift og ulykkesrisiko

7.2.1 Kartlegging og utvelgelse av aktiviteter

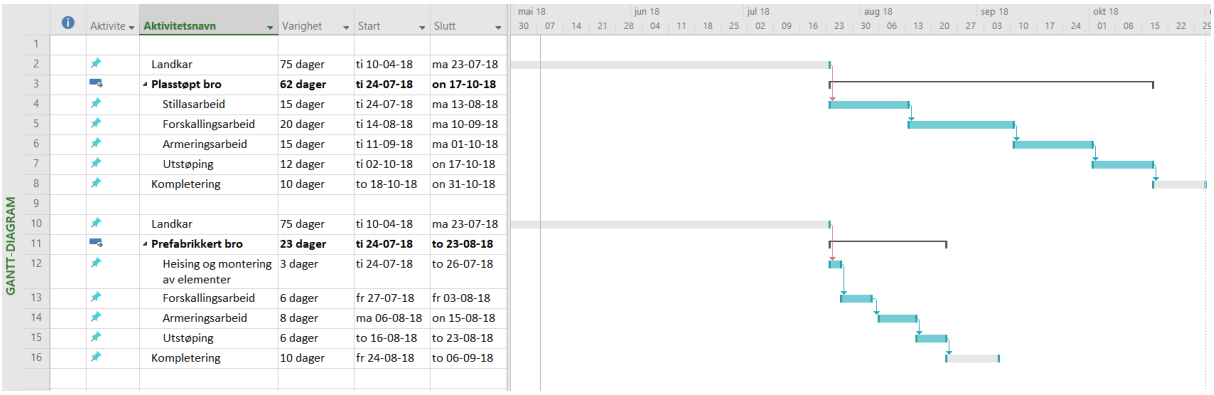
Tabell 7.1 viser aktivitetene som ble plukket ut for videre forskning og analyse fordelt på byggemåte:

Plasstøpt betong	**Prefabrikkerte elementer**
Stillasarbeid	Heising og montering av elementer
Forskallingsarbeid	Forskallingsarbeid
Armeringsarbeid	Armeringsarbeid
Utstøping	Utstøping

Tabell 7.2: Utvalgte aktiviteter

7.2.2 Resultat fremdrift

Resultatet for fremdrift vist i figur 7.1. Diagrammet er inndelt i fargekoder, der grått angir aktiviteter som er identiske for begge byggemåter, og blått viser varighet for de utvalgte aktivitetene i tabell 7.2.



	Aktivitetsnavn	Varighet	Start	Slutt
2	Landkar	75 dager	ti 10-04-18	ma 23-07-18
3	**Plasstøpt bro**	**62 dager**	**ti 24-07-18**	**on 17-10-18**
4	Stillasarbeid	15 dager	ti 24-07-18	ma 13-08-18
5	Forskallingsarbeid	20 dager	ti 14-08-18	ma 10-09-18
6	Armeringsarbeid	15 dager	ti 11-09-18	ma 01-10-18
7	Utstøping	12 dager	ti 02-10-18	on 17-10-18
8	Kompletering	10 dager	to 18-10-18	on 31-10-18
10	Landkar	75 dager	ti 10-04-18	ma 23-07-18
11	**Prefabrikkert bro**	**23 dager**	**ti 24-07-18**	**to 23-08-18**
12	Heising og montering av elementer	3 dager	ti 24-07-18	to 26-07-18
13	Forskallingsarbeid	6 dager	fr 27-07-18	fr 03-08-18
14	Armeringsarbeid	8 dager	ma 06-08-18	on 15-08-18
15	Utstøping	6 dager	to 16-08-18	to 23-08-18
16	Kompletering	10 dager	fr 24-08-18	to 06-09-18

Figur 7.1: Gantt-diagram

Figur 7.1 viser en forskjell i byggetid på 34 dager mellom de to byggemåtene. Det vises at bro oppført med prefab har kortest byggetid. Prosentvis utregning av tidsbesparelse mellom byggemåtene:

$$\frac{(Dager\ Plasstøpt - Dager\ Prefab)}{Dager\ Plasstøpt} = \frac{(62 - 23)}{62} = 0{,}63$$

Dette tilsvarer en samlet tidsbesparelse på 63% for bygging med prefabrikkert elementer sammenlignet med bygging med plasstøpt betong.

Beregningsgrunnlaget er vedlagt i kapittel 12.

7.2.3 Resultat ulykkesrisiko

Tabell 7.3 viser samlet tallverdi fra de to HAZOP-analysene fordelt på aktiviteter og byggemåte. Tilhørende HAZOP-rapporter beskriver utførelse, fremgangsmåte og enkelte foreslåtte tiltak. For hver aktivitet er det benyttet et eget HAZOP-skjema som summerer opp en total verdi for ulykkesrisiko. Summen av disse viser en samlet verdi for ulykkesrisiko for hver byggemåte.

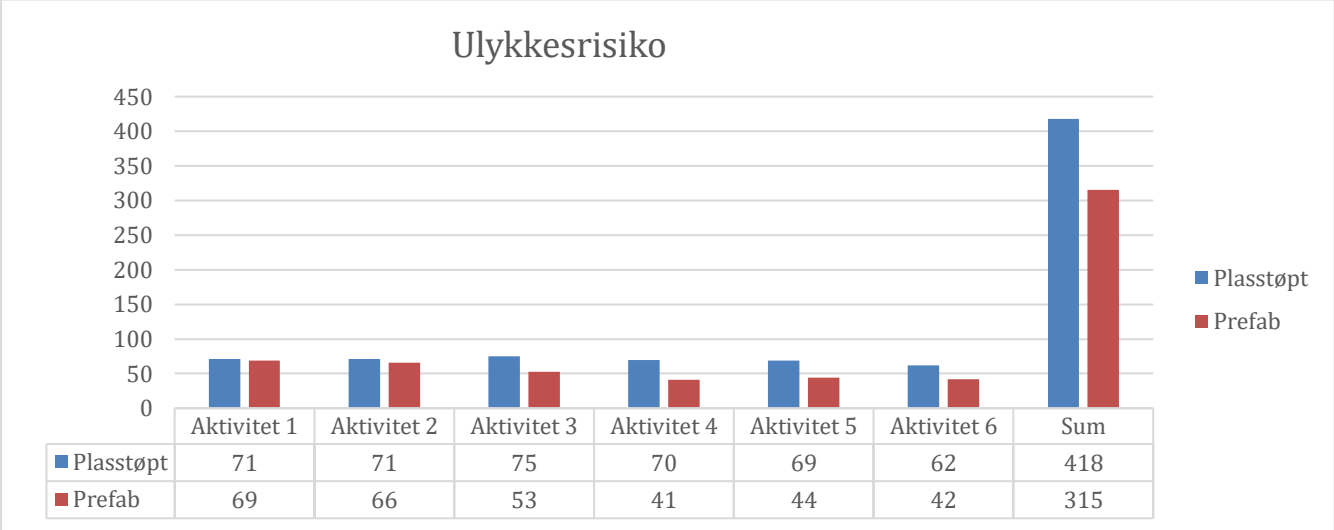
	Resultater - Plasstøpt		**Resultater - Prefabrikkert**	
Aktivitetnr	**Beskrivelse**	**Sum ulykkesrisiko**	**Beskrivelse**	**Sum ulykkesrisiko**
Aktivitet 1	Montering stillas	71	Montering av MOT-bjelker	69
Aktivitet 2	Demontering stillas	71	Montering av platedekke	66
Aktivitet 3	Montering forskalling	75	Montering forskalling	53
Aktivitet 4	Demontering forskalling	70	Demontering forskalling	41
Aktivitet 5	Armering	69	Armering	44
Aktivitet 6	Utstøping av brodekket	62	Utstøping av topdekket	42
	Sum	**418**	**Sum**	**315**

Tabell 7.3: Resultat HAZOP-analyser

Av tabellene fremgår det at det er en høyere ulykkesrisiko for byggemåte plasstøpt. Prosentvis utregning av verdiene i Tabell 7.3:

$$\frac{(Verdi\ Plasstøpt - Verdi\ Prefab)}{Verdi\ Plasstøpt} = \frac{418 - 315}{315} = 0{,}327$$

Dette viser at plasstøpt har tilnærmet 33% høyere verdi for ulykkesrisiko enn prefab. I figur 7.2 vises en grafisk fremstilling av resultatene.



	Aktivitet 1	Aktivitet 2	Aktivitet 3	Aktivitet 4	Aktivitet 5	Aktivitet 6	Sum
Plasstøpt	71	71	75	70	69	62	418
Prefab	69	66	53	41	44	42	315

Figur 7.2: Grafisk fremstilling av resultat

8 Diskusjon

I de følgende underkapitler diskuteres resultatene i lys av hverandre og teorien i kapittel tre.

8.1 Kvalitative intervjuer

Under intervjuene fremkom det en rekke forskjeller mellom byggeprosessene knyttet til prefab og plasstøpt. Respondentene hadde noe ulik kunnskap rundt spørsmålene som ble stilt i intervjuene, dette grunnet ulik faglig kompetanse på ulike områder. Blant annet ble det i ett intervju ikke diskutert særlig mye rundt temaet fremdrift, da begge respondentene representerte fagområdet HMS.

8.1.1 Fremdrift

Flere faktorer relatert til fremdrift ble trukket frem under intervjuene. I fem av seks intervjuer ble spørsmål angående dette temaet besvart. Det fremgår av resultatene at den aller største forskjellen mellom en prefabrikkert bro og en plasstøpt bro, er knyttet til bruk av midlertidige konstruksjoner. Slike konstruksjoner påpekes som tidkrevende og utgjør en stor del av det samlede arbeidet ved brobyggingen. Samtlige respondenter som besvarte dette temaet uttalte at ved å eliminere bruk av midlertidige konstruksjoner ville man derfor oppnå en betydelig tidsbesparelse. Bruk av prefab virker derfor som et viktig steg for å bedre fremdriften i prosjektet.

Andre faktorer som kunne relateres til fremdrift var at broene ofte oppfattes som flaskehalser i prosjektet. Dette betyr at jo raskere broen kan tas i bruk, jo større fordeler gir dette for driften på anleggsområdet og resten av veiprosjektet. Ved oppføring av bro over eksisterende veier vil dette resultere i kortere perioder med omlegging og/ eller dirigering av trafikken.

Høyere forutsigbarhet ved bruk av prefab trekkes også frem som en forskjell mellom byggemetodene. Industrialisert produksjon bidrar til denne forutsigbarheten, da produksjon foregår skjermet fra ytre miljø og fra forhold på anleggsområdet. En av respondentene opplevde dette særlig positivt vinterstid, da snø og kulde ofte er en kilde til forsinkelse for plasstøpt. Industrialisert produksjon av broelementene eliminerer en del stedlige kilder til forsinkelser på anleggsområdet. Dette være seg uønsket vær som kan forsinke pågående aktiviteter i byggefase og leveranser. I tillegg vil antall aktører med ulike roller som er tilstede på området øke risikoen for misforståelser og forsinkelser, som kan skyldes dårlig samarbeid og dårlig planlegging av arbeidet. Prefab gir også fordel i form av at deler av broen blir bestilt ferdig produsert, og levert på anleggsområdet til et gitt tidspunkt.

For fremdrift er også valg av gjennomføringsmodell relevant. I intervjuet med Nye Veier omtales gjennomføringsmodeller, hvor det på *Strekningen* anvendes totalentreprise. Totalentreprise resulterer i større grad i tidligere involvering av utførende aktører i hele byggeprosessen, dette fører til en mer dynamisk byggeprosess. Dette innebærer blant annet tidligere og økt involvering av medvirkende aktører, samt at løsninger ikke blir fastlåst på et tidlig tidspunkt i byggeprosessen. Fordelene med dette er at entreprenørene selv kan vurdere hvilke løsninger de selv har best forutsetninger for, og en etterfølgende gevinst i form av tidsbesparelse da entreprenøren gjerne velger det raskeste alternativet så lenge funksjonskravet oppfylles.

På et veiprosjekt der det bygges flere like broer fremkommer det av intervjuene at man oppnår positive gevinster ved å oppføre samme type bro flere ganger. Det kan hevdes at en reduksjon i

antall ulike broer vil være en fordel for økt bruk av prefab, samtidig som en økt bruk av prefab vil virke som en begrensende faktor for antall ulike broløsninger. Dette blir totalt et sett et komplekst system, der hva som virker mest og først inn i prosesser og avgjørende valg blir å anse som en «høna eller egget» diskusjon. Dette går utenfor oppgavens omfang, men blir likevel diskutert i korte trekk da temaet har vært underliggende gjennom arbeidet med oppgaven.

Dersom man tidlig i planleggingsfasen for et nytt veiprosjekt øker fokuset på standardisering for hele veilinjen under ett, vil man lettere kunne velge en veilinje som krever et redusert antall med *ulike* broer. Dette forutsetter at det gjøres visse endringer fra dagens regelverk knyttet til både planprosesser og prosjektering. Blant annet må et offentlig standardverk for prefab broer blir utarbeidet og godkjent. Videre må det velges en linje med geografiske og topografiske forhold som muliggjør dette. Fordelen med en reduksjon i antall ulike broer vil i første omgang være færre timer som medgår til prosjektering og planlegging av broer. Videre vil man ettersom broene bygges oppnå flere positive repetisjonseffekter, og et produkt som stadig blir ytterligere optimalisert for formålet. Det vil også være naturlig å anta at prosesstap i byggefasen og produksjonsfeil også vil reduseres i tråd med antall bygde broer og produserte elementer. Dette i tillegg til den tidsbesparelse som allerede er poengtert ut ifra intervjuene.

En negativ effekt med et redusert antall unike broer vil være kravene som stilles til veilinjen, og økte krav og begrensninger i forhold til hva slags terreng og spennlengder som kan prosjekteres. Dette kan gjøre det mer tidkrevende og finne en trasé som tilrettelegger for prefab med tanke på lengder på brospenn og de geografiske og topografiske forholdene under spennet. Geografiske forhold kan også eliminere eller vanskeliggjøre bruk av prefab på grunn av kravene til logistikk av elementene og bruk av kran.

Videre kan planleggingen bli lite fleksibel med tanke på alle andre hensyn som skal tilfredsstilles rundt anleggelse av ny vei. Det er verdt å bemerke at å eliminere bruk av plasstøpte broer i Norske veiprosjekter anses som svært lite sannsynlig grunnet utfordrende geografi, behov for lange brospenn og ønske/ behov om enkelte broer som «signalanlegg» med høy estetisk verdi.

8.1.2 Ulykkesrisiko

Prefab

Resultatene viser at den største ulykkesrisikoen forbundet med prefabrikkerte elementer er klemfare. Dette gjelder både for produksjon og monteringsfase. Samtlige respondenter er samstemmige om denne ulykkesrisikoen. Flere av respondentene nevner at konsekvensen av en ulykke som involverer betongelementer kan være katastrofal. Dette skyldes dimensjon og vekt på elementene, kombinert med bruk av kran. På tross av mulig konsekvens oppfattes ulykkesrisikoen ved denne aktiviteten totalt sett som mindre enn tilsvarende aktiviteter på plasstøpt. Dette kan skyldes at montasjefasen foregår under relativt forutsigbare forhold, og at aktiviteten er godt planlagt.

Vedrørende forutsigbare forhold er et relevant punkt at monteringen kun utføres av personell som er kurset og sertifisert for disse arbeidsoppgavene. Montering av elementene krever lite mannskap, ofte kun to til tre personer. Aktiviteten er nøye planlagt og byggherre er i tillegg med som observatør og kontrollør for å kvalitetssikre gjennomføringen. Arbeidet utføres over en kort tidsperiode, og arbeidsoppgavene er veldefinert og risikovurdert på forhånd. HMS-arbeid og riggplaner er en

vesentlig del av forarbeidet til denne aktiviteten, dette er i tråd med Taylorismen som viser viktigheten av å inkludere konkrete risikovurderinger i planleggingsfasen. På grunnlag av disse forholdene kan man anse sannsynligheten for en arbeidsulykke som relativt lav. I følge en respondent har det ikke vært ulykker knyttet til montering av elementer i løpet av de siste ti årene.

En felles oppfatning blant respondentene vedrørende ulykkesrisiko knyttet til denne byggemåten er en vesentlig reduksjon i antall timeverk med arbeid i høyden. Respondentene var enige om at arbeid i høyden er forbundet med høy ulykkesrisiko og derfor bør begrenses til et minimum. Det fremkom også at monteringsfasen for prefabrikkerte elementer er relativt kort. Bruk og bygging av midlertidige konstruksjoner er eliminert ved bruk av prefab, dette er faktorer som både isolert og totalt sett vil redusere ulykkesrisikoen sammenlignet med plasstøpt.

Et annet tiltak som reduserer arbeid i høyden er sikkerhetsrekkverket som er ferdig montert på kantbjelkene ved levering. Anleggsarbeidere unngår dermed å utføre monteringen av kollektiv fallsikring i høyden på byggeplassen, og videre arbeid på broen blir betydelig tryggere.

To av respondentene viser til at oppspenning av armering under produksjon av bjelkene innebærer særlig høy risiko. Ulykkesstatistikk fra produsent (udokumentert i denne oppgaven) viser likevel ingen hendelser knyttet til dette, men gitt at konsekvensen av en arbeidsulykke vil være høy er det like fullt en risiko ved dette arbeidet.

Logistikkravet til denne byggemåten krever et større fritt område enn plasstøpt på grunn av arealkrav knyttet til levering av elementene og bruk av kran. Dette stiller større krav til planlegging og riggplaner for anleggsområdet enn for plasstøpt. En positiv effekt av dette kan være færre materialer og mindre utstyr på området. Noe som kan føre til mindre rot og mer oversiktlige forhold som kan minimere risiko for kollisjoner, snubling og andre relaterte hendelser. Videre krever denne byggemåten færre arbeidere på anleggsområdet, noe som bidrar til å redusere risikoen totalt sett.

Plasstøpt

Under samtlige intervjuer kom det frem at arbeid i høyden er den største kilden til ulykkesrisiko. Dette skyldes at byggemåten krever mange timeverk i risikoutsatt posisjon, dette fører til at sannsynligheten for en arbeidsulykke stiger. Ifølge Arbeidstilsynet og Statens arbeidsmiljøinstitutt er fall den hyppigste ulykkestypen når det kommer til alvorlige ulykker [4]. For øvrig vil større høyde gi høyere konsekvens. Til tross for strenge regler knyttet til HMS-arbeid, herunder utarbeidelse av SJA og SHA, skjer det fortsatt fallulykker på norske anleggsplasser. Dette kan skyldes menneskelig svikt knyttet til bruk av personlig eller kollektivt verneutstyr, eller som et resultat av feilaktig vurdering i forhold egen subjektiv risiko. En annen årsak kan være knyttet til tidspress og arbeidsmiljø, som kan føre til reduserte psykososiale forhold på arbeidsplassen. Dette kan ha en negativ effekt på arbeiderne. I forhold til prefab krever plasstøpt flere arbeidere over lengre tid, noe som øker mengden HMS-arbeid som må utføres foran aktiviteter. Mengden med HMS-arbeid vil også ha betydning for fremdriften i prosjektet. Videre gir dette også en høyere ulykkesrisiko totalt sett.

Ofte er utfordrende grunnforhold og terreng en årsak til at man velger å bygge med plasstøpt betong, dette øker ulykkesrisikoen knyttet til kollaps av stillaser og midlertidige konstruksjoner.

En annen stor risikofaktor er arbeidere som jobber i ulike vertikale nivåer over hverandre, i stillaser og andre midlertidige konstruksjoner. Som resultatene viser gir dette en risiko for dropp av gjenstander som kan falle ned på arbeider som befinner seg vertikalt under. I likhet med arbeid i

høyden er mange timeverk i slike posisjoner nødvendig for å fullføre broen. Som tidligere beskrevet er kontakt med fallende objekt blant de hyppigste ulykkestypene, ifølge Arbeidstilsynet og Statens arbeidsmiljøinstitutt. Dette er sammenfallende med resultatet fra HAZOP-analysen. For å eliminere slik ulykkesrisiko må man nødvendigvis redusere antall aktiviteter og arbeidere som jobber samtidig på samme lokasjon. Dette blir vanskelig å unngå uten at det fører til store forsinkelser eller økning i kostnader. Derfor bør det tilstrebes å redusere risikoen i form av økt sikkerhetskultur og bedre rutiner blant arbeidere.

Logistikken på anleggsområdet vil være mer omfattende for plasstøpt i sin helhet, ettersom hele konstruksjonen skal produseres på stedet. Dette forutsetter som nevnt flere arbeidere, og at alt av materialer og utstyr leveres, lagres og benyttes på anleggsområdet. Effekten av dette blir i mange tilfeller en mer uoversiktlig arbeidsplass som stiller strengere krav til organisering og planlegging. Det er viktig at denne planleggingen strekker seg over hele prosjektets livsløp helt frem til prosjektets avslutningsfase.

En av respondentene nevner sikkerhetskultur på arbeidsplass, og at dette er lettere å skape i en fabrikk enn på et anleggsområde. Dette skyldes i stor grad skiftende bemanning og varierende arbeidsoppgaver på anleggsområdene. Holdninger og kultur tar lang tid å endre, og krever langvarig samarbeid. Med bakgrunn i prosjektets natur innenfor tids- og kostnadsrammer er det vanskeligere å skulle innarbeide dette på broprosjekter. En respondent oppsummerte med følgende setning: «*Forutsigbarhet skapes når stabilt personale, som gjerne kjenner hverandre godt, utfører gjentagende arbeidsoppgaver» [81].*

8.1.3 Andre relevante funn

Under intervjuene fremkom det en rekke interessante punkter som ikke direkte kan knyttes til fremdrift og ulykkesrisiko, men som allikevel kan være medvirkende i forhold til valg av byggemåte. Dette var blant annet estetikk, historikk, inspeksjon og vedlikehold og miljøperspektiv.

En av de største synlige forskjellene mellom prefab og plasstøpt er det visuelle uttrykket. Her var respondentene av ulike oppfatninger, men til syvende og sist er estetikk å anse som subjektivt. NV har tonet ned hensynet til det estetiske med det mål for øyet at nytteverdien skal være høyrere enn kostnaden.

Noen av respondentene pekte på dårlig historikk knyttet til prefab. Dette skyltes dårlig rykte rundt kvalitet og bestandighet, kombinert med noen uheldige erfaringer og hendelser knyttet til dette. Til tross for at kravene til betongoverdekning og utførelse ble skjerpet, samt at preaksepterte offentlige godkjente løsninger var tilgjengelig, ble prefab fortsatt lite benyttet. Dette indikerer hvor sterkt det dårlige rykte festet seg i bestemmende fagmiljøer.

Stadig økte krav rundt kostnad og tid for veiprosjektene vil tvinge frem nye løsninger. Som det fremgår av planer og ønsker knyttet til NV sine prosjekter er økende bruk av prefab en mulig løsning for å møte disse utfordringene. En av respondentene nevnte også at økt bruk av prefabrikkerte elementer vil skape en naturlig utvikling og innovasjon av produktene. Av dette fremgår det at lite historikk kan føre til lav utvikling, dette har vært en av utfordringene knyttet til prefabrikkerte elementer. Dersom bruken og utviklingen øker, vil man muligens utvikle bedre løsninger for blant annet estetikk. Dette har vært en av de største barrierene de siste tiårene.

To respondenter kommenterte på økonomiske forskjeller, hvor kun den ene respondenten dokumenterte sitt utsagn. Denne dokumentasjonen viste for øvrig kun forskjeller på selve *brooverbygningen*, og det viste seg at kostnadsdifferansen kun var på omtrent to prosent. Den andre respondenten hevdet en kostnadsbesparelse på 15-20%, denne beregningen inkluderte prosjekteringsfase og byggeprosessen. Disse to utsagnene inkluderer altså forskjellige deler av byggeprosessen, og kan derfor ikke settes opp mot hverandre. Dersom man implementerer en økt standardisert tankegang tidlig i veiprosjektets oppstart, vil man allerede under prosjektering av prosjektets broer kunne oppnå økte synergieffekter. Dette fordi repetisjonseffekten også vil gi utslag planleggingsarbeidet, riktignok forutsetter dette at et standardverk kommer på plass.

Sammenligner man derimot en kostnadsbesparelse på 15-20% mot resultatet i figur 7.1 sammenfaller dette i større grad. Gantt-diagrammet viser en vesentlig besparelse i tid, og resultatet kan derfor underbygge en kostnadsbesparelse på 15-20% for *hele* byggeprosessen.

I tre av intervjuene kommer det frem at bruk av prefab vil være positivt i et miljøperspektiv. Dette skyldes redusert forbruk av materialer, og mindre avfallsmengder. Videre hevdes det også at industrialisert produksjon kan være mer miljøvennlig. En utfordring knyttet til bruk av prefab er transport av elementene, noe som kan føre til økte utslipp av klimagasser.

Inspeksjon og vedlikehold inngår som et viktig kriterium når broer skal prosjekteres. Tidligere har prefab hatt noe lav anseelse i forhold til dette da visuell inspeksjon er vanskelig, samt at tilkomst til kritiske steder har vært utfordrende. I motsetning til dette er plasstøpte broer enklere å inspisere grunnet en helhetlig overflate på brooverbygningen. For prefab er det nå tatt enkelte grep for å bedre tilkomst for inspeksjon, men dette er løsninger som det er for tidlig å si om har hatt nevneverdig effekt.

8.1.4 Svakheter

Den største svakheten knyttet til intervjuene er bredden og størrelsen på utvalget som har vært tilgjengelig for denne oppgaven. Dette er primært ett spørsmål om utvalget er representativt for anleggsbransjen i sin helhet, samt hvorvidt utvalget er nøytralt innstilt til oppgavens tema. Gruppen ønsket i utgangspunktet å få innsyn i de forskjellige deler av byggeprosessen, og det var derfor hensiktsmessig å oppsøke personer med riktig kompetanse til riktig fagfelt.

På grunn av tidsbegrensninger ble det eksempelvis kun intervjuet en betongelementprodusent. Dette kan i utgangspunktet tenkes som lite representativt, men med tanke på at denne produsenten er ledende innen prefabrikkerte broelementer, samt leverandøren for strekningen som oppgaven omhandler, ble dette vurdert som tilstrekkelig av gruppen og interne veiledere. For øvrig har utvalgets størrelse vært en svakhet i seg selv, da bredden og variasjonen i utvalget ville endret seg dramatisk derom kun én av respondentene hadde meldt frafall.

En annen feilkilde er gruppens gjennomføring av intervjuene, som kan ha påvirket respondentene i positiv eller negativ retning i forhold til enkelttema. Samt om respondentene har fått kommet tilstrekkelig til ordet underveis, slik at alle synspunkter har fremkommet eller fremkommet grundig nok. Videre kan etterbehandling og analysering av informasjonen være en feilkilde, da gruppen kan ha feiltolket eller oversett informasjoner fra respondentene.

Utførte litteraturstudier kan også ha vært en svakhet. Gruppen hadde ved oppstart lite kunnskap på området, og det var nødvendig å utforske litteraturen rundt temaet. Tolkning av vitenskapelige

artikler og annen litteratur er en subjektiv prosess, og kan dermed ha medført en ukorrekt oppfatning av et eller flere tema. Dette er av betydning da intervjuguide og spørsmål ble basert på denne kunnskapen i forkant av intervjuene. Likevel oppfattet gruppen at det var store likheter mellom litteraturstudie og funnene fra intervjuene.

8.2 Fremdrift

Vennevann bro ble brukt som utgangspunkt for analysen, da denne har representative dimensjoner i forhold til prefabrikkerte ett- spenns broer som kan benyttes i bygging av nye nasjonale hovedveier. Dette er i tråd med arbeidsnotatene til NV [31, 33].

Resultatet i figur 7.1 viser en total besparelse i byggetid på 63% dersom broen bygges med prefabrikkerte elementer. Denne tidsbesparelsen befinner seg i utførelsesfasen i prosjektet, men en gevinst her vil føre til at avslutningsfasen for prosjektet kan påbegynnes raskere. Videre vil en tidlig ferdigstillelse av brooverbygningen gjøre dette arealet tilgjengelig for øvrig anleggstrafikk og kunne bidra til raskere ferdigstillelse av hele veilinja. Eksempelvis for massetransport og tilgang på areal. Se figur 8.1.

Figur 8.1: Massetransport, fotograf: Joachim Krogh Pedersen

Dette er av betydning for byggherre som ønsker en tidlig ferdigstillelse av hele veiprosjektet, som videre gir positiv samfunnsøkonomisk nytte.

Figur 7.1 viser at den største årsaken til tidsforskjellen skyldes oppføring av midlertidige konstruksjoner, herunder stillas- og forskallings arbeider (forskalling er som tidligere nevnt *ikke* definert som midlertidig konstruksjon for prefab), dette er aktiviteter som inngår kun for plasstøpt. For aktivitetene armeringsarbeid og utstøping er det også forskjeller, men av mindre størrelse. Disse beregningene er også sammenfallende med resultatene fra de kvalitative intervjuene, som også viser at byggemåte prefab er den mest effektive byggemåten. De fleste respondentene peker på bruk av midlertidige konstruksjoner som den største kilden til tidsforskjeller.

En tidsbesparelse i gjennomføringsfasen på 63% vil gi fordelen av å redusere tid og aktiviteter der arbeidere er eksponert for ulykkesrisiko. Herunder nevnes arbeid i høyden, opphold ved og i midlertidige konstruksjoner, og arbeidere som oppholder seg i ulike vertikale nivåer over hverandre. Dersom man legger verdier for ulykkesrisiko fra HAZOP-analysene til grunn, og sammenligner dette

med antall timeverk som inngår i de ulike aktivitetene vil det også vise at plasstøpt innebærer høyest risiko totalt sett.

Fra de kvalitative intervjuene fremgår det at respondentene er entydige på at prefabrikkert broer er betydelig raskere i utførelsesfasen. Figur 7.1 som viser den teoretiske fremdriften, underbygger bransjens synspunkter vedrørende denne oppfatningen. Et slikt sammenligningseksempel har nytteverdi da bransjen i liten grad har tallfestet disse påstandene.

Den tallmessige verdien gjelder kun for dette eksempelet, og kan derfor ikke generaliseres direkte. Ser man den tallmessige verdien i sammenheng med uttalelser fra intervjuene sammenfaller ikke selve *tallverdien* nøyaktig, men likevel gir dette en klar indikasjon på at det er en betydelig tidsbesparelse ved bygging av en prefabrikkert bro.

NV's eksistensgrunnlag er avhengig av å levere en raskere og mer kostnadseffektiv utbygging av veier. Ett eksempel er strekningen E-39 fra Vige i Kristiansand til Ålgård i Rogaland, der den forventede byggetiden er redusert til 12 år sammenlignet med opprinnelige 20 år [82]. Årsakene til denne reduksjonen er mange, men implementering av prefab i brobygging og en økt standardisert og helhetlig tankegang er sannsynlige bidragsytere.

8.2.1 Svakheter

En av de viktigste feilkildene for Gantt- diagrammet er relevansen og nøyaktigheten i innhentet materiale som er brukt som grunnlag for utregningene. Hvorvidt utgangspunktet Vennevann bro er en representativ case er også en kilde til usikkerhet rundt relevansen av resultatet. Videre er også mengde av tilgjengelig materiale en svakhet som kan gjøre det vanskelig å generalisere resultatet. Lavt relevant erfaringsnivå hos gruppemedlemmene trekkes også frem som en svakhet.

Utarbeidelse av Gantt-diagrammet er basert på en rekke antagelser og forutsetninger, blant annet at alle aktiviteter som utføres før og etter oppføring av brooverbygningen tar like lang tid uavhengig av byggemåte. Dette er en forenkling av virkeligheten og kan vise seg å ikke stemme, siden et anleggsområde er en kompleks sammensetning av mange aktører og elementer. Ut i fra dette kan det være at eliminering av enkelte aktiviteter kan føre til tidsbesparelser eller mindre logistikk, som kan ha innvirkning på aktiviteter som oppføring av landkar og kompleteringsfase. Det vil si at det kan oppstå forskjeller i tidsbruk for aktiviteter som er like for begge byggemåter, avhengig av hvilken byggemåte som velges.

En annen forutsetning er at begge anleggsområder er ansett som like ryddige eller like rotete, som antageligvis ikke vil være tilfelle i virkeligheten. Dette fremkommer også i resultatet fra intervjuene.

Kalkulasjonene fra entreprenør inneholder mengdeberegninger av materialer for både landkar og brooverbygningen. Det var derfor nødvendig å skille disse mengdene. Dette er ble gjort med assistanse fra ekstern veileder, hvor den samlede mengdeberegning er foretatt basert på forenklinger. Dette arbeidet kan inneholde unøyaktigheter og regnefeil som kan føre til feil.

Selv om bruk av Gantt-diagrammer har blitt kritisert, er det i denne sammenheng likevel valgt som fremstillingsverktøy. Dette på bakgrunn av at gruppen vurderte Gantt-diagram som en fornuftig måte å fremstille fremdriften i de to byggemåtene grafisk på, siden det ikke er meningen at verktøyet skal brukes i sammenheng med *prosjektstyring*. Kritikken som omtales i kapittel tre retter seg i første omgang mot Gantt som prosjektstyringsverktøy.

8.3 Ulykkesrisiko

Resultatene i tabell 7.2 viser at byggemåte prefab har tallmessig lavest verdi for ulykkesrisiko. Dette samsvarer godt med resultatet fra kvalitative intervjuer, der alle respondentene ga uttrykk for at prefab har lavere ulykkesrisiko. Videre stemmer dette også godt overens med innhentede RUH-statistikk fra entreprenør, som viser at aktiviteter knyttet til byggemåte plasstøpt har flest rapporterte hendelser.

For prefab er heising og montering av elementer de aktivitetene som har høyet tallverdi. Dette er arbeidsoppgaver som er definert som risikofylt arbeid ifølge Arbeidstilsynet. Årsaken til den høye tallverdien skyldes primært at konsekvensen av et avvik ofte vil bli definert som katastrofal i forhold til matrisen i figur 3.9. Det vil si at selv om sannsynligheten for at hendelsen inntreffer er liten, gir det allikevel en relativt høy verdi. Mulige årsaker til få ulykker knyttet til denne aktiviteten kan være strenge krav til mannskaper og utførelse, kombinert med god planlegging og overoppsyn av operasjon. Videre kom det frem under intervju at antall arbeidere som er nødvendig holdes på et minimum, noe som også reduserer sannsynligheten for en ulykke. Dersom bruken av prefab økes betraktelig er det naturlig å anta at ulykkesrisikoen vil øke proporsjonalt med antall prosjekter og timeverk.

For plasstøpt er det aktivitetene montering og demontering av stillas og forskalling som har høyest tallverdi. For disse aktivitetene inngår arbeid i høyden som en naturlig forutsetning, her er risiko for fall i ulike sammenhenger representert så lenge aktiviteten pågår. Følgelig gir dette høy tallverdi for både hyppighet og konsekvens i tråd med figur 3.9. Dette samsvarer også med ulykkesstatistikk og definisjoner fra Arbeidstilsynet. En annen grunn til høy tallverdi er at både forskalling og stillas er regnet som midlertidige konstruksjoner, og opphold i og ved disse representerer en risiko i seg selv.

Av tabell 7.2 fremgår det at aktivitet tre, fire og fem er sammenfallende for begge byggemåter. Det er allikevel relativt stor forskjell i tallfestet ulykkesrisiko. Eksempelvis har montering og demontering av forskalling høye tallverdier for byggemåte plasstøpt. En mulig årsak til at prefab har en lavere tallverdi kan være at montering delvis foregår i lift og at montasjen tar kortere tid. Videre er forskalling for toppdekket for prefab ikke regnet som midlertidig konstruksjonen, og vil følgelig være tryggere for arbeidere å oppholde seg i og ved.

Mulige årsaker til at prefab har en lavere ulykkesrisiko totalt sett kan være redusert antall timeverk der arbeidere er eksponert for risiko. Dette kan skyldes kortere byggetid som illustrert i figur 7.1. Dette være seg eksempelvis risikofylt arbeid som arbeid i høyden og opphold i og ved midlertidige konstruksjoner. Generelt er midlertidige konstruksjoner ansett for å innebære en høyere risiko ettersom disse ikke prosjektert for varig oppføring. Dette innebærer blant annet at grunnarbeider for konstruksjonen antas å ikke blir utført like grundig som for en varig konstruksjon, og som tidligere nevnt er disse eksponert for setninger i grunnen. Det fremgår også av intervjuene at prefab stiller større krav til logistikk, planlegging og drift av anleggsområde, og på bakgrunn av dette kan prosjektet fremstå som mer ryddig og oversiktlig.

8.3.1 Svakheter

Den største svakheten knyttet til dette resultatet er gjennomføring av analysene. Som det fremgår av analysens natur er identifiserte avvik og konsekvenser basert på skjønnsmessige vurderinger. Herav vil gruppens faglige og erfaringsmessige forutsetninger ha stor innvirkning på resultatet. På grunn av

begrenset tid og tilgang var det ikke anledning til å innhente eksterne fagpersoner til HAZOP-teamet. Deltagelse i slike team betinger normalt sett høyt erfaringsnivå og inngående kunnskap og kjennskap til de aktuelle prosessene. Gjennom arbeidet med teorikapittelet og analysene i seg selv ble det oppdaget at HAZOP er et stort og omfattende tema som det kun var tid til å sette seg grunnleggende inn i. Herunder kan utvalget av litteratur og gjennomgangen av denne ha innvirkning på resultatet i analysene. Ettersom gruppen besitter lite relevant erfaring har innsamlede data, erfaringer fra arbeidet og resultat fra intervju vært primærkilden for analysene. Videre vil utvalget og relevansen av data som er benyttet representere en feilkilde, på lik linje med utvalget for intervjuene.

9 Konklusjon

Under presenteres svaret på hvert av underspørsmålene, og til slutt besvares forskerspørsmålet med forankring i disse.

Underspørsmål én

Hvordan er fremdrift og ulykkesrisiko for byggeprosessen avhengig av byggemåte?

Konkluderende funn fra intervjuene:

- Prefab er raskere å bygge hovedsakelig på grunn av eliminering av midlertidige konstruksjoner
- Ulykkesrisiko er høyest ved plasstøpt på grunn av arbeid i høyden og bruk av midlertidige konstruksjoner
- Ved heis og montering av elementer kan konsekvensen av ulykke være katastrofal, men sannsynligheten for hendelse er ansett som liten
- Antall arbeidere på anleggsområdet reduseres ved bruk av prefab, dette bidrar til å redusere ulykkesrisiko

Underspørsmål to

Hvordan vil de to ulike byggemetodene innvirke på fremdrift for brooverbygningen?

- Resultat fra Gantt viser at prefab er 63% raskere enn plasstøpt

Underspørsmål tre

Hvilken byggemåte innebærer høyest ulykkesrisiko under oppføring av brooverbygningen?

- Resultat fra HAZOP- analyse viser at plasstøpt har 33% høyrere verdi for ulykkesrisiko

Forskerspørsmål

Hvordan vil byggeprosessen påvirkes med hensyn på fremdrift og ulykkesrisiko, når en bro bygges med prefabrikkerte betongelementer kontra plasstøpt betong?

Det fremgår at byggeprosessen for en bro blir *raskere og tryggere* ved implementering av prefab som byggemåte. Dette skyldes i hovedsak at prefab ikke krever bruk av midlertidige konstruksjoner.

Konklusjonen betinger følgende forutsetninger:

- Broens funksjonskrav må kunne oppfylles ved bruk av begge byggemåter
- Anleggsområdet må være tilpasset logistikkravene for mottak og montering av elementer

En overordnet og helhetlig planlegging av veiprosjekter som i høyere grad implementerer standardiserte og industrialiserte løsninger, vil kunne gi betydelige reduksjon i total tidsbruk for veiprosjektet. Herunder nevnes det at dersom veilinjen optimaliseres slik at det kan bygges flere like broer på samme strekning, vil det gi positive repetisjonseffekter og følgelig bedre effektiviteten.

10 Anbefalinger

Gjennom denne bacheloroppgaven har gruppen opparbeidet seg kunnskap, og fått innblikk i to ulike byggemåter for oppføring av bro. Plasstøpt oppfattes av gruppen som den vanligste byggemetoden, mens prefab oppfattes som mindre brukt. Dette er mye grunnet et historisk sett dårlig rykte skapt av manglende kvalitet og lav anseelse rundt estetikk. Gruppens inntrykk er at det kan foreligge et stort uforløst potensial for økende bruk av prefabrikkerte betongelementer til brobygging, og kommer med følgende anbefalinger:

Gruppen anbefaler at bransjen presser på i enda større grad for å få utarbeidet standardiserte og offentlig godkjente løsninger for prefabrikkerte broer. Eksempelvis Eurocoder eller håndbøker som kan inngå i Statens Vegvesen sin serie. Dette vil medføre en betydelig enklere og raskere prosjekteringsfase. Denne delen av prosjektet er et viktig ledd i byggeprosessen, og vil kunne medføre en betydelig reduksjon i tid og kostnad for hele prosjektet sett under ett. Reduksjon av tid og kostnad er en vesentlig forutsetning for å oppfylle Nye Veier AS sin visjon om raskere og smartere veibygging.

Gruppen oppfatter også standardiserte løsninger som en svært betydningsfull faktor for at bruken av prefab skal øke, samtidig er prefab en sentral faktor i standardiserte løsninger innenfor dette feltet. Det anbefales at involverende planlegging benyttes i større grad i når det kommer til veiprosjektering, og at det tenkes helhetlig på hele veilinjen. Tidligst mulig i prosjektet bør det tilstrebes å velge en linje som minimerer antallet unike broer.

For videre arbeid finner gruppen det også interessant å belyse det miljømessige perspektivet ved økt bruk av prefab. Funn fra resultater tyder på redusert bruk av betong og armering dersom man benytter prefabrikkerte elementer, samtidig må dette veies opp imot transportbehovet og tilhørende utslipp.

11 Referanser

[1] *Bruhåndbok 3 Elementbruer*, 1987.

[2] T. M. Lien, "Universitet i Agder," in *www.uia.no*, ed, 2017.

[3] S. S. Byrå. (2017). *Arbeidsulykker*. Available: https://www.ssb.no/helse/statistikker/arbulykker

[4] Arbeidstilsynet, "Helseproblemer og ulykker i bygg og anlegg," in "KOMPASS Tema

Nr. 1 2017 " Direktoratet for arbeidstilsynet Trondheim2017, Available: https://www.arbeidstilsynet.no/globalassets/om-oss/forskning-og-rapporter/kompass-tema-rapporter/2017/kompass-tema-nr-1-2017.pdf.

[5] D. Minasow, "Studentseminar – Industriell bygging," Presentasjon, 2018.

[6] F. Haavertsen and M. Bratt, "Forskningsintervju; fremdrift og ulykkesrisiko ifbm brobygging," J. H. o. J. H. Joachim Krogh Pedersen, Ed., ed, 2018.

[7] "Regjeringen, "Nye veiprosjekt over hele landet og fortsatt satsing på vedlikehold"," in *www.regjeringen.no*, ed: Samferdselsdepartementet, 2017.

[8] Samferdselsdepartementet, "Meld. St. 33 (2016- 2017), Nasjonal Transportplan 2018 -2029," Samferdselsdepartementet, Oslo2017.

[9] S. Vegvesen, "Riksvegutredningen 2015, Hovedrapport," Statens Vegvesen, Oslo2015.

[10] "Meld. St. 25 (2014- 2015), På rett vei- Reformer i Veisektoren," Samferdsesdepartementet, Oslo2015.

[11] Å. Homleid, " "Nye Veier vurderer prefab-bruer"," in *www.bygg.no*, ed: bygg.no, 2016.

[12] Sondre Nilsen and O. Mjaaland, "Vegvesenets database: 237 broer i Norge med truet bæreevne," in *vg.no*, ed, 2015.

[13] I. Heskestad, "Forskningsintervju; fremdrift og ulykkesrisiko ifbm brobygging," J. H. o. J. H. Joachim Krogh Pedersen, Ed., ed, 2018.

[14] (2014). *R-109/14, Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv.* Available: https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fin/vedlegg/okstyring/rundskriv/faste/r_109_2014.pdf

[15] L. Kaspersen. (2006). *Svindyre arbeidsulykker*. Available: https://www.dn.no/nyheter/naringsliv/2006/06/23/svindyre-arbeidsulykker

[16] ""Nye dieselbiler øker helsekadelige NO2-utslipp"," in *www.toi.no*, ed, 2011.

[17] J. G. Wafaa Nadim. (2011, Januar) Offsite production: A model for building down barriers A European construction industry perspective. *Engineering Construction & Architectural Management 18-(1): 82 -101*.

[18] P. Simonson and J. Larsson, "BARRIERS AND DRIVERS FOR INCREASED USE OF OFF-SITE BRIDGE CONSTRUCTION IN SWEDEN " Paper presentert på Proceeding 28th Annual ARCOM Conference., Edinburgh, UK.2012.

[19] N. V. AS. (2017). *Nye Veier, "Nye Veier prioriterer fem strekninger i første fase,"*. Available: http://www.nyeveier.no/nye-veiers-prioriterte-strekninger/

[20] (2003). *Dokument nr. 8:97 (2002-2003), Forslag fra stortingsrepresentantene Kenneth Svendsen, Thore A. Nistad, Per Roar Bredvold og Christopher Stensaker om utbygging av*

sammenhengende firefelts motorvei E6 fra Oslo til Trondheim. Available: https://www.stortinget.no/nn/Saker-og-publikasjonar/publikasjonar/Representantframlegg/2002-2003/dok8-200203-097/?lvl=0

[21] (1999). *St.meld. nr. 41, Innstilling fra næringskomiteen om næringspolitikk inn i det 21. århundret.* Available: https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Publikasjoner/Innstillinger/Stortinget/1998-1999/inns-199899-128/

[22] K. Skogstad. (2017). *Firefelts motorvei kan gi enorme besparelser*. Available: https://www.abcnyheter.no/motor/bil/2017/08/28/195327785/firefelts-motorvei-kan-gi-enorme-besparelser

[23] (2017, 07.05). *Standardisering*. Available: http://www.standard.no/standardisering/

[24] B. Velken, "Veiledning ifbm Bacheloroppgave," ed. Unpublished, 2018.

[25] T. F. Berg, "Industrialisering og systematisering av boligbyggproduksjon. Er systematisering og standardisering BA-næringens veivalg?," 2008.

[26] H. Haakestad and J. H. Friberg. (2015) Arbeidsmigrasjon, makt og styringsideologier: Norsk byggenæring i en brytningstid. *SØKELYS PÅ ARBEIDSLIVET* 186.

[27] R. W. Nick Blismas. (2009) Drivers, constraints and the future of offsite manufacture in Australia. *Construction Innovation, Vol. 9*

[28] S. J. Egan, "Rethinking Construction," Department of Trade and Industry, London2008.

[29] A. Nova. (2018, 20.02). *ARCA NOVA ELEMENT*. Available: https://www.arcanova.no/omoss

[30] J. Larsson, "Mapping the Concept of Industrialized Bridge Construction " Luleå University of Technology, Luleå2012.

[31] E. Rønnes, "Arbeidsnotat: Bruer i linja," in "Normalveien," 17.03 2017.

[32] John-Erik Reiersen. (2005) Betongelementer samferdsel. Available: https://www.betongelement.no/siteassets/dokumenter/bet.elem.samferdsel.l.pdf

[33] E. Rønnes, "Arbeidsnotat: ELEMENTBRUER," in "Normalveien," 2017.

[34] E. Rodum and S. Vegvesen, "Kapittel 13 Bruer og Kaier," Statens Vegvesen2011, Available: http://docplayer.me/24589463-Kapittel-13-bruer-og-kaier.html.

[35] "Håndbøker som er utgått," in *vegvesen.no*, ed: Statens vegvesen, 2015.

[36] A. Heimdal, I. L. Larsen, and T. Norheim, "Standardisering av brokonstruksjoner for nasjonale hovedveier," Masteroppgave, 2017.

[37] A. Gibb and F. Isack, "Re-engineering through pre-assembly: client expectations and drivers," *Building Research & Information,* vol. 31, no. 2, pp. 146-160, 2003.

[38] Rambøll and Sweco, "DesignVEI," Nye Veier AS2017, Available: https://www.songdalen.kommune.no/globalassets/dokumenter/teknisk/horinger---ettersyn/e-39-kristiansand-ost-sogne-vest/offentlig-ettersyn/rap-001_designvei.pdf.

[39] *Byggteknisk forskrift (TEK17),* 9-1, 2018.

[40] K. E. Bakke, "Flerbrukshaller og prefabrikasjon," 2015.

[41] N. V. AS. (2016, 08.03). *Gjennomføringsmodell*. Available: http://www.nyeveier.no/om-nye-veier/gjennomfoeringsmodell

[42] *NS 8407: 2011 Alminnelige kontraksbestemmelser for totalentrepriser*, 2011.

[43] *N400 Bruprosjektering*, 2015.

[44] B. Siem. (2015, 08.03). *Ingeniørfirma kritiserer vegvesenet*. Available: https://www.nrk.no/sognogfjordane/ingeniorfirma-kritiserer-vegvesenet-1.12239231

[45] *NS 8405:2008 Norsk bygge- og anleggskontrakt*, 2008.

[46] H. Kilde, M. Marøy, and A. Rolstadås, "PROSJEKTTERMINOLOGI, Forskningsprogrammet Prosjektstyring år 2000 PS 2000," 1997, Available: https://www.prosjektnorge.no/wp-content/uploads/2017/11/27-Prosjektterminologi-01.07.97.pdf.

[47] *Forskrift om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- eller anleggsplasser* A.-o. sosialdepartementet, 2009.

[48] E. W. Larson and C. Gray, *Project management: The managerial process with MS project*. McGraw-Hill, 2013.

[49] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, "BIM Handbook," 2008.

[50] H. Kerzner, *Project Managment,* , Tenth ed. Hoboken, New Jersey: Wiley, John Wiley& Sons, INC, 2009.

[51] Regelhjelp.no. (2017, 16.03). *Planlegging og riggplan av byggeplassen*. Available: http://www.regelhjelp.no/no/Etatenes-sider/Arbeidstilsynet/Kravlister/Anleggsbransjen---arbeidsmiljo/Planlegging-og-riggplan---anlegg/?bransjeid=912

[52] T. Grønvold, "Forskningsintervju, fremdrift og HMS ifbm brobygging," J. H. o. J. H. Joachim Krogh Pedersen, Ed., ed, 2018.

[53] S. Bertelsen, "Lean Construction: Where are we and how to proceed," *Lean Construction Journal,* vol. 1, no. 1, pp. 46-69, 2004.

[54] A. Dubois and L.-E. Gadde, "Supply strategy and network effects—purchasing behaviour in the construction industry," *European journal of purchasing & supply management,* vol. 6, no. 3-4, pp. 207-215, 2000.

[55] J. Bröchner and T. Olofsson, "Construction Productivity Measures for Innovation Projects," *Journal of Construction Engineering and Management,* vol. 138, no. 5, pp. 670-677, 2012.

[56] P. M. Vågsæter, "Midlertidige bærende konstruksjoner og stillas," Masteroppgave, 2014.

[57] K. Nordang and AS. (2018, 14.03). *Ljøen bru* [Bilde]. Available: http://teknikk.no/prosjekt/ljoen-bru/

[58] P. L. Madsen. (2015, 19.03.2018). *Dalbro med færdigsvejst armering fra Celsa*. Available: http://celsa-steelservice.dk/dalbro-gubsoe/

[59] J. V. Thue. (2018, 08.03). *prefabrikasjon*. Available: https://snl.no/prefabrikasjon

[60] Å. Homleid. (2016, 08.03). *Nye Veier vurderer prefab-bruer*. Available: http://www.bygg.no/article/1293702

[61] S. Vegvesen, "Forvaltning, drift og vedlikehold av broer," Veidirektoratet, Ed., ed, 2014.

[62] A. R. Meland, "Forskningsintervju; fremdrift og ulykkesrisiko ifbm brobygging," J. K. Pedersen, Ed., ed, 2018.

[63] R. Beggerud, *HMS - teori og praksis*. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag, 2009.

[64] Arbeidstilsynet. (2018, 19.03). *Melding av ulykke og alvorlig skade*. Available: https://www.arbeidstilsynet.no/kontakt-oss/melde-ulykke/melding-av-ulykker-og-alvorlig-skade/

[65] *Lov om folketrygd (folketrygdloven)*, 2018.

[66] L. Sangolt, *Prinsippene for vitenskapelig arbeidsledelse*. Kristiansand: Høyskoleforlaget, 2006.

[67] (22.03). *Forskjellen på HMS og SHA*. Available: https://www.arbeidstilsynet.no/hms/hms-i-bygg-og-anlegg/forskjellen-pa-hms-og-sha/

[68] *Internkontroll*. Available: https://www.arbeidstilsynet.no/hms/internkontroll/

[69] R. K. Tinmannsvik, E. A. Albrechtsen, and K. W. Wasilkiewicz, "Sikker jobb-analyse - Et opplæringshefte utgitt av SIBA-prosjektet," SINTEF/NTNU, Trondheim2016.

[70] O. Daland, "Metode og oppgaveskriving," in *Metode og oppgaveskrivning, 5. utgave*, 2005.

[71] D. I. Jacobsen, *Hvordan gjennomføre undersøkelser*. Høyskoleforlaget, 2005.

[72] J. T. Karlsen, *Prosjektledelse - fra initiering til gevinstrealisering*. Oslo: Universitetsforlaget, 2013.

[73] S. Haugen and M. Rausand. (2018, 20.03). *Risk Assesment 9. HAZOP*. Available: https://www.ntnu.edu/documents/624876/1277591044/chapt09-hazop.pdf/9e85796d-dc7f-41f8-9f04-9e13a4ce3893

[74] J. Dunjó, V. Fthenakis, J. A. Vílchez, and J. Arnaldos, "Hazard and operability (HAZOP) analysis. A literature review," *Journal of hazardous materials,* vol. 173, no. 1-3, pp. 19-32, 2010.

[75] M. Rausand, *Risk assessment: theory, methods, and applications*. John Wiley & Sons, 2013.

[76] E. Wæhle, "Case- studie," in *Store Norske Leksikon*, ed. www.snl.no, 2018.

[77] A. L. George and A. Bennett, *Case studies and theory development in the social sciences*. mit Press, 2005.

[78] P. Baybutt, "A critique of the Hazard and Operability (HAZOP) study," *Journal of Loss Prevention in the Process Industries,* vol. 33, pp. 52-58, 2015.

[79] S. S. Byrå. (2017, 11.04). *Hvor i arbeidslivet skjer de alvorlige ulykkene?* Available: https://www.ssb.no/helse/artikler-og-publikasjoner/flest-alvorlige-arbeidsulykker-innen-elektrisitets-vann-og-renovasjonsproduksjon

[80] Arbeidstilsynet. (ukjent, 11.04). *HMS i bygg og anlegg*. Available: https://www.arbeidstilsynet.no/hms/hms-i-bygg-og-anlegg/

[81] R. Smeland and H. Waage, "Forskningsintervju; fremdrift og ulykkesrisiko ifbm brobygging," J. H. o. J. H. Joachim Krogh Pedersen, Ed., ed, 2018.

[82] Samferdselsdepartementet, "Statsbudsjettet 2018: Kraftig økning i bevilgningene til Nye Veier AS," ed. www.regjeringen.no: Statsministerens kontor, 2017.

12 Vedlegg

12.1 Kalkulasjoner tilhørende Gantt-diagrammer

Kalkulasjoner gjort i forbindelse med utregning av fremdriften for en-til- en eksempel for Vennevannbro. Plasstøpt og prefabrikkert byggemåte:

Beregninger tar utgangspunkt i ferdig kalkulerte pris- og tidsoverslag utarbeidet av kalkulatør Alf Reidar Meland ved Kruse Smith. Kalkulasjonene inneholder sensitive opplysninger som er ønskelig å holde konfidensielt. De relevante delarbeider i denne oppgaven går på brooverbyggingen, derfor var det nødvendig å isolere materialemengder og antall timeverk til disse. Dette er gjort med veiledning fra anleggsdirektør Bjørn Velken, gruppens eksterne veileder. Overslagsbetraktninger er angitt heretter.

Understående tabeller viser hvordan relevante timeverk er tatt ut fra kalkulasjonene og summert under fire delaktiviteter. Endelig omregnes timeverk til dagsverk etter faktoren 37,5timeverk/dagsverk.

Timeverk posteringer Plasstøpt					
Stillasarbeider	**Forskalling**	**Armering**	**Utstøping av overdekning**	**Nøkkeltall:** 1 dagsverk: 7,5 time x 5 mann = 37,5 timer	
51,75	481,80	515,00	21,50		
512,89	12,00		148,00		
	45,00		90,00		
	40,00		46,20		
	74,68		44,33		
	8,00	28,20	29,55		
	5,40		10,50		
	55,00		44,00		
	5,20		6,00		
	2,00				
564,64	729,08	543,20	440,08	2277,00	Timer
15,1	**19,4**	**14,5**	**11,7**	60,7	**Dagsverk**

Timeverk posteringer **Prefabrikkert**				
Forskalling	Montasje	Armering	Utstøping av overdekning	Nøkkeltall:
203,00		275,00	76,00	1 dagsverk: 7,5 time x 5 mann = 37,5 timer
		22,56	46,20	
			44,33	
			29,55	
			1,34	
203,00		297,56	197,42	697,98 Timer
5,4	**3,0**	**7,9**	**5,3**	21,6 **Dagsverk**

Mailkorrespondanse ifbm timeverk posteringer

Fra: Bjørn Velken
Sendt: torsdag 19. april 2018 kl. 18:24
Til: Jonathan Herwig; jorg1hansen@hotmail.com; joachim.kroghp@gmail.com
Emne: SV: Plasstøpt og prefabrikkert betongbro, bachelorprosjekt

Tallene i regnearket er for både landkar og overbygningen/dekket for begge alternativ. Så vi må korrigere dette i oppgaven…

Jeg har gått raskt igjennom med Alf Reidar (noen overslagsbetraktninger, men er mer enn gode nok for oppgaven):

- Prefab dekke:
  - Forskalling (kode 84.2xx) 164m2
  - Armering (kode 84.31x) 25tonn
  - Betongstøp 190m3
- Prefab landkar:
  - Forskalling (kode 84.2xx) 1472m2
  - Armering (kode 84.31x) 93tonn
  - Betongstøp 700m3
- Stedstøpt dekke:

  - Understøttelse – som sist
  - Forskalling (kode 84.2xx) 438m2
  - Armering (kode 84.31x) 49,5tonn
  - Betongstøp 370m3
- Stedstøpt landkar:
  - Forskalling (kode 84.2xx) 1472m2
  - Armering (kode 84.31x) 93tonn
  - Betongstøp 700m3

Det dere må gjøre:

- Bruk samme forholdstall på timeverk som i regnearket, det vil si at dere beregner nye timeverk basert på mengdene over
- Korrigere tid til Landkar basert på de nye timeverkene (de ca 80dagene dere har fått av Alf Reidar er sikkert noe mer enn mengdene tilsier, han har det nøkkeltallet inkludert noe graving, avretting o.l.). Uansett skal det bli likt i begge alternativ.
- Sette opp nye tider med de to alternativene basert på mengdene over. For understøttelse er det ingen endring.
- Når det gjelder selve dekkestøpen, vil en sette på nok folk til å gjennomføre både 190m3 og 370m3 på en dag. Så framdriftsplanen kan gjerne vise det selv om timeverkene er litt forkjellige.

Prates,
Bjørn

12.2 Intervjuguide

Tema	Hoved- og underspørsmål
Introduksjon	**Beskriv din bakgrunn og jobberfaring?**
Prefabrikkerte broer	**Hva er din erfaring med prefab?** Er du positiv eller negativ til det?
	Hvilke fordeler og ulemper ser du ved prefabrikkerte broer? Med fokus på HMS, fremdrift.
	Hvilke faktorer innvirker på valg av broløsning? Økonomi Byggherre Topografi/geografi Tid HMS Estetikk Funksjon
	Hva driver utviklingen? Eksisterende drivere og barriere?
	Hvordan blir det i fremtiden? Potensiale Nye løsninger Estetikk
Plasstøpte broer	**(Samme spørsmål som for prefabrikasjon, herover)**
HMS	**Hvilke arbeidsoppgaver er forbundet med høy ulykkesrisiko?** (brobygging)
	Hvordan sikres HMS på anleggsplasser? Risikovurderinger Verneutstyr Prosedyreverk

	Logistikk
	Er der forskjell i ulykkesrisiko mellom plasstøpte og prefabrikkerte broer? Hvorfor? Finnes datagrunnlag?
	Hvilken effekt vil økt industrialisering i byggeprosessen bety?
	Hvilken byggemetode har størst positiv effekt på miljø? Ytre Indre
Fremdrift	Hvilken byggemetode gir best fremdrift i anleggsprosessen? Hvorfor?
	Ser du mulighet for å optimalisere prosjekteringsfasen?

18. APRIL 2018

HAZOP - RAPPORT

PLASSTØPT

JOACHIM KROGH, JONATHAN HERWIG, JØRGEN HANSEN
BACHELOROPPGAVE: BETONGBRO - PREFABRIKKERT ELLER PLASSTØPT?
UiA

Formelt:

Denne rapport er utarbeidet under flere arbeidsmøter gjennomført i tidsrommet 10.4.18 – 18.4.18.

Til stede var: Jørgen Hansen

Jonathan Herwig

Joachim Krogh

Roller som gruppeleder, deltaker og sekretær gikk på skift mellom deltagerne.

Formål:

Rapporten inneholder analyse av risikomomenter som kan oppstå under bygging av en plasstøpt betongbro. Fokuset i denne rapporten er å presentere tallfestet ulykkesrisiko for de enkelte delaktiviteter. Foreslåtte tiltak er behandlet sekundært, da dette ikke har hatt stor relevans i forhold oppgavens omfang.

Innhold:

Analysen omhandler kun de aktiviteter som inngår i brooverbyggingen. Følgelig inneholder rapporten ikke forhold hva angår utstøping av landkar, grunnarbeider og kompleteringsfase.

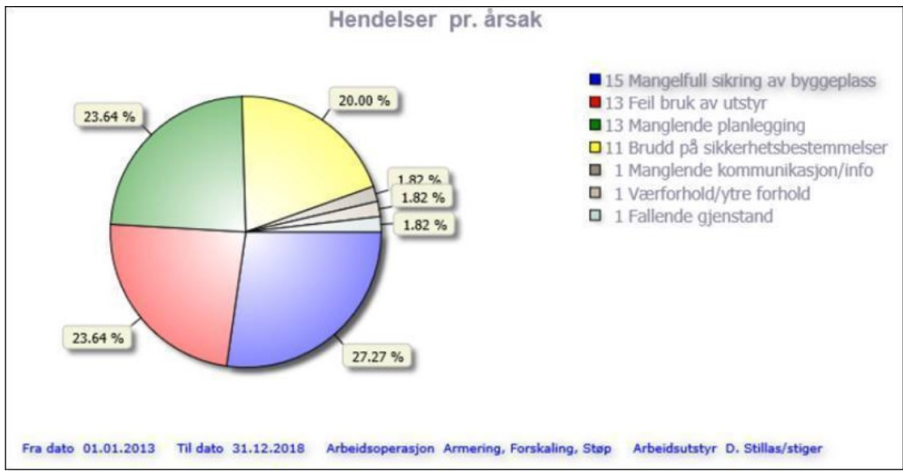
Det er utført HAZOP-analyser for følgende aktiviteter:

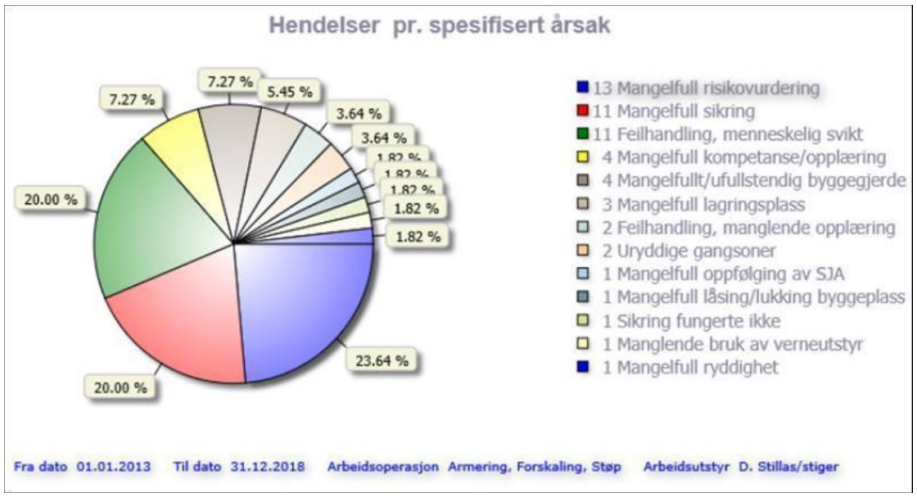
- Bygging av stillas
- Demontering av stillas
- Bygging av forskaling
- Demontering av forskaling
- Armering
- Utstøping

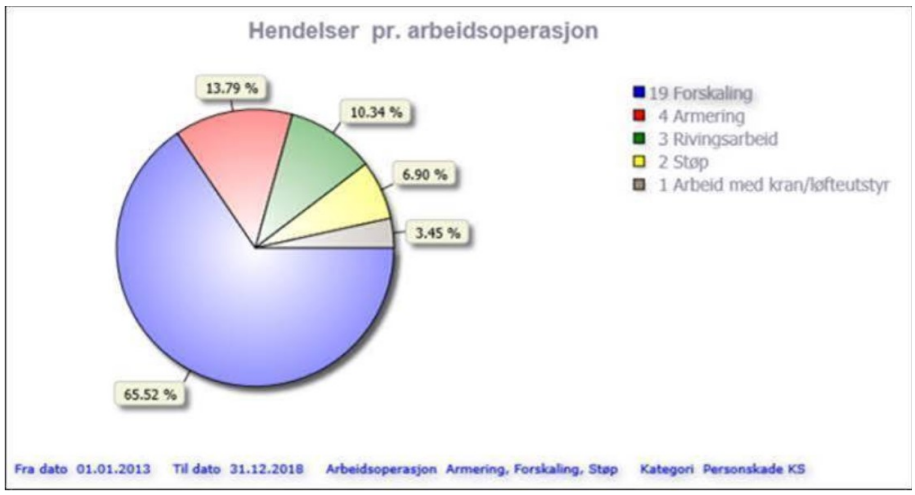
Prosess:

Prosedyreanalysen er foretatt som en trinnvis gjennomgang av mulige risikofaktorer som kan oppstå under de angitte aktiviteter. Det er vektlagt å identifisere faremomenter som kan føre til alvorlig skade på personell, eller i verste fall føre til direkte eller indirekte død. Det er anvendt data fra innhentede SJA-skjemaer, tilgjengelige ulykkesstatistikker og RUH-statistikk fra entreprenør. Innhentede SJA-skjemaer er vedlagt i rapporten. Det er benyttet et HAZOP-skjema for hver aktivitet, og nøkkelord som er brukt for å identifisere risikomomentene er beskrevet i kapittel seks i Bacheloroppgaven.

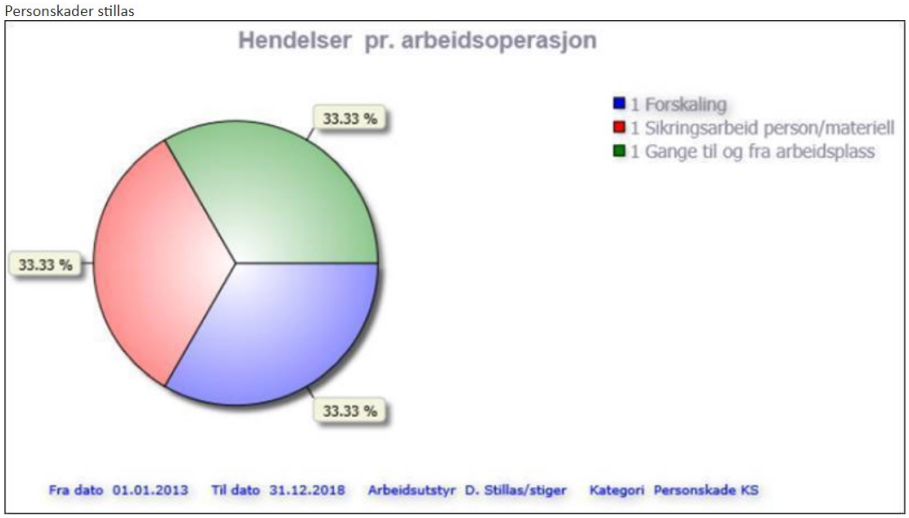
RUH-statistikk fra entreprenør: armering, forskaling, støp med stillas/stiger som arbeidsutstyr



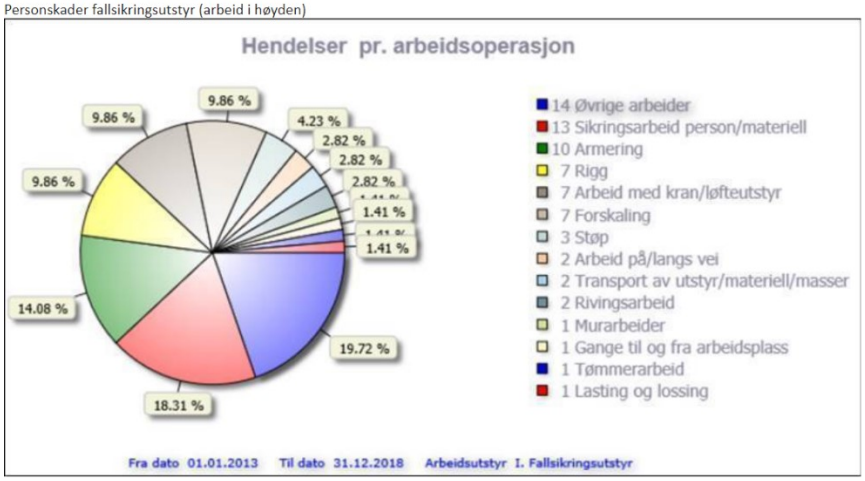




Personskader stillas



Personskader fallsikringsutstyr (arbeid i høyden)



Fremgangsmåte for analysen:

Resultater - Plasstøpt

Aktivitet	Sum ulykkesrisiko
Montering stillas	71
Demontering stillas	71
Montering forskalling	75
Demontering forskalling	70
Armering	69
Utstøping av brodekke	62
Sum	**418**

Gjennomgangen av aktivitetene for bygging av plasstøpt betong bro, indikerer følgende risikoområder av særlig alvorlig karakter:

- Arbeid i høyden
- Arbeid med gjenstander og personer i ulike vertikale nivåer
- Arbeid i tilknytning til midlertidige konstruksjoner

Det er viktig å ha ekstra fokus og oppmerksomhet på aktiviteter som utføres i tilknytning til disse risikofaktorene. I analyseskjemaene er det angitt foreslåtte tiltak som kan iverksettes for å redusere anslått ulykkesrisiko.

Følgende tiltak anbefales

- Utvidet kursing og kontroll
- Ekstern kontroll av grunnforhold og stillas
- Strengere regler for opphold i stillas, mer effektiv personellstyring
- Innføre maks begrensning på antall arbeidere på samme plass
- Faste rutiner ved dårlig vær og ikke optimale forhold i høyden

Analyseobjekt: Stillas - plasstøpt
Utført av: Joachim Krogh Pedersen, Jonathan Herwig og Jørgen Hansen
Dato: 10-04-2018

Nr	Aktivitet	Nøkkelord	Avvik	Mulig årsak	Mulig konsekvens	Eksisterende barriere	Risiko			Foreslått tiltak
							Frekvens	Alvorlighetsgrad	Prioritet	
1	Bygge stillas	Uklart	Montering feil utført	Vanskelig for arbeidere å forstå innstruks/ anvisning	Fall, ras av konstruksjon	Kurs, innstrukser, opplæring, SJA	2	4	6	Utvidet kursing og kontroll
		Feil handling	Montering feil utført	Mennskelig svikt	Fall, ras av konstruksjon,	Kurs, innstrukser, opplæring, SJA	3	5	8	Utvidet kursing og kontroll
		Utelatt steg	Usikker konstruksjon	Mennskelig svikt, manglende deler	Fall, ras av konstruksjon	Kurs, innstrukser, opplæring, SJA	1	4	5	Mottakskontroll, kursing av personell
		Forstyrrende effekter fra andre	Personskade som kan føre til død eller sykefravær	Fall, snubling, uorganisert arbeidsområde, dårlig samarbeid, dropp av gjenstand over annen arbeider	Sykefravær, omplassering av arbeider	Personlig verneutstyr, erfaring blant arbeidere, SJA	3	4	7	Strengere regler for opphold i stillas, mer effektiv personellstyring
		Tid	Forsinkelser	Lav effektivitet blant arbeidere, forsinkelser i leveranse, ytre miljø (vær)	Tidspress på arbeidere, økt bemanning for å ta igjen etterslep, økt eksponering i risikoutsatt posisjon	Fremdriftsplan, styring på anleggsområde	3	3	6	Bedre planlegging og bedre oppfølging underveis
		Kommunikasjon	Beskjed ikke oppfattet	Språkbarriere	Feil handling utført, personskade	Språkkurs, kurs, opplæring	2	1	3	Strengere krav til språkkunskaper
		Personell	Aktivitet feil utført	Dårlig opplæring, utilstrekkelig kompetanse, mangelfull anleggsledelse, underbemanning	Dårlig arbeidsmiljø, forsinkelser, stress blant arbeidere, personskade	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring	2	2	4	Kvalitetssikring ved ansettelse, optimalisering av bemanning til aktivitet
		Personell	Økt ulykkesrisikko	Overbemmning gir flere arbedstimer, gir høyere eksponering i risikoutsatt posisjon	Flere arbeidere i utsatt posisjon, personsakde som føre til sykefravær	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring, SJA	2	3	5	
		Posisjon	Ras av konstruksjon	Dårlig kartlegging av grunnforhold, stillas siger, utstabilitet	Personskade som kan føre til sykefravær eller død	Prosjekteringsfase, analyser, løpende kvalitetssikring, SJA	1	5	6	
		Posisjon	Klemskade	Feil risikovurdering, SJA ikke fulgt, Arbeider på feil plass til feil tid	Personskade som kan føre til sykefravær eller død	SJA, innstruks, arbeidserfaring	2	5	7	Kursing og kontroll
		Prosedyre	Fall fra konstruksjon	Manglende bruk av sikringsutstyr, innstruks ikke fulgt	Personskade som kan føre til sykefravær eller død	SJA, innstruks, arbeidserfaring	3	5	8	Kontinuerlig observasjon av personell som utfører arbeide i høyden
		Vær	Vanskelige arbeidsforhold, økt ulykkesrisiko	Snø som forhindrer tilkomst, temperatur som fører til forsinkelser, glatte overflater	Økt ulykkesrisiko for personell (fall, frostskader), økt arbeidsbelastning, lav fremdrift	Arbeidsklær og utstyr til arbeidere	3	3	6	Rutiner ved dårlig vær og uoptimale forhold i høyden
							Sum verdi ulykkesrisiko		71	

Analyseobjekt Stillas-plasstøpt **Utført av** Joachim Krogh Pedersen, Jonathan Herwig og Jørgen Hansen
Dato 10-04-2018
Målsetting Ulykkesrisiko

Nr	Aktivitet	Nøkkelord	Avvik	Mulig årsak	Mulig konsekvens	Eksisterende barriere	Risiko			Foreslått tiltak
							Frekvens	Alvorlighetsgr	Prioritet	
1	Rive stillas	Uklart	Demontering feil utført	Arbeidere skjønner ikke prosedyren/instruksen	Ras av konstruksjon, personskade som kan føre til sykefravær eller død	Kurs, innstrukser, opplæring, SJA	2	5	7	Utvidet kursing og kontroll
		Feil handling	Demontering feil utført	Mennskelig svikt	Ras av konstruksjon, personskade som kan føre til sykefravær eller død	Kurs, innstrukser, opplæring, SJA	2	5	7	kursing og kontroll
		Utelatt steg	Usikkert stillas	Mennskelig svikt, feil deler demontert	Fall, ras av konstruksjon, tilhørende skader	Kurs, innstrukser, opplæring, SJA	1	4	5	Kursing av personell
		Forstyrrende effekter fra andre	Personskade	Dropp av gjenstand fra overliggende nivå, ras av overliggende del av stillas	Skade som kan før til sykefravær eller død, omplassering av arbeider	Personlig verneutstyr, erfaring blant arbeidere, SJA	3	4	7	Strengere regler for opphold i stillas, mer effektiv
	,	Tid	Forsinkelser	Lav effektivitet blant arbeidere, forsinkelser i leveranse, ytre miljø (vær)	Tidspress på arbeidere, økt bemanning for å ta igjen etterslep, økt tilstedeværelse i risikoutsatt posisjon	Fremdriftsplan, styring på anleggsområde	3	4	7	Bedre planlegging og bedre oppfølging underveis
		Kommunikasjon	Beskjed ikke oppfattet	Språkbarriere	Feil handling utført, personskade som kan føre til sykefravær eller omplassering	Språkkurs, kurs, opplæring	2	3	5	Strengere krav til språkkunskaper
		Personell	Aktivitet feil utført	Dårlig opplæring, utilstrekkelig kompetanse, mangelfull anleggsledelse, underbemanning	Dårlig arbeidsmiljø, stress blant arbeidere, personskade som kan føre til sykefravær	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring, SJA	2	3	5	Kvalitetssikring ved ansettelse, optimalisering av bemanning til aktivitet
		Personell	Økt ulykkesrisikko	Overbemmning gir flere arbedstimer, gir høyere eksponering i risikoutsatt posisjon	Flere arbeidere i utsatt posisjon, personsakde som føre til sykefravær	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring, SJA	2	3	5	
		Prosedyre	Misinformasjon	Instrukser om personlig sikringsutstyr ikke fulgt	Personskade som kan føre til sykefraær eller død	SJA	2	5	4	Øke fokus på innføringsarbeide
		Posisjon	Ras av stillas	Menneskelig svikt, feil type av materiale, dårlig forankring/feste av midlertidig konstruksjon, demontering i feil rekkefølge	Personskade som kan føre til sykefravær eller død	Prosjekteringsfase, analyser, løpende kvalitetssikring	1	5	6	Ekstern kontrol av grunnforhold og stillas
		Posisjon	Klemskade	Feil risikovurdering, SJA ikke fulgt, Arbeider på feil plass til feil tid	Personskade som kan føre til sykefravær eller død	SJA, innstruks, arbeidserfaring	2	5	7	Innføre makkerkontrol ved anhugging av elemenler innen løftet foretas
		Vær	Vanskelige arbeidsforhold	Snø som forhindrer tilkomst, temperatur som fører til forsinkelser,	Økt ulykkesrisiko for personell (fall, frostskader), økt arbeidsbelastning,	Arbeidsklær og utstyr til arbeidere	3	3	6	Rutiner ved dårlig vær og uoptimale forhold i høyden
								Sum verdi ulykkesrisiko	71	

Analyseobjekt Forskalling **Utført av** Joachim Krogh Pedersen, Jonathan Herwig og Jørgen Hansen

Dato 10-04-2018

Nr	Aktivitet	Nøkkelord	Avvik	Mulig årsak	Mulig konsekvens	Eksisterende barriere	Risiko			Foreslått tiltak
							Frekvens	Alvorlighetsgrad	Prioritet	
1	Bygge forskalling	Uklart	Montering feil utført	Vanskelig for arbeidere å montere korrekt pga uklar innstruks eller mangelfull opplæring	Utvidet arbeidstid i risikoutsatt posisjon	Kurs, arbeidsinnstruks, opplæring, verneutstyr, SJA	3	3	6	kursing og kontroll
		Feil handling	Fall fra konstruksjon	Mennskelig svikt	Personskade som kan føre til sykefravær eller død, omplassering av personell	Kurs, innstrukser, opplæring, verneutstyr, kollektiv fallsikring, SJA	3	5	8	kursing og kontroll
		Feil handling	Ras av konstruksjon	Mennskelig svikt	Personskade som kan føre til sykefravær eller død, omplassering av personell	Kurs, innstrukser, opplæring, verneutstyr, kollektiv fallsikring, SJA	2	5	7	Installere måleutstyr på midlertidig konstruksjon som alamerer om noe siger eller nedbøyer
		Utelatt steg	Usikker konstruksjon	Mennskelig svikt, manglende deler, manglende kompetanse	Fall, ras av konstruksjon, utvidet arbeidstid i utsatt posisjon	Kurs, innstrukser, opplæring, SJA	1	5	6	Kursing av personell
		Forstyrrende effekter fra andre	Personskade	Fall, snubling, uorganisert arbeidsområde, dårlig samarbeid, dropp av gjenstand over annen arbeider	Personskade som kan føre til sykefravær eller død, omplassering av personell	Personlig verneutstyr, erfaring blant arbeidere, SJA	2	4	6	kursing og kontroll
	,	Tid	Forsinkelser	Lav effektivitet blant arbeidere, forsinkelser i leveranse, ytre miljø (vær)	Tidspress på arbeidere, økt bemanning for å ta igjen etterslep, utvidet arbeidstid i risikoutsatt posisjon	Fremdriftsplan, styring på anleggsområde	3	2	5	Bedre planlegging og bedre oppfølging underveis
		Kommunikasjon	Beskjed ikke oppfattet	Språkbarriere	Feil handling utført, personskade som kan føre til sykefravær	Språkkurs, kurs, opplæring	2	3	5	Strengere krav til språkkunskaper
		Personell	Aktivitet feil utført	Dårlig opplæring, utilstrekkelig kompetanse, mangelfull anleggsledelse, underbemanning	Dårlig arbeidsmiljø, forsinkelser, stress blant arbeidere, lav fremdrift, økonomisk tap, personskade	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring	2	2	4	Kvalitetssikring ved ansettelse, optimalisering av bemanning til aktivitet
		Personell	Økt ulykkesrisikko	Overbemmning gir flere arbedstimer, gir høyere eksponering i risikoutsatt posisjon	Flere arbeidere i utsatt posisjon, personsakde som føre til sykefravær	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring, SJA	2	3	5	
		Prosedyre	Misinformasjon	Instrukser om bruk av egen sikring og/ eller kollektiv sikring ikke fulgt	Personskade som kan føre til sykefravær eller død, omplassering av personell	Ukjent	2	5	7	Øke fokus på innføringsarbeide for arbeidere
		Posisjon	Ras av konstruksjon	Menneskelig svikt, feil type av materiale, dårlig forankring/feste av midlertidig konstruksjon, sviktende grunnforhold	Personskade som kan føre til sykefravær eller død, omplassering av personell	Prosjekteringsfase, analyser, løpende kvalitetssikring	1	5	6	Grundig KS-arbeide
		Posisjon	Klemskade	Arbeider i feil posisjon til feil tid, dårlig kommunikasjon, konstruksjon som raser	Personskade som kan føre til sykefravær eller død	SJA, riggplaner, kontroll og kommunikasjon	1	4	5	Øke fokus på innføringsarbeide for arbeidere
		Vær	Vanskelige arbeidsforhold, ineffektivitet	Snø som forhindrer tilkomst, temperatur som fører til forsinkelser, glatte overflater	Økt ulykkesrisiko for personell (fall, frostskader), økt arbeidsbelastning	Arbeidsklær og utstyr til arbeidere	3	2	5	Rutiner ved dårlig vær og uoptimale forhold i høyden
								Sum verdi ulykkesrisiko	75	

Analyseobjekt Forskallingsarbeid - plasstøpt **Utført av** Joachim Krogh Pedersen, Jonathan Herwig og Jørgen Hansen
Dato 10-04-2018
Målsetting Ulykkesrisiko

Nr	Aktivitet	Nøkkelord	Avvik	Mulig årsak	Mulig konsekvens	Eksisterende barriere	Risiko			Foreslått tiltak
							Frekvens	Alvorlighetsgrad	Prioritet	
1	Rive forskalling	Uklart	Demontering feil utført	Arbeidere skjønner ikke prosedyren/instruksen	Ras av konstruksjon, personskade som kan føre til sykefravær eller død	Kurs, innstrukser, opplæring, SJA	2	5	7	Utvidet kursing og kontroll
		Feil handling	Demontering feil utført	Mennskelig svikt	Ras av konstruksjon, personskade som kan føre til sykefravær eller død	Kurs, innstrukser, opplæring, SJA	1	5	6	kursing og kontroll
		Utelatt steg	Usikker konstruksjon	Mennskelig svikt, feil deler demontert	Fall, ras av konstruksjon, tilhørende skader	Kurs, innstrukser, opplæring, SJA	1	5	6	Kursing av personell
		Forstyrrende effekter fra andre	Personskade	Dropp av gjenstand fra overliggende nivå, ras av overliggende del av stillas	Skade som kan før til sykefravær eller død, omplassering av arbeider	Personlig verneutstyr, erfaring blant arbeidere, SJA	3	4	7	Strengere regler for opphold i stillas, mer effektiv personellstyring
	,	Tid	Forsinkelser	Lav effektivitet blant arbeidere, forsinkelser i leveranse, ytre miljø (vær)	Tidspress på arbeidere, økt bemanning for å ta igjen etterslep, økt tilstedeværelse i risikoutsatt posisjon	Fremdriftsplan, styring på anleggsområde	3	4	7	Bedre planlegging og bedre oppfølging underveis
		Kommunikasjon	Beskjed ikke oppfattet	Språkbarriere	Feil handling utført, personskade som kan føre til sykefravær eller omplassering	Språkkurs, kurs, opplæring	2	3	5	Strengere krav til språkkunskaper
		Personell	Aktivitet feil utført	Dårlig opplæring, utilstrekkelig kompetanse, mangelfull anleggsledelse, underbemanning	Dårlig arbeidsmiljø, stress blant arbeidere, personskade som kan føre til sykefravær	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring, SJA	2	3	5	Kvalitetssikring ved ansettelse, optimalisering av bemanning til aktivitet
		Personell	Økt ulykkesrisikko	Overbemmning gir flere arbedstimer, gir høyere eksponering i risikoutsatt posisjon	Flere arbeidere i utsatt posisjon, personsakde som føre til sykefravær	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring, SJA	2	4	6	Innføre maks begrensning på antal arbeidere på samme plass
		Prosedyre	Misinformasjon	Instrukser om personlig sikringsutstyr ikke fulgt	Personskade som følge av fall som kan føre til sykefraær eller død	SJA	2	5	4	Øke fokus på innføringsarbeide for arbeidere
		Posisjon	Ras av konstruksjon	Menneskelig svikt, feil type av materiale, dårlig forankring/feste av midlertidig konstruksjon, demontering i feil rekkefølge	Personskade som kan føre til sykefravær eller død	Prosjekteringsfase, analyser, løpende kvalitetssikring	1	5	6	Grundig KS-arbeide
		Posisjon	Klemskade	Arbeider i feil posisjon til feil tid, dårlig kommunikasjon, konstruksjon som raser	Personskade som kan føre til sykefravær eller død	SJA, riggplaner, kontroll og kommunikasjon	1	4	5	
		Vær	Vanskelige arbeidsforhold	Snø som forhindrer tilkomst, temperatur som fører til forsinkelser, glatte og kalde	Økt ulykkesrisiko for personell (fall, frostskader), økt arbeidsbelastning,	Arbeidsklær og utstyr til arbeidere	3	3	6	Rutiner ved dårlig vær og uoptimale forhold i høyden
								Sum verdi ulykkesrisiko		70

Analyseobjekt	Armeringsarbeid - plasstøpt		**Utført av**	Joachim Krogh Pedersen, Jonathan Herwig og Jørgen Hansen						
Dato	10-04-2018									
Målsetting	Ulykkesrisiko									

Nr	Aktivitet	Nøkkelord	Avvik	Mulig årsak	Mulig konsekvens	Eksisterende barriere	Risiko			Foreslått tiltak
							Frekvens	Alvorlighetsgrad	Prioritet	
1	Legge armering	Uklar	Montering feil utført	Vanskelig for arbeidære å montere korrekt pga uklar innstruks eller mangelfull opplæring	Utvidet arbeidstid i risikoutsatt posisjon	Kurs, arbeidsinnstruks, opplæring, verneutstyr, SJA	1	3	4	Utvidet kursing og kontroll
		Feil handling	Fall fra konstruksjon	Mennskelig svikt	Alvorlig skade som kan føre til sykefravær	Kurs, innstrukser, opplæring, internkontroll, verneutstyr, SJA	1	4	5	Utvidet kursing og kontroll
		Utelatt steg	Usikker konstruksjon	Mennskelig svikt, manglende deler, manglende kompetanse	Utvidet arbeidstid i risikoutsatt posisjon	Kurs, innstrukser, opplæring, internkontroll, SJA	2	4	6	Mottakskontroll av materialer, kursing av personell
		Utelatt steg	Konstruksjon vil ikke oppfylle funksjonskrav	Mennskelig svikt, manglende deler, manglende kompetanse	Utvidet arbeidstid i risikoutsatt posisjon	Kurs, innstrukser, opplæring, internkontroll, SJA	2	4	6	
		Forstyrrende effekter fra andre	Personskade	Fall, snubling, uorganisert arbeidsområde, dårlig samarbeid, dropp av gjenstand over annen arbeider	Personskade som kan føre til sykefravær eller død, omplassering av personell	Personlig verneutstyr, erfaring blant arbeidere, SJA	3	5	8	Bedre organisering av arbeidssted og bemanningssituasjon gjennom planlegging og kontroll
		Tid	Forsinkelser	Lav effektivitet blant arbeidere, forsinkelser i leveranse, ytre miljø (vær)	Tidspress på arbeidere, økt bemanning for å ta igjen etterslep, utvidet arbeidstid i risikoutsatt posisjon	Fremdriftsplan, styring på anleggsområde, prosjektstyring, oppfølging av leveranser	2	2	4	Bedre planlegging og oppfølging underveis i prosess
		Prosedyre	Fall fra konstruksjon	Prosedyre for bruk av fallsikrinig er utført feil eller ikke fulgt, snubling i element	Personskade som kan føre til sykefravær eller død, usikkert arbeidsmiljø	SHA, SJA, opplæring, kurs, kontrollvikrsomhet, kollektiv fallsikring	3	5	8	Kontinuerlig overvåking av personell med arbeide i høyden.
		Kommunikasjon	Beskjed ikke oppfattet	Språkbarriere	Feil handling utført, personskadesom følge av snubling eller fall	Språkkurs, kurs, opplæring	2	3	5	Strengere krav til språkkunskaper
		Personell	Aktivitet feil utført	Dårlig opplæring, utilstrekkelig kompetanse, mangelfull anleggsledelse, underbemanning	Dårlig arbeidsmiljø, stress blant arbeidere, personskade som kan føre til sykefravær	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring, SJA	2	3	5	Kvalitetssikring ved ansettelse, optimalisering av bemanning til aktivitet
		Personell	Økt ulykkesrisikko	Overbemmning gir flere arbedstimer, gir høyere eksponering i risikoutsatt posisjon	Flere arbeidere i utsatt posisjon, personsakde som føre til sykefravær	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring, SJA	2	3	5	
		Posisjon	Midlertidig konstruksjon som raser	Arbeidere befinner seg i midlertidig konstruksjon som raser	Personskade som fører til fravær eller død, usikkert arbeidsmiljø	Prosjekteringsfase, analyser, løpende kvalitetssikring, SJA	2	5	7	Installere måleutstyr på midlertidig konstruksjon som alamerer om noe siger eller nedbøyer
		Vær	Vanskelige arbeidsforhold	Snø som vanskeliggjør adkomst og fremkommelighet i stillas, glatte overflater	Økt ulykkesrisiko for personell (fall, frostskader), økt arbeidsbelastning,	Arbeidsklær og utstyr til arbeidere	3	3	6	Rutiner ved dårlig vær og uoptimale forhold i høyden
							Sum verdi ulykkesrisiko		69	

Analyseobjekt Støpearbeider Utført av Joachim Krogh Pedersen, Jonathan Herwig og Jørgen Hansen
Dato 10-04-2018
Målsetting

Nr	Aktivitet	Nøkkelord	Avvik	Mulig årsak	Mulig konsekvens	Eksisterende barriere	Risiko			Foreslått tiltak
							Frekvens	Alvorlighetsgrad	Prioritet	
1	Utstøping	Uklart	Aktivitet feil utført	Vanskelig for arbeidere å utstøpe korrekt pga mangelfull instruksjon	Forsinkelse og merarbeid som fører til lengre opphold i risikoutsatt posisjon	Kurs, arbeidsinnstruks, opplæring	2	4	6	Utvidet kursing og kontroll
		Feil handling	Betongsøl	Mennskelig svikt	Personskade som kan føre til omplassering eller fravær	Kurs, innstrukser, opplæring, internkontroll, verneutstyr	1	3	4	Utvidet kursing og kontroll
		Utelatt steg	Aktivitet feil utført	Mennskelig svikt, manglende utstyr, manglende kompetanse	Forsinkelse og merarbeid som fører til lengre opphold i risikoutsatt posisjon	Kurs, innstrukser, opplæring, internkontroll	1	4	5	Utstyrskontroil, kursing av personell
		Forstyrrende effekter fra andre	Personskade	Fall, snubling, uorganisert arbeidsområde, uvettig behandlinng av utstyr	Sykefravær, omplassering av personell, økonomisk tap, lavere fremdrift	Personlig verneutstyr, erfaring blant arbeidere	3	3	6	Bedre organisering av arbeidssted og bemanningssituasjon gjennom planlegging og kontroll
	,	Tid	Forsinkelser	Lav effektivitet blant arbeidere, forsinkelser i leveranse, ytre miljø (vær)	Tidspress på arbeidere, økt bemanning for å ta igjen etterslep, stressende arbeidsmiljø	Fremdriftsplan, styring på anleggsområde, prosjektstyring, oppfølging av leveranser	2	2	4	Bedre planlegging og oppfølging underveis i prosess, back-up løsninger
		Prosedyre	Fall fra konstruksjon	Prosedyre for bruk av fallsikrinig er utført feil eller ikke fulgt under tilkomst og opphold i midlertidig konstruksjon, snubling i element (verktøy, slanger etc)	Personskade som kan føre til sykefravær, matriell skade, forsinkelse, økonomisk tap, usikkert arbeidsmiljø	SHA, SJA, opplæring, kurs, kontrollvikrsomhet	3	5	8	Innføre kontinuerlig overvåking av arbeidere som jobber i høyden. Ekstern kilde
		Kommunikasjon	Beskjed ikke oppfattet	Språkbarriere	Feil handling utført, forsinkelse, personskade eller død pga snubling eller fall, ønskelig resultat ikke oppnådd	Språkkurs, kurs, opplæring	2	1	3	Strengere krav til språkkunskaper
		Personell	Aktivitet feil utført	Dårlig opplæring, utilstrekkelig kompetanse, mangelfull anleggsledelse, bemanning	Dårlig arbeidsmiljø, forsinkelser, stress blant arbeidere, lav fremdrift, økonomisk tap, personskade	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring	2	2	4	Kvalitetssikring ved ansettelse, optimalisering av bemanning til aktivitet
		Personell	Økt ulykkesrisikko	Overbemmning gir flere arbedstimer, gir høyere eksponering i risikoutsatt posisjon	Flere arbeidere i utsatt posisjon, personsakde som føre til sykefravær	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring, SJA	2	4	6	
		Posisjon	Ras av konstruksjon	Opphold i midlertidig konstruksjon som raser, konstruksjonssvikt, menneskelig svikt	Personskade som fører til fravær eller død, usikkert arbeidsmiljø	Prosjekteringsfase, analyser, løpende kvalitetssikring	1	5	6	Innføre kontinuerlig overvåking av arbeidere som jobber i høyden. Ekstern kilde
		Posisjon	Arbeider i feil posisjon	Dårlig risikovurdering, området ikke tilstrekkelig merket, SJA ikke fulgt	Personskade som følge av sammenstøt med fallende gjenstand som fører til fravær eller død, usikkert arbeidsmiljø	SHA, SJA, opplæring, kurs, kontrollvikrsomhet, verneutstyr	2	4	6	Innføre kontinuerlig overvåking av arbeidere som jobber i høyden. Ekstern kilde
		Vær	Forsinkelser, vanskelige arbeidsforhold, ineffektivitet, økt ulykkesrisiko	Snø som forhindrer tilkomst, temperatur som fører til forsinkelser, glatte overflater	Økt ulykkesrisiko for personell (fall, frostskader), økt arbeidsbelastning, lav fremdrift, forlenget opphold i midlertidig konstruksjon	Arbeidsklær og utstyr til arbeidere	3	1	4	Rutiner ved dårlig vær og uoptimale forhold i høyden
								Sum ulykkesrisiko	62	

KRUSE SMITH

Sikker jobb analyse – SJA

07

Prosjekt navn: **55131 Ny E18 Arendal-Tvedestrand**		**Nummer og tittel:** understøttelse
Utført dato:	**Klokkslett:**	**Ansvarlig fra Kruse Smith AS**
Ved gjenbruk; Revidert dato:		**Ansvarlig fra Kruse Smith AS**

Kort beskrivelse av jobben som skal utføres:

- bygge cuplock fra bakken
- legge utstål bjelker

Er det behov for å informere andre om arbeidet? **JA:** x **NEI:**

Hvem informeres: Vinje y AF

Folk som jobbe i nærheten

Andre tilstøtende/grensesnitt arbeidsoppgaver/jobber som må hensyntas før vi starter:

godkjenninger, prosjektering

grunnforhold

Følgende dokumenter/annet er benyttet som grunnlag for gjennomføring av SJA:
(«Læringsark» fra liknende arbeidsoppgaver, rutiner/beskrivelser, tegninger, etc)

- tegninger

Deltakere (bruk blokkbokstaver)

Navn, funksjon	**Signatur**
Jan Pohle VO	[signature]
FRODE EDVARDSEN	Frode Edvardsen
Michael Eikmann	[signature]
Morgan Jensen	Morgan Jensen
HÅKON JENSEN	Håkon Jensen
Tom Karpuschkat, Formann	[signature]
Simon Long	[signature]
Michael McGuinness	[signature]
Ryszard Zalewski	[signature]
Daniel Misiak	[signature]

Simon Long.

M W Jones

IAN-INGE OMLAND

Bjorn [illegible]

Oan Haugen

[illegible]

[illegible]

Kaa Johansen

KRUSE SMITH

Sikker jobb analyse – SJA

Aktivitet	Risiko	Tiltak	Sikkerhetsutstyr som må forefinnes	Ansvarlig
montering av cuplock	- etterhvert når vi kommer i høyden	- jobbe systematisk - bruk fallsikrings-	PVU	
	fall og fallende gjenstander	utstyr - bygge midlertidig	personlig sele	alle
		platting		
		- sperre om nødvendig	sperresånd	
		- materiell skal ikke lagres i arbeids-		
		område.		
- utlegging av stålbjelker	- nedfall av bjelker	- bruke godkjent		alle
	- klemfare	- være oppmerksom		alle
		under løfting		
		- bruke sperremann		montasje
		ved montering over		leder
		vei		

KRUSE SMITH

Sikker jobb analyse – SJA

Prosjekt navn: **55131 E81 Tvedestrand – Arendal**		**Nummer og tittel: 17** **Riving/flytting av takbukker**
Utført dato: **16.03.18**	**Klokkeslett: 07:00**	**Ansvarlig fra Kruse Smith AS** **Formann**
Ved gjenbruk; Revidert dato:		**Ansvarlig fra Kruse Smith AS**

Kort beskrivelse av jobben som skal utføres:

Reisen skal senkes
Takbukker rives
Takbukker flyttes

Er det behov for å informere andre om arbeidet?	**JA:**		**NEI:**	**X**

Hvem informeres:

Andre tilstøtende/grensesnitt arbeidsoppgaver/jobber som må hensyntas før vi starter:
Dekke må være oppspennt 50 % før riving

Følgende dokumenter/annet er benyttet som grunnlag for gjennomføring av SJA:
(«Læringsark» fra liknende arbeidsoppgaver, rutiner/beskrivelser, tegninger, etc)

Deltakere (bruk blokkbokstaver)

Navn, funksjon	Signatur
Tom Karpuschkat	
KÅRE GUNNAR BREKKE	
Jan Pohle	
ANDERS KRISTOFFERSEN	
ODD HARALD FJELDAL	
FRODE EDVARDSEN	
TORGEIR FREDRIKSEN	
Michael Eikrem	
Morgan Jensen	
HALLON JENSEN	

KRUSE SMITH

Sikker jobb analyse – SJA

Aktivitet	Risiko	Tiltak	Sikkerhetsutstyr som må forefinnes	Ansvarlig
nedsenking av Reis	- fall	- bruk av fallsele	PVU	alle
	- fallende gjenstander	- lage/bruke arbeidsplatting - rydde fortløpende		-"-
		- små deler ryddes umiddelbart		-"-
-	- klemfare når bjelkene detter ned	- bruk Hammer/brekjern for å dunke ned - ikke dra fra Hånd	PVU/riktig verktøy	-"-
- riving takbukker med Gaffel	- klemfare	- god kommunikasjon med kranfører og involverte	- Radio	aller
		- bruke spett/kubein for å ikke gå inn med fingerne	- spett/kubein	alle
- ftytting	- fallende takbuk	- takbuk stroppes med jekkestrop til gaffel	- jekkestroppen	- alle
		- folk som jobber i nærheten må varsles		

18. APRIL 2018

HAZOP-RAPPORT

PREFABRIKKERT

JOACHIM KROGH, JONATHAN HERWIG, JØRGEN HANSEN
BACHELOROPPGAVE: BETONGBRO - PREFABRIKKERT ELLER PLASSTØPT?
UiA

Formelt:

Denne rapport er utarbeidet under flere arbeidsmøter gjennomført i tidsrommet 10.4.18 – 18.4.18.

Til stede var: Jørgen Hansen

Jonathan Herwig

Joachim Krogh

Roller som gruppeleder, deltaker og sekretær gikk på skift mellom deltagerne.

Formål:

Rapporten inneholder analyse av risikomomenter som kan oppstå under bygging av en prefabrikkert betongbro. Fokuset i denne rapporten er å presentere tallfestet ulykkesrisiko for de enkelte delaktiviteter. Foreslåtte tiltak er behandlet sekundært, da dette ikke har hatt stor relevans i forhold oppgavens omfang.

Innhold:

Analysen omhandler kun de aktiviteter som inngår i brooverbyggingen. Følgelig inneholder rapporten ikke forhold hva angår utstøping av landkar, grunnarbeider og kompleteringsfase.

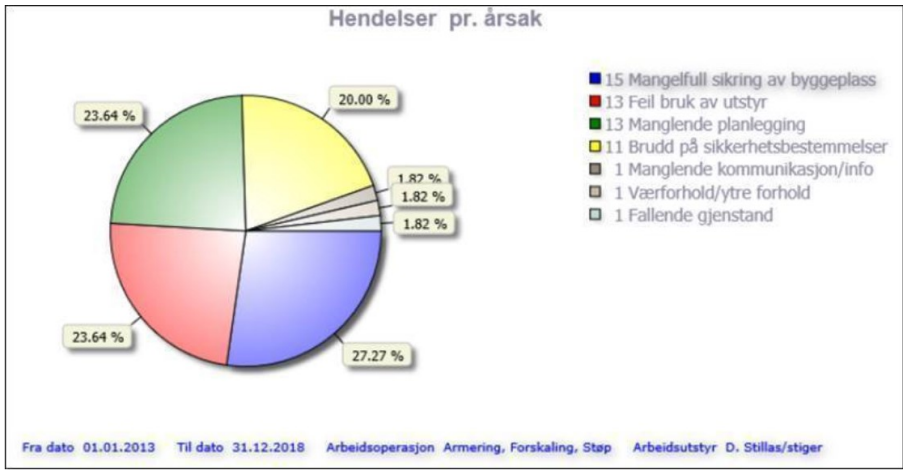
Det er utført HAZOP-analyser for følgende aktiviteter:

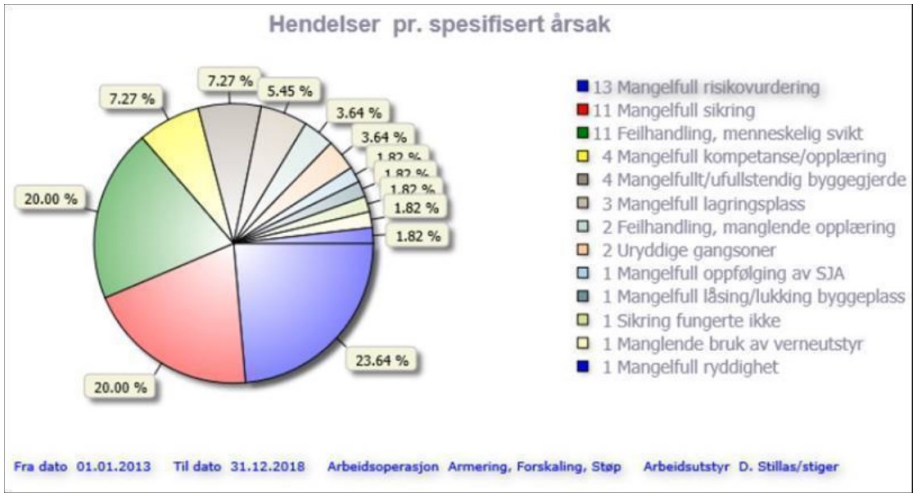
- Heise og montere MOT-bjelker
- Heise og montere platedekke
- Montere forskalling
- Demontering forskalling
- Armering
- Utstøping

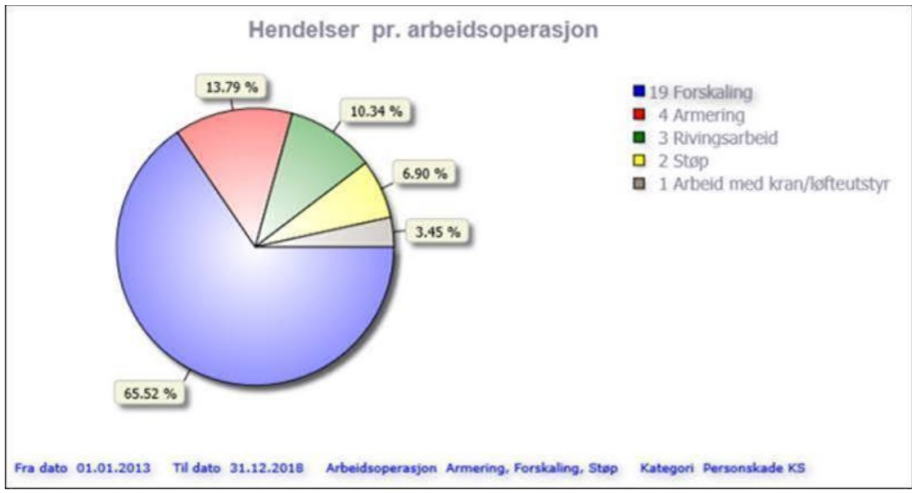
Prosess:

Prosedyreanalysen er foretatt som en trinnvis gjennomgang av mulige risikofaktorer som kan oppstå under de angitte aktiviteter. Det er vektlagt å identifisere faremomenter som kan føre til alvorlig skade på personell, eller i verste fall føre til direkte eller indirekte død. Det er anvendt data fra innhentede SJA-skjemaer for montering av elementer på Vennevann bro, tilgjengelige ulykkesstatistikker og RUH-statistikk fra entreprenør. Innhentede SJA-skjemaer er vedlagt i rapporten. Det er benyttet et HAZOP-skjema for hver aktivitet, og nøkkelord som er brukt for å identifisere risikomomentene er beskrevet i kapittel seks i Bacheloroppgaven.

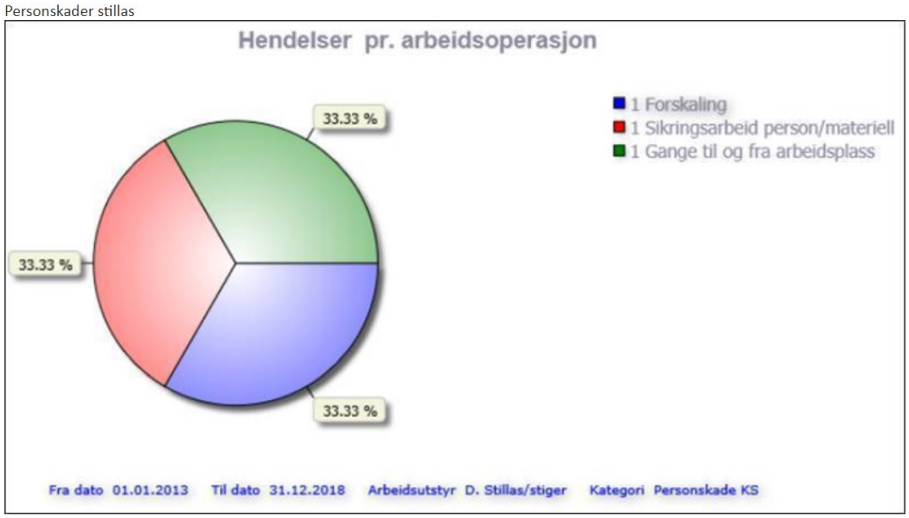
RUH-statistikk fra entreprenør: armering, forskaling, støp med stillas/stiger som arbeidsutstyr



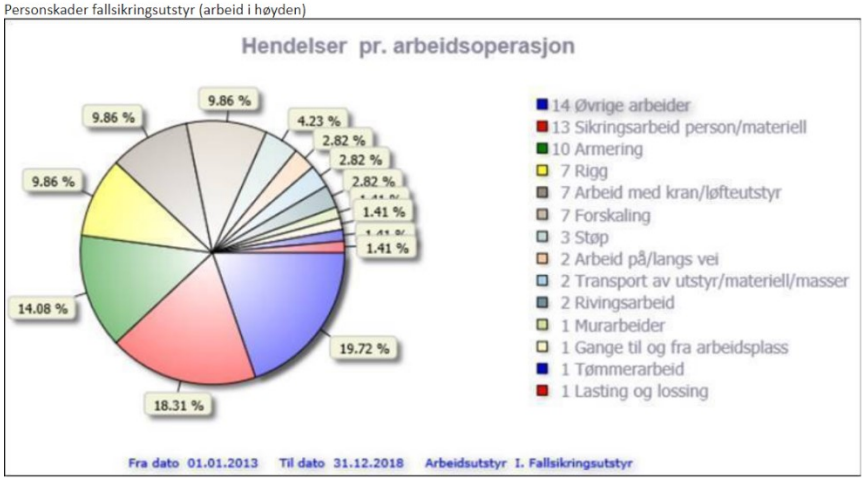




Personskader stillas



Personskader fallsikringsutstyr (arbeid i høyden)



Fremgangsmåte for analysen:

Resultater - Prefabrikkert

Aktivitet	Sum ulykkesrisiko
Heise og montere MOT-bjelker	69
Heise og montere platedekke	66
Montering forskalling	53
Demontering forskalling	41
Armering	44
Utstøping av toppdekke	42
Sum	**315**

Gjennomgangen av aktivitetene for bygging av prefabrikkert betong bro, indikerer følgende risikoområder av særlig alvorlig karakter:

- Heising og montering av elementer
- Påhekting av elementer
- Klemskader ifbm heising av elementer
- Kollisjon mellom elementer og personell

Det er viktig å ha ekstra fokus og oppmerksomhet på aktiviteter som utføres i tilknytning til disse risikofaktorene. I analyseskjemaene er det angitt foreslåtte tiltak som kan iverksettes for å redusere anslått ulykkesrisiko.

Følgende tiltak anbefales

- Utvidet kursing og kontroll
- Makkerkontrol ved anhugging av elementer
- Kontinuerlig radiokommunikasjon mellom kranoperatør og andre arbeidere
- Faste rutiner ved dårlig vær og ikke optimale forhold i høyden

Analyseobjekt	Montasje av elementer	Utført av	Joachim Krogh Pedersen, Jonathan Herwig og Jørgen Hansen
Dato	10-04-2018		

Nr	Aktivitet	Nøkkelord	Avvik	Mulig årsak	Mulig konsekvens	Eksisterende barriere	Risiko			Foreslått tiltak
							Frekvens	Alvorlighetsgrad	Prioritet	
1	Heising og montering av MOT- bjelker	Uklart	Økt ulykkesrisiko	Dårlig logistikk og planleging av anleggsområdet	Risiko for sammenstøt mellom element og arbeider, klemfare	Riggplaner, arbeidsinnstruks, opplæring, SJA	2	5	7	Utvidet kursing og kontroll
		Uklart	Usikkerhet om utførelse	Uklare innstrukser, dårlig planlegging av løfteprosess	Risiko for sammenstøt mellom element og arbeider, klemfare	Riggplaner, arbeidsinnstruks, opplæring, SJA	1	5	6	Utvidet kursing og kontroll
		Feil handling	Miste element under heising	Mennskelig svikt, feil håndtering av lasteutstyr (krok, kjetting etc), feil bruk av kran, personell i feil posisjon, teknisk svikt i kran/ løfteutstyr	Skade som kan føre til sykefravær eller død, omplassering av personell	Sertifisert personell, innstrukser, opplæring, internkontroll, eksternkontroll av myndigheter, SJA	1	5	6	Utvidet kursing og kontroll
		Utelatt steg	Miste element under heising	Mennskelig svikt, manglende deler, manglende kompetanse	Skade som kan føre til fravær eller død	Kurs, innstrukser, opplæring, internkontroll, SJA	1	5	6	Innføre makkerkontrol ved anhugging av elementer innen løftet foretas
		Forstyrrende effekter fra andre	Klemfare	Dårlig samarbeid mellom arbeidere, arbeider i feil	Skade som kan føre til fravær eller død, omplassering av personell	Personlig verneutstyr, erfaring blant arbeidere, sertifisert personell, lite mannskap nødvendig for operasjon	1	4	5	Innføre makkerkontrol ved anhugging av elementer innen løftet foretas
		Tid	Tidspress, økt ulykkesrisiko	Lav effektivitet blant arbeidere, forsinkelser i leveranse, ytre miljø (vær), ugunstige arbeidstid (nattarbeid)	Tidspress på arbeidere, skade som kan føre til fravær, dårligere arbeidsmiljø	Fremdriftsplan, styring på anleggsområde, prosjektstyring, oppfølging av leveranser	2	2	4	Bedre planlegging og oppfølging underveis i prosess
		Prosedyre	Miste element under heising	Prosedyre for sikring av område er utført feil eller ikke fulgt, menneskelig eller teknisk svikt	Personskade som kan føre til sykefravær eller død, usikkert arbeidsmiljø	SHA, SJA, riggplaner, opplæring, kurs, kontrollvikrsomhet	1	5	6	Innføre makkerkontrol ved anhugging av elementer innen løftet foretas
		Prosedyre	Kollisjon mellom element og personell	Prosedyre for sikring av område er utført feil eller ikke fulgt, menneskelig eller teknisk svikt	Personskade som kan føre til sykefravær eller død, usikkert arbeidsmiljø	SHA, SJA, riggplaner, opplæring, kurs, kontrollvikrsomhet	1	5	6	Etablere kontinuerlig radiokommunikasjon mellom kranoperatør og andre arbeidere
		Organisering	Miste element under heising	Dårlig organisering av mannskap under operasjon	Personskade som kan føre til sykefravær eller død, usikkert arbeidsmiljø	Sertifisert personell, innstrukser, opplæring, internkontroll	1	5	6	Etablere kontinuerlig radiokommunikasjon mellom kranoperatør og andre arbeidere
		Kommunikasjon	Beskjed ikke oppfattet	Språkbarriere	Feil handling utført, forsinkelse, personskade som følge av klemskade, ønskelig resultat ikke oppnådd	Språkkurs, kurs, opplæring	1	1	2	Strengere krav til språkkunskaper
		Personell	Aktivitet feil utført, forsinkelser, ineffektivitet, økt ulykkesrisikko	Dårlig opplæring, utilstrekkelig kompetanse, mangelfull anleggsledelse, bemanning	Dårlig arbeidsmiljø, forsinkelser, stress blant arbeidere, lav fremdrift, økonomisk tap, personskade	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring, kursing	1	1	2	Kvalitetssikring ved ansettelse, optimalisering av bemanning til aktivitet
		Posisjon	Velt av kran	Feil plassering, sviktende grunnforhold	Personskade som fører til fravær eller død, usikkert arbeidsmiljø	Riggplaner, SJA, befaring fra montasjefirma	2	5	7	Ekstern kontrol av grunnforhold. Krav om kontroll av kran og løfteutstyr innen montasje
		Vær	Forsinkelser, vanskelige arbeidsforhold, økt ulykkesrisiko	Snø som forhindrer tilkomst, temperatur som fører til forsinkelser, glatte	Økt eksponering for ulykkesrisiko for personell, økt arbeidsbelastning	Arbeidsklær og utstyr til arbeidere	3	3	6	Rutiner ved dårlig vær og uoptimale forhold i høyden
								Sum verdi ulykkesrisiko		69

Analyseobjekt Montasje av elementer **Utført av** Joachim Krogh Pedersen, Jonathan Herwig og Jørgen Hansen

Dato 10-04-2018

Nr	Aktivitet	Nøkkelord	Avvik	Mulig årsak	Mulig konsekvens	Eksisterende barriere	Risiko			Foreslått tiltak
							Frekvens	Alvorlighetsgrad	Prioritet	
1	Heising og montering av platedekke	Uklart	Økt ulykkesrisiko	Dårlig logistikk og planleging av anleggsområdet	Risiko for sammenstøt mellom element og arbeider, klemfare	Riggplaner, arbeidsinnstruks, opplæring, SJA	2	5	7	Utvidet kursing og kontroll
		Uklart	Usikkerhet om utførelse	Uklare innstrukser, dårlig planlegging av løfteprosess	Risiko for sammenstøt mellom element og arbeider, klemfare	Riggplaner, arbeidsinnstruks, opplæring, SJA	1	5	6	Utvidet kursing og kontroll
		Feil handling	Miste element under heising	Mennskelig svikt, feil håndtering av lasteutstyr (krok, kjetting etc), feil bruk av kran, personell i feil posisjon, teknisk svikt i kran/ løfteutstyr	Skade som kan føre til sykefravær eller død, omplassering av personell	Sertifisert personell, innstrukser, opplæring, internkontroll, eksternkontroll av myndigheter, SJA	1	5	6	Utvidet kursing og kontroll
		Utelatt steg	Miste element under heising	Mennskelig svikt, manglende deler, manglende kompetanse	Skade som kan føre til fravær eller død	Kurs, innstrukser, opplæring, internkontroll, SJA	1	4	5	
		Forstyrrende effekter fra andre	Klemfare	Dårlig samarbeid mellom arbeidere, arbeider i feil	Skade som kan føre til fravær eller død, omplassering av personell	Personlig verneutstyr, erfaring blant arbeidere, sertifisert personell, lite mannskap nødvendig for	1	4	5	
		Tid	Tidspress, økt ulykkesrisiko	Lav effektivitet blant arbeidere, forsinkelser i leveranse, ytre miljø (vær), ugunstige arbeidstid (nattarbeid)	Tidspress på arbeidere, skade som kan føre til fravær, dårligere arbeidsmiljø	Fremdriftsplan, styring på anleggsområde, prosjektstyring, oppfølging av leveranser	2	2	4	Bedre planlegging og oppfølging underveis i prosess
		Prosedyre	Miste element under heising	Prosedyre for sikring av område er utført feil eller ikke fulgt, menneskelig eller teknisk svikt	Personskade som kan føre til sykefravær eller død, usikkert arbeidsmiljø	SHA, SJA, riggplaner, opplæring, kurs, kontrollvikrsomhet	1	4	5	
		Prosedyre	Kollisjon mellom element og personell	Prosedyre for sikring av område er utført feil eller ikke fulgt, menneskelig eller teknisk svikt	Personskade som kan føre til sykefravær eller død, usikkert arbeidsmiljø	SHA, SJA, riggplaner, opplæring, kurs, kontrollvikrsomhet	1	4	6	Etablere kontinuerlig radiokommunikasjon mellom kranoperatør og
		Organisering	Miste element under heising	Dårlig organisering av mannskap under operasjon	Personskade som kan føre til sykefravær eller død, usikkert arbeidsmiljø	Sertifisert personell, innstrukser, opplæring, internkontroll	1	5	6	Etablere kontinuerlig radiokommunikasjon mellom kranoperatør og
		Kommunikasjon	Beskjed ikke oppfattet	Språkbarriere	Feil handling utført, personskade som følge av klemskade,	Språkkurs, kurs, opplæring	1	1	2	Strengere krav til språkkunskaper
		Personell	Aktivitet feil utført, forsinkelser, ineffektivitet, økt ulykkesrisikko	Dårlig opplæring, utilstrekkelig kompetanse, mangelfull anleggsledelse, bemanning	Dårlig arbeidsmiljø, forsinkelser, stress blant arbeidere, lav fremdrift, økonomisk tap, personskade	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring, kursing	1	1	2	Kvalitetssikring ved ansettelse, optimalisering av bemanning til aktivitet
		Posisjon	Velt av kran	Feil plassering, sviktende grunnforhold	Personskade som fører til fravær eller død, usikkert arbeidsmiljø	Riggplaner, SJA, befaring fra montasjefirma	1	5	6	Ekstern kontrol av grunnforhold. Krav om kontroll av kran og løfteutstyr innen montasje
		Vær	Vanskelige arbeidsforhold	Snø som forhindrer tilkomst, temperatur som fører til forsinkelser, glatte overflater	Økt eksponering for ulykkesrisiko for personell, økt arbeidsbelastning	Arbeidsklær og utstyr til arbeidere	3	3	6	Rutiner ved dårlig vær og uoptimale forhold i høyden
								Sum verdi ulykkesrisiko		66

Analyseobjekt	Forskalling - prefabrikkert			**Utført av**	Joachim Krogh Pedersen, Jonathan Herwig og Jørgen Hansen					
Dato	10-04-2018									
Målsetting	Ulykkesrisiko									
Nr	**Aktivitet**	**Nøkkelord**	**Avvik**	**Mulig årsak**	**Mulig konsekvens**	**Eksisterende barriere**	**Risiko**			**Foreslått tiltak**
							Frekvens	Alvorlighetsgrad	Prioritet	
1	Bygge forskalling	Uklart	Montering feil utført	Vanskelig for arbeidere å montere korrekt pga uklar innstruks eller mangelfull opplæring	Utvidet arbeidstid i risikoutsatt posisjon	Kurs, arbeidsinnstruks, opplæring, verneutstyr, SJA	2	2	4	kursing og kontroll
		Feil handling	Fall fra lift	Mennskelig svikt, feil i materiell	Personskade som kan føre til sykefravær eller død, omplassering av personell	Kurs, innstrukser, opplæring, verneutstyr, SJA	1	4	5	kursing og kontroll
		Feil handling	Fall av gjenstander	Mennskelig svikt	Personskade som kan føre til sykefravær eller død, omplassering av personell	Kurs, innstrukser, opplæring, verneutstyr, kollektiv fallsikring, SJA	1	4	5	kursing og kontroll
		Utelatt steg	Usikker konstruksjon	Mennskelig svikt, manglende deler, manglende kompetanse	Fall, ras av konstruksjon, utvidet arbeidstid i utsatt	Kurs, innstrukser, opplæring, SJA	1	3	4	Kursing av personell
		Forstyrrende effekter fra andre	Personskade	Fall, snubling, uorganisert arbeidsområde, dårlig samarbeid	Personskade som kan føre til sykefravær eller død, omplassering av personell	Personlig verneutstyr, erfaring blant arbeidere, SJA	2	2	4	
	,	Tid	Forsinkelser	Lav effektivitet blant arbeidere, forsinkelser i leveranse, ytre miljø (vær)	Tidspress på arbeidere, økt bemanning for å ta igjen etterslep	Fremdriftsplan, styring på anleggsområde	2	2	4	Bedre planlegging og bedre oppfølging underveis
		Kommunikasjon	Beskjed ikke oppfattet	Språkbarriere	Feil handling utført, personskade som kan føre til sykefravær	Språkkurs, kurs, opplæring	2	3	5	Strengere krav til språkkunskaper
		Personell	Aktivitet feil utført	Dårlig opplæring, utilstrekkelig kompetanse, mangelfull anleggsledelse, underbemanning	Dårlig arbeidsmiljø, forsinkelser, stress blant arbeidere, lav fremdrift, økonomisk tap, personskade	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring	2	2	4	Kvalitetssikring ved ansettelse, optimalisering av bemanning til aktivitet
		Personell	Økt ulykkesrisikko	Overbemanning gir flere arbedstimer, gir høyere eksponering i risikoutsatt posisjon	Flere arbeidere i utsatt posisjon, personsakde som føre til sykefravær	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring, SJA	2	3	5	Innføre maks begrensning på antal arbeidere på samme plass
		Prosedyre	Misinformasjon	Instrukser om bruk av egen sikring. Håndtering av lift og annen materiel ikke gjort etter forskrifter	Personskade som kan føre til sykefravær eller død, omplassering av personell	Ukjent	2	3	5	Øke fokus på innføringsarbeide for arbeidere
		Posisjon	Ras av konstruksjon	Menneskelig svikt, feil type av materiale, dårlig forankring/feste av midlertidig konstruksjon	Personskade som kan føre til sykefravær eller død, omplassering av personell	Prosjekteringsfase, analyser, løpende kvalitetssikring	1	3	4	Grundig KS-arbeide
		Vær	Vanskelige arbeidsforhold, ineffektivitet	Snø som forhindrer tilkomst, temperatur som fører til forsinkelser, glatte overflater	Økt ulykkesrisiko for personell (fall, frostskader), økt arbeidsbelastning	Arbeidsklær og utstyr til arbeidere	2	2	4	Rutiner ved dårlig vær og uoptimale forhold i høyden
								Sum ulykkesrisiko		53

Analyseobjekt	Forskallingsarbeid - prefabrikkert	**Utført av**	Joachim Krogh Pedersen, Jonathan Herwig og Jørgen Hansen
Dato	10-04-2018		
Målsetting	Ulykkesrisiko		

Nr	Aktivitet	Nøkkelord	Avvik	Mulig årsak	Mulig konsekvens	Eksisterende barriere	Risiko			Foreslått tiltak
							Frekvens	Alvorlighetsgrad	Prioritet	
1	Rive forskalling	Uklart	Demontering feil utført	Arbeidere skjønner ikke prosedyren/instruksen	Ras av konstruksjon, personskade som kan føre til sykefravær eller	Kurs, innstrukser, opplæring, SJA	2	5	7	Utvidet kursing og kontroll
		Feil handling	Demontering feil utført	Mennskelig svikt	Ras av konstruksjon, personskade som kan føre til sykefravær eller død	Kurs, innstrukser, opplæring, SJA	3	2	5	kursing og kontroll
		Forstyrrende effekter fra andre	Personskade	Liftoperatør og annen mannskap jobber ikke sammen	Skade som kan før til sykefravær eller død, omplassering av arbeider	Personlig verneutstyr, erfaring blant arbeidere, SJA	1	3	4	Strengere regler for opphold i lift, mer effektiv personellstyring
	,	Tid	Forsinkelser	Lav effektivitet blant arbeidere, forsinkelser i leveranse, ytre miljø (vær)	Tidspress på arbeidere, økt bemanning for å ta igjen etterslep,	Fremdriftsplan, styring på anleggsområde	1	2	3	Bedre planlegging og bedre oppfølging underveis
		Kommunikasjon	Beskjed ikke oppfattet	Språkbarriere	Feil handling utført, personskade som kan føre til sykefravær eller omplassering	Språkkurs, kurs, opplæring	2	1	3	Strengere krav til språkkunskaper
		Personell	Aktivitet feil utført	Dårlig opplæring, utilstrekkelig kompetanse, mangelfull anleggsledelse, underbemanning	Dårlig arbeidsmiljø, stress blant arbeidere, personskade som kan føre til sykefravær	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring, SJA	1	1	2	Kvalitetssikring ved ansettelse, optimalisering av bemanning til aktivitet
		Personell	Økt ulykkesrisikko	Overbemmning gir økt risiko for arbeide i lift	Personskade som føre til sykefravær	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring, SJA	1	3	4	
		Prosedyre	Misinformasjon	Instrukser om personlig sikringsutstyr ikke fulgt	Personskade som kan føre til sykefraær eller død	SJA	2	5	4	Øke fokus på innføringsarbeide for arbeidere
		Posisjon	Ras av konstruksjon	Menneskelig svikt, dårlig forankring/feste av midiertidig konstruksjon, demontering i feil rekkefølge	Personskade som kan føre til sykefravær eller død	Prosjekteringsfase, analyser, løpende kvalitetssikring	1	2	3	Grundig KS-arbeide
		Vær	Vanskelige arbeidsforhold	Snø som forhindrer tilkomst, temperatur som fører til forsinkelser, glatte og kalde overflater	Økt ulykkesrisiko for personell (fall, frostskader), økt arbeidsbelastning,	Arbeidsklær og utstyr til arbeidere	3	3	6	Rutiner ved dårlig vær og uoptimale forhold i høyden
								Sum verdi ulykkesrisiko		41

Analyseobjekt	Montasje av elementer			**Utført av**	Joachim Krogh Pedersen, Jonathan Herwig og Jørgen Hansen					
Dato	10-04-2018									
Nr	**Aktivitet**	**Nøkkelord**	**Avvik**	**Mulig årsak**	**Mulig konsekvens**	**Eksisterende barriere**	**Risiko**			**Foreslått tiltak**
							Frekvens	Alvorlighetsgrad	Prioritet	
1	Montere armering	Uklart	Montering feil utført	Vanskelig for arbeidere å montere korrekt	Konstruksjon ikke tilfredsstillende, bestandighet av betong reducert, økonomisk tap	Kurs, arbeidsinnstruks, opplæring, KS-arbide, sikkerhetsfaktorer i dimensjoneringen	1	3	4	Utvidet kursing og kontroll
		Feil handling	Montering feil utført	Mennskelig svikt	Forsinkelse, konstruksjon ikke tilfredsstillende, økonomisk tap	Kurs, innstrukser, opplæring, internkontroll	1	2	3	Utvidet kursing og kontroll
		Utelatt steg	Usikker konstruksjon, konstruksjon vil ikke oppfylle funksjonskrav	Mennskelig svikt, manglende deler, manglende kompetanse	Forsinkelse, konstruksjon ikke tilfredsstillende, økonomisk tap	Kurs, innstrukser, opplæring, internkontroll	1	4	5	Mottakskontroll av materialer, kursing av personell, erfaringsutveksling
		Forstyrrende effekter fra andre	Personskade, forsinkelse	Fall, snubling, uorganisert arbeidsområde, dårligt	Sykefravær, omplassering av personell, økonomisk tap, lavere fremdrift	Personlig verneutstyr, erfaring blant arbeidere.	2	2	4	Bedre organisering av arbeidssted og bemanningssituasjon gjennom planlegging og kontroll
	,	Tid	Forsinkelser	Lav effektivitet blant arbeidere, forsinkelser i leveranse, ytre miljø (vær)	Tidspress på arbeidere, økt bemanning for å ta igjen etterslep	Fremdriftsplan, styring på anleggsområde, prosjektstyring, oppfølging av leveranser	2	2	4	Bedre planlegging og oppfølging underveis i prosess
		Prosedyre	Fall fra konstruksjon	Prosedyre for bruk av fallsikrinig er utført feil eller ikke fulgt, snubling i element.	Personskade som kan føre til sykefravær, matriell skade, forsinkelse, økonomisk tap, usikkert arbeidsmiljø	SHA, SJA, opplæring, kurs, kontrollvikrsomhet, kollektiv fallsikring	1	5	6	Innføre kontinuerlig overvåking av arbeidere som jobber i høyden. Ekstern kilde
		Kommunikasjon	Beskjed ikke oppfattet	Språkbarriere	Feil handling utført, forsinkelse, personskade fra snubling eller fall, ønskelig resultat ikke oppnådd	Språkkurs, kurs, opplæring	2	1	3	Strengere krav til språkkunskaper
		Personell	Aktivitet feil utført, forsinkelser, ineffektivitet, økt ulykkesrisikko	Dårlig opplæring, utilstrekkelig kompetanse, mangelfull anleggsledelse, bemanning	Dårlig arbeidsmiljø, forsinkelser, stress blant arbeidere, lav fremdrift, økonomisk tap, personskade	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring	2	2	4	Kvalitetssikring ved ansettelse, optimalisering av bemanning til aktivitet
		Posisjon	Personskade, forsinkelse av prosjekt	fall fra konstruksjon	Personskade som fører til fravær eller død, matriell skade, forsinkelse, økonomisk tap, usikkert arbeidsmiljø	Prosjekteringsfase, analyser, løpende kvalitetssikring	1	3	4	Innføre kontinuerlig overvåking av arbeidere som jobber i høyden fra ekstern kilde
		Vær	Forsinkelser, vanskelige arbeidsforhold, ineffektivitet, økt ulykkesrisiko	Snø som forhindrer tilkomst, temperatur som fører til forsinkelser, glatte overflater	Økt ulykkesrisiko for personell (fall, frostskader), økt arbeidsbelastning, lav fremdrift	Arbeidsklær og utstyr til arbeidere	3	1	4	Rutiner ved dårlig vær og uoptimale forhold i høyden
								Sum ulykkesrisiko	41	

Analyseobjekt Støpearbeider -prefab **Utført av** Joachim Krogh Pedersen, Jonathan Herwig og Jørgen Hansen

Dato 10-04-2018

Målsetting

Nr	Aktivitet	Nøkkelord	Avvik	Mulig årsak	Mulig konsekvens	Eksisterende barriere	Risiko			Foreslått tiltak
							Frekvens	Alvorlighetsgrad	Prioritet	
1	Utstøping	Uklart	Aktivitet feil utført	Vanskelig for arbeidere å utstøpe korrekt pga mangelfull instruksjon	Økt arbeidsbelastning, dårligere arbeidsmiljø	Kurs, arbeidsinnstruks, opplæring SJA	2	1	3	Utvidet kursing og kontroll
		Feil handling	Betongsøl	Mennskelig svikt	Personskade som kan føre til omplassering eller fravær	Kurs, innstrukser, opplæring, internkontroll, verneutstyr, SJA	1	2	3	Utvidet kursing og kontroll
		Forstyrrende effekter fra andre	Personskade	Fall, snubling, uorganisert arbeidsområde, uvettig behandlinng av utstyr, uadekvat bemanningssituasjon	Skade som kan føre til sykefravær eller omplassering av personell	Personlig verneutstyr, erfaring blant arbeidere, SJA	3	2	5	Bedre organisering av arbeidssted og bemanningssituasjon gjennom planlegging og kontroll
	,	Tid	Forsinkelser	Lav effektivitet blant arbeidere, forsinkelser i leveranse, ytre miljø (vær)	Tidspress på arbeidere, økt bemanning for å ta igjen etterslep, stressende arbeidsmiljø	Fremdriftsplan, styring på anleggsområde, prosjektstyring, oppfølging av leveranser	2	2	4	Bedre planlegging og oppfølging underveis i prosess, back-up løsninger
		Prosedyre	Fall fra konstruksjon	Prosedyre for bruk av fallsikrinig er utført feil eller ikke fulgt under tilkomst og opphold i midlertidig konstruksjon, snubling i element (verktøy, slanger etc)	Personskade som kan føre til sykefravær, matriell skade, forsinkelse, økonomisk tap, usikkert arbeidsmiljø	SHA, SJA, opplæring, kurs, kontrollvikrsomhet	3	5	8	Innføre kontinuerlig overvåking av arbeidere som jobber i høyden. Ekstern kilde
		Kommunikasjon	Beskjed ikke oppfattet	Språkbarriere	Feil handling utført, forsinkelse, personskade fra snubling eller fall	Språkkurs, kurs, opplæring	2	1	3	Strengere krav til språkkunskaper
		Personell	Aktivitet feil utført, forsinkelser, ineffektivitet, økt ulykkesrisikko	Dårlig opplæring, utilstrekkelig kompetanse, mangelfull anleggsledelse, bemanning	Dårlig arbeidsmiljø, forsinkelser, stress blant arbeidere, lav fremdrift, økonomisk tap, personskade	Ansettelsesprosess, prosedyre for opplæring, planlegging, personalstyring	2	2	4	Kvalitetssikring ved ansettelse, optimalisering av bemanning til aktivitet
		Posisjon	Personskade, død	Fall fra konstruksjon pga opphold uten sikringsutstyr, eller opphold i usikrede soner	Personskade som fører til fravær eller død	Prosjekteringsfase, analyser, løpende kvalitetssikring, SJA	1	5	6	Innføre kontinuerlig overvåking av arbeidere som jobber i høyden. Ekstern kilde
		Vær	Forsinkelser, vanskelige arbeidsforhold,	Snø som forhindrer eller vanskeliggjør tilkomst, glatte overflater	Økt ulykkesrisiko for personell (fall, frostskader), økt arbeidsbelastning	Arbeidsklær og utstyr til arbeidere	3	1	4	Rutiner ved dårlig vær og uoptimale forhold i høyden
								Sum ulykkesrisiko	**40**	

BJØRN HANSEN Betongelement

Skjema nr.: **S-9.1.2**
Dato: 17. sep 2012
Rev nr.: **00**
Rev dato: -

Bjørn Hansen as
Prosjekt nr og navn: P – 930 Vennevann bru

Nr.:01	**Sikker Jobb Analyse (SJA)**	
Aktivitet (tittel):	**Montering av bjelker og forskalingsplater.**	**Dato:** ~~19.03.2018~~ 19.03.2018

Deltagere:

Ansvarlig for aktiviteten/arbeidsoperasjonen (navn):Geir Lerang

Beskrivelse av aktiviteten/arbeidet:
Montering av bjelker og forskalingsplater med mobilkran.

Mulig risiko/faremomenter:
1. Kranvelt.
2. Klemfare.
3. Fallende last/gjenstand.
4. Værforhold.
5. Oljelekkasje
6. Arbeid i høyden.
7. Uvedkommende i arbeidsområdet.

Tiltak:
Alle skal gjennomføre/ha nødvendige/pålagt kurs/opplæring
Gjennomføre SJA ved behov.
Sikker jobb briefing.

Sikkerhetsutstyr / beredskapstiltak
Personlig verneutstyr.
Sperreband.
Absorbent.
Kurs.
Radio.

Kontrollspørsmål:	**Sign.**
Er SJA gjennomgått med alle som er involvert i arbeidsoperasjonen?	
Er arbeidsoperasjonen omfattet av standard instrukser eller manualer?	
Er evt. Standard instrukser eller manualer kjent for/gjennomgått med aktuelle personer?	

BJØRN HANSEN Betongelement

Skjema nr.: **S-9.1.2**
Dato: 17. sep 2012
Rev nr.: **00**
Rev dato: -

Tabell/sjekkliste SJA

Aktiviteter/arbeidsoperasjoner	Mulig risiko/faremomenter	Tiltak	Ansvar	Utført dato
Transport av bjelker og forskalings plater.	Påkjørsel.	Holde avstand. God kommunikasjon mellom sjåfør og mannskaper. Bruke ryggevakt.	Sjåfør/montør	
Lagring forskalings plater	Elementer kan velte	Stabilt og beint underlag.	Montør	
Løft med mobilkran.	Klemfare. Uvedkommende i arbeidsområdet.	God kommunikasjon med kranfører (radio ved behov) Sperre av løfteområde ved behov.	Montasje Kranfører.	
	Kranvelt.	Sjekke grunnforhold for kranlabber. Bruke stålputer.	Kranfører.	
	Vind	Kranfører setter begrensing ved heising	Kranfører	
Løft med mobilkran.	Fallende last.	Gå ikke under hengende last.	Montører.	
	Oljelekkasje	Befaring visuelt av kran hver morgen Ha klar absorbent nær kran som straks tiltak.	Kranfører.	
Montering fra lift	Fall av gjenstander fra lift	Sikre område ved behov.	Montører.	

Feil! Bokmerkenavn er ikke angitt.

	Fall fra lift	Bruk godkjent lift og godkjent personell. Bruke sele ved arbeid i lift. Plassere lift på stødig underlag	Montører.	
Avhuking av elementer	Kjettinger/stropper kan hekte seg fast i oppstikkende armering når kran heiser opp etter at bjelke er fri.	God kommunikasjon mellom montør og kranfører.	Montør/ kranfører	
Montering av forskalingsplater	Fall	Bruke sele ved montering.	Montører.	

Montering av bjelker : Bruke styretau Montører.

BJØRN HANSEN
Betongelement

Skjema nr.: **S-9.1.2**
Dato: 17. sep 2012
Rev nr.: **00**
Rev dato: -

Underskrift:

Bjørn Hansen:

Element Montasje Vest:

Nordic crane

Arturas Stacevicius

Kruse Smith:

Arbeidssted/kunde/operatør: *(Work site/customer/operator)*

Arbeidssted: *Work site:* Vennesund bru		**Oppdrag/operation** *(kryss/check)*	
		0. Planlegging *Planning*	X
Dato: *Date:* 19/3	**Kl.:** *Time:* 16.00	**1. Personkorg** *Personnel basket*	
		2. Samløft *Tandem lifting*	
		3. Tårnkran *Tower crane*	
Kundenavn: *Customer:* B. Hansen			
Kommentar/heiseoppdrag: *Comments/lifting task:* Mont av brubjelker			
Kranoperatør I: *Crane operator I:* Jan Inge Jakobsen		**Maskinnr.:** *Crane ID:* KC20	
Kranoperatør II: *Crane operator II:*		**Maskinnr.:** *Crane ID:*	
Kranoperatør III: *Crane operator III:*		**Maskinnr.:** *Crane ID:*	

Annet/evt. møteref.: *(bruk bakside om nødvendig)*
Other/minutes: (use the other side of this form if necessary)

Sja B.Hansen/Kransen

NB! Alt personell som ikke har tilknytning til heiseoperasjonen skal varsles om å overholde sperringer og sikker avstand fra kranens arbeidsradius. *Note! All personnel not involved in the lifting operation shall be warned not to enter barriers and keep safe distance to the working radius of the crane.*

Signatur fra deltakere i Sikker Jobb Analyse av heiseoperasjon:
Safe Job Analysis of lifting operation to be signed by participants:

Sign.: [signature]	Sign.: [signature]
Sign.: [signature]	Sign.: [signature]
Sign.: [signature]	Sign.:
Sign.: [signature]	Sign.:
Sign.: [signature]	Sign.:

Heiseforhold *Lifting situation*

Grunn *Ground*	x
Jord/grus *Soil/gravel*	X
Asfalt *Asphalt*	
Pukk *Crushed stone*	X
Betongplate *Concrete slab*	
Betongdekke *Concrete surface*	
Tele i grunn *Ground frost*	
Annet: *Other:*	

Værforhold *Weather*	x
Sol *Sun*	
Overskyet *Cloudy*	X
Regn *Rain*	
Snø *Snow*	
..	
..	
Temperatur: *Temperature:* 0 °C	

Vind *Wind*	ja/nei *yes/no*	
Er vindproblemer vurdert? *Are problems concerning wind considered?*	X	
Er det gjennomført tiltak for vind? *Has precautions been done concerning wind?*		V
Vindstyrke: *Wind speed:*	0-11 m/s	
Vindbegrensning full bom: *Wind limitation full boom:*	0-11 m/s	
Vindbegrensning med jib: *Wind limitation when use of jib:*	m/s	

VIKTIG! Når vindstyrken ligger på grensen til krav i instruksjonsbok, skal overordnet kontaktes for vurdering og avgjørelse for gjennomføring av operasjon. *Important! If wind speed is near the limit as stated in the crane instruction book, superior/ executives shall be contacted in the purpose of considering and decision of carrying out the operation.*

Riggingsforhold *Rig situation*

	ja/nei *yes/no*	
Kummer nær støttelabber *Manhole near outriggers*		X
Kjellervegg/trappevange *Basement/sidewall*		X
Støttemurer *Camp sheathings*		X
Kabler på/under bakken *Cables in the ground*		X
Kabler i luftstrekk *High-voltage power lines*		X
Stålputer skal benyttes *Outrigger steel plates*		X
Treputer skal benyttes *Outrigger pads (wood)*	X	
Sperring av område *Area secured*	X	

Heising/signal *Lifting operation/signals*

	ja/nei *yes/no*	
Avtalt landing av kolli *Plan for landing the item*	X	
Signalmann benyttes *Guided by signal man*	X	
Signaler og tegn er avtalt *Agreed signals*	X	
Radiokommunikasjon *Radio communication*	X	
Styretau er vurdert *Guide lines are considered*	X	
1 styretau benyttes *1 guide line shall be used*		
2 styretau benyttes *2 guide lines shall be used*	X	
Tool Box møte gjennomføres *Tool Box meeting must be carried out*		X

Heisegods *Load*

	ja/nei *yes/no*	
Heiseutstyr er sertifisert *Certified lifting equipment*	X	
Heisefester kontrollert *Lifting points checked*	X	
Løse gjenstander *Unfasten objects*		X

Avtalt landing av kolli *Plan for landing the item*	ja/nei *yes/no*	
	X	

1. Personkorg *Personnel basket*

	ja/nei *yes/no*	
Alle innfestinger til personkorg er inspisert *All fastening points for personnel basket are inpected*		
Kranens løftekapasitet er redusert til 50 % *Lifting capacity is reduced with 50 %*		
Korgen er konstruert for personløft *The basket is made for lifting of personnel*		

	ja/nei *yes/no*	
Sertifikater og merking er kontrollert *Certificates and marking plates are checked*		
Prosedyre "Bruk av personkurv" følges *Procedure "Bruk av personkurv" to be used*		
SJA er gjennomgått (husk signaturer) *SJA is reviewed (to be signed)*		

2. Samløft *Tandem lifting*

	ja/nei *yes/no*	
Kranenes plassering/heiseavstand er OK *Cranes are rigged properly and lifting radius are OK*		
Innfesting til heisegods er planlagt *Lifting points to load are planned*		
Godsmellomlagring er avtalt/klargjort *Intermediate storage of load is prepared*		
Mobiltelefoner er avslått *Mobile phone shall be turned off*		x

Samløftskoordinator (signatur): *Tandem lifting coordinator (signature):*

VIKTIG! Kranenes løftekapasitet skal reduseres med minimum 15 %, men skal vurderes i hvert tilfelle / evt. reduseres i henhold til kundekrav. *Important! The lifting capacity for each crane shall be reduced with minimum 15 %. Lifting capacity shall be considered in each case and be reduced in accordance to customer requirements.*

3. Montering/demontering tårnkran *Assembling/disassembling tower crane*

Tyngste kolli: *Heaviest item/load*	kg	Avstand senter kran – senter hykkepunkt *Distance centre crane – centre lifting point*	m
Maksimum krokhøydde *Maximum height under hook*	kg	Avstand senter kran – senter landingsplass *Distance centre crane – centre landing spot*	m

Kontaktperson/kundeansvarlig (signatur): *Contact person (signature):* Geir Isaacsen

SIKKER JOBBANALYSE

VINJE INDUSTRI

Prosjektnummer: 8236

Navn på deltakerne:

Navn på arbeidsoppgaven som sikker jobbanalysen gjelder: O26 - Montering av dragere, spenn 5-6 Sør
- Montering av sikrings wire A6S - A5S

Dato: 4/9-17

Deloppgaver	Hva som kan føre til en uønsket hendelse	Mulige forebyggende tiltak
Montere dragere	fall, klemskader, fallende objekter under løft, løft	• Sikre personell og utstyr • god kommunikasjon. • forsterket løfte utstyr, • Inspeksjon før løft.
Ta med føtter og utstyr på løft av dragere!		• avsperring av område. • SJA • God fokus, hvor man plasserer hender/seg selv.
Montere sikrings wire Etter første drager.	fall, fallende objekter.	• Fokus. • Sikring • God kommunikasjon. • plassering av sikrings wire
Redning av personell.	fall, klemskader.	• kjenne til plassering og hensikt med redningsbag. (knyte skolisser!!!)

~~Opplæring~~	Verneutstyr
	fallsele, redningsbag, PPE, Vernebriller ved kjøring av dekker!

Trond Bjørn Patrick Jon Jan-Inge Omland [illegible signatures]

VINJE INDUSTRI

SPENN 3-2 SØR
~~SPENN 3-4 SØR~~
~~Spenn 5-6 Sør~~

SIKKER JOBBANALYSE

Prosjektnummer: 8236

Navn på deltakerne:

Navn på arbeidsoppgaven som sikker jobbanalysen gjelder: - Montering av dragere. ~~Montering av sikrings wire A6S-A5S~~
- ~~Montering av~~
EVENTUELT BRUK AV PERSONKORG og utstyr

Dato: ~~9/9-17~~ ~~26/10/17~~ 21/11/17

Deloppgaver	Hva som kan føre til en uønsket hendelse	Mulige forebyggende tiltak
Montere dragere	fall, klemskader, fallende objekter under løft, løft	• Sikre personell • god kommunikasjon. • forsterket løfte utstyr, • Inspeksjon før løft. • avsperring av område. • SJA
Ta med føtter og utstyr på løft av dragere.		• God fokus, hvor man plasserer hender/seg selv.
Montere sikrings wire Etter første drager.	fall, fallende objekter.	• Fokus. • Sikring • God kommunikasjon. • plassering av sikrings wire
Redning av personell. Sikre seg, [illegible] og ikke i personkorga	fall, klemskader.	• kjenne til plassering og hensikt med redningsbag. (knyte skolisser!!!)

Opplæring	Verneutstyr
	fallsele, redningsbag. PPE. Vernebriller ved kjøring av dekker!

Patrick

Jon Solbet

VINJE INDUSTRI

SPENN 2-1 SØR
~~SPENN 3-4 SØR~~
~~SPENN 5-6 SØR~~

SIKKER JOBBANALYSE

Prosjektnummer: 8236

Navn på deltakerne:

Navn på arbeidsoppgaven som sikker jobbanalysen gjelder: - Montering av dragere. ~~- Montering av sikrings wire A6S-A5S~~

Dato: ~~4/9-17~~ ~~26/10/17~~ 22.11.17 EVENTUELT BRUK AV PERSON KORG og utstyr

Deloppgaver	Hva som kan føre til en uønsket hendelse	Mulige forebyggende tiltak
Montere dragere	fall, klemskader, fallende objekter under løft, løft	• Sikre personell • god kommunikasjon. • forsterket løfte utstyr, • Inspeksjon før løft. • avsperring av område. • SJA
Ta med føtter og utstyr på løft av dragere.		• God fokus hvor man plasserer hender/seg selv.
Montere sikrings wire Etter første drager.	fall, fallende objekter.	• Fokus. • Sikring • God kommunikasjon. • plassering av sikrings wire
Redning av personell. Sikre seg i Høne og ikke i personkorga	fall, klemskader.	• kjenne til plassering og hensikt med redningsbag. (knyte skolisser!!!)

Opplæring	Verneutstyr
Odd Gunnar ...	fallsele, redningsbag. PPE. Vernebriller ved kjøring av dekken!

Trond ...

Patrick J

Jon ...

Odin ...

Alfred Bjelland

Jan-Inge Omland

Jostein L Svalastoga

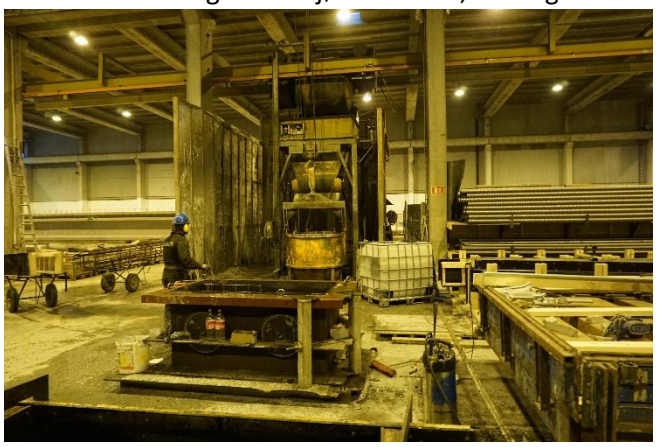
møtereferat

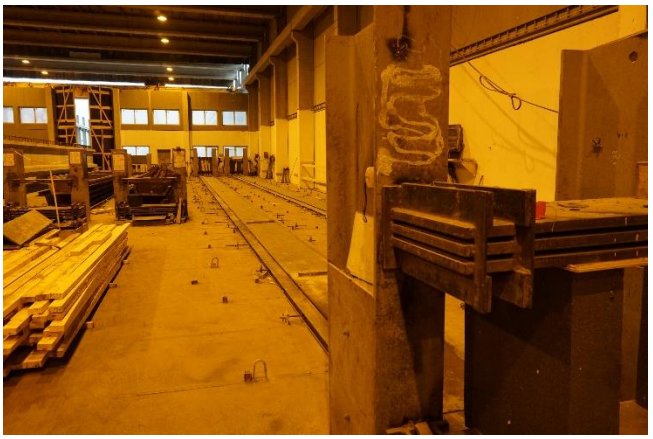
Ekstern veiledning for bachelorprosjekt		
9.2.2018	13.30	Kruse- Smith, Kjøita
Møte innkalt av:	Jonathan Herwig	
Protokollfører	Joachim Krogh Pedersen	
Deltakere	Bjørn Velken (BV), Alf Reidar Meland, Jørgen Hansen(JH), Joachim Krogh Pedersen (JP) og Jonathan Herwig(JH2)	
Gjennomgang besøk Gardermoen og Bjørn Hansen AS		
Diskusjon	Tilbud fra Idar. Def. Av bro, alle enige om overgangsbro og bro i linja. Bjørn tenker vi må regne gjennom	
hele broen, for å få et reelt sammenligningsgrunnlag.		
Presentasjon av forskerspørsmål		
Diskusjon	BV gir sin anbefaling på formulering. Kjapp gjennomgang av tenkt prosjekt ved BV. Alle steg i prosess	
koster tid og penger. Element er raskere og billigere å prosjektere, industrialisering og standardisering. Elementbru kan forkorte		
byggetid for hele veiprosjektet. HMS kriteriet vurderes i et vugge til grav (ferdig prosjekt) perspektiv.		
Konklusjoner	HELE prosessen må tas i betraktning, bør få et innblikk i hele prosessen. Vurderer møte med kalkulatør	
hos Kruse Smith. Finne antall arbeidstimer for å finne H- verdier. H- verdier inkluderer jobbreiser. Spørre RT om vi må ha med		
Overgangsbro i spm?		
Gjøremål	Ansvarlig person	Tidsfristdatoer
Høre med Ribe om betongtransport og ulykker	Joachim	
Montering- sjekke ulykkestall hos Betongelementforeningen.	Jonathan	
Presentasjon av teoridisposisjon		
Diskusjon	BV gjennomgår kjapt sentrale steg i byggefasen for prefabbro, levering, montering, frakt etc.	
Levering og montering er plasskrevende. Kran er ressurskrevende. Montering begynner etter grunnarbeid og landkar er oppført, plasstøpes.		
Ikke behov for midlertidig konstruksjon, forskalling består hovedsakelig av elementene, varig bruk. Lettere å få svikt og utstødigheter ved		
midlertidige konstruksjoner.		
Videre defineres hvilke aktiviteter som inngår i kompletteringsfase: slitedekke, lys, rekkeverk etc. Gjøres når brooverbygning er komplett.		
Kalkulatør og HMS		
Diskusjon	Presentasjon av oppgaven for Alf. Lengde på spenn overgangsbro, overgangsbro. Ønskelig med et spenn.	
Avtaler møte for gjennomgang av kalkulasjon av prosjekter. Evt. Høre med Idar om kalkulasjon av en plasstøpt bro.		
Gjøremål	Ansvarlig person	Tidsfristdatoer
Avtale møte med Thomas Grønvold på E18 Arendal	Joachim	12.02.2018
Avtale møte Rebeccca Smeland, HMS- leder	Joachim	12.02.2018
Rapportinnhold		
Diskusjon	Gantskjema for byggeprosessene, vugge til grav. Oppstart på site er lik frem til brokar er ferdig.	
Innheising av elementer vil gi forsprang ifht plasstøpt. Prosjekteringsfasen, tid-> Alf Reidar. Tidsfaser: Prosjektering, kalkulasjon,		
Produksjons- og planleggingsfase, landkar, bro, kompleteringsfase (kanter, rekkverk, bitumen, asfalt, vegmerking etc).		
Stengeperiode ved støp. Ikke lov til å la arbeidere, maskiner eller off vei gå under bro som støpes → Pilotvei. Logistikk, transport, og drift av		
byggeplass. Stengeperiode kostbart og kilde til forsinkelse for resten av prosjektet.		

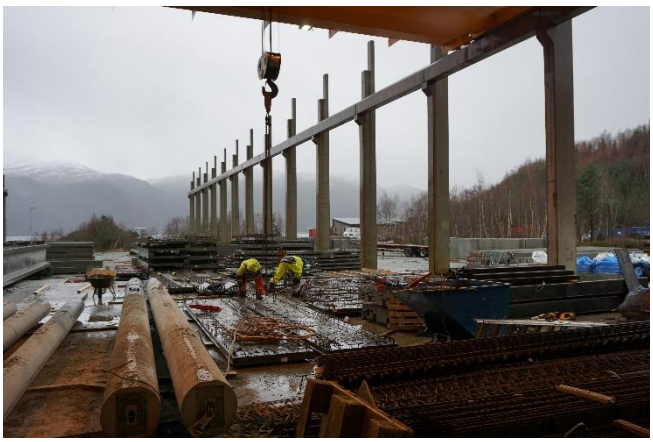
møtereferat

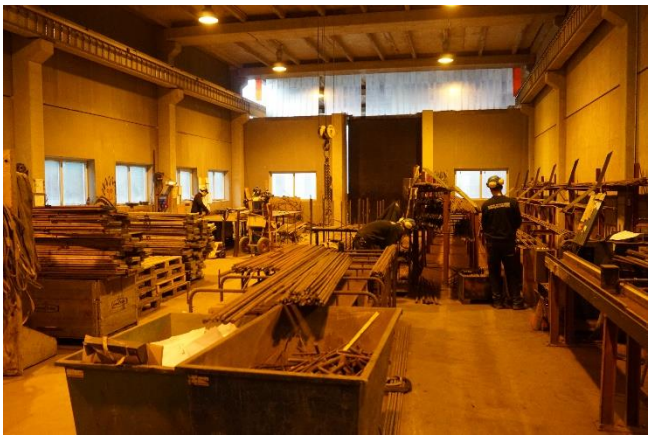
Ekstern veiledning for bachelorprosjekt		
2.27.2018	15.00	Kruse- Smith, Kjøita
Møte innkalt av	Jonathan Herwig	
Protokollfører	Joachim Krogh Pedersen	
Deltakere	Bjørn Velken, Jørgen Hansen, Joachim Krogh Pedersen og Jonathan Herwig	
Siden sist		
Diskusjon	Besøk hos NV, redegjør for besøk. Vi trenger en måte å forankre data på, generelt datagrunnlag.	
Gjøre forutsetninger og begrunne dette med statistikk. Effekt av forskjellig type arbeid. BV bifaller utarbeidelse av risikovurdering		
for hver byggemåte. Eliminere midlertidige konstruksjoner, sjekke antall broer som har rast under bygging.		
Innspill teori		
Diskusjon	Vanskelig å organisere arbeid på byggeplass. Transport til og fra. Flere personer til samme oppgave, dersom det er skift.	
Midlertidig arbeidsplasser (i felt) er noe dritt. Intervjue betongarbeidere, muligheter og trusler. Høre med Thomas ang bemanning etc.		
Organisering av anleggsområde. BV kommer med sine tanker rundt standardisering; positive repetisjonseffekter vil øke i tråd med antall		
ganger samme type bro bygges. Det blir færre feil, slurvefeil etc, mer effektivitet i prosessene. Gen stodriftsfordeler		
Andre relevante kilder til data/ sammenligning		
Diskusjon	BV: Sjekke ulykkesstatistikk for bygg og anlegg, dele opp dette. Stillasarbeid, forskalling, antall timer i midlertidig	
konstrukson. Spørre Alf Reidar om ny kalkulasjon for plasstøpt, med riktig sorterte poster, pluss tilhørende timerverk til hver post. For begge		
byggemåter. Statens vegvesen statistikk på anlegg.		
Evt.		
Diskusjon	Hvordan ta for seg prosjekteringsfasen? BV: Totalkost. Høre med NorConsult om tidsbruk? Standardisering av løsning.	
Sende ut intervuspm til en del respondenter, lage kvalitative spm. «Hva mener dere er prosjekteringskostnad for en bro?».		
Prosent etc. hvilken endring vil oppstå om man istedenfor bygger med elementer. NB, dimensjoner. Tidsforbruk, HMS. Standardisering.		
Broansvarlige. Skanska og Veidekke. Implenia. Sweco.		

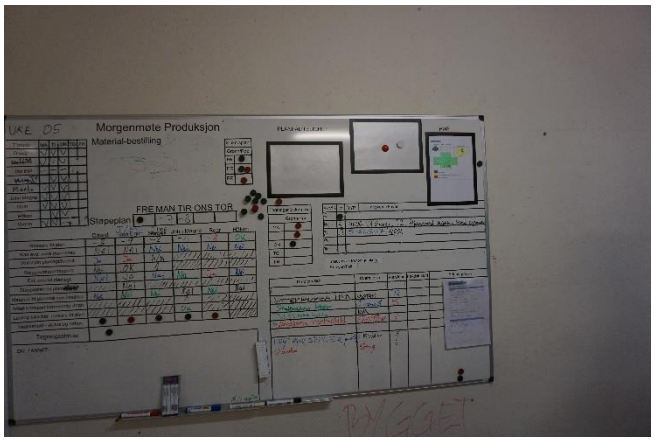
Bilder fra befaringer hos Bjørn Hansen, betongelementfabrikk i Forsand:










UKE 05
Morgenmøte Produksjon
Material-bestilling
FRE MAN TIR ONS TOR

P-973
E20 TRAPP
MOSS STASJON
BYPARKEN FINNSNES

Program studentseminar BEF

Torsdag, 25.01.2018

10.00 Velkommen

Dmitrij Minasow - Betongelementforeningen

Ønske deltakere velkommen og fortelle litt om foreningen, dens visjon og arbeidsområder.

10.10 Industriell bygging

Dmitrij Minasow - Betongelementforeningen

Hva er egentlig industriell bygging og hvorfor er elementbransjen et fremtidsrettet bransje som er under stadig vekst?

10.30 Elementproduksjon - fra vugge til ferdig anbrakt

Geir Høybråten - Loe Betong

Daglig leder hos Loe Betong tar deg med på en reise gjennom produksjonen av betongelementer og de spennende oppgaver og utfordringer som det bringer.

11.00 Marked og produkter

Idar Heskestad - Bjørn Hansen

Daglig leder hos Bjørn Hansen Betongelement vil presentere nye produktløsninger for betongelementer innenfor blant annet infrastruktur, samt snakke om markedet og dens utvikling.

11.30 Lunsj

Lunsjbuffet på hotellet

12.30 Prosjektstyring av elementbygg

Vildana Brcic - Spenncon

Vildana er prosjektleder hos Spenncon, som er norges største produsent av betongelementer. Hun skal snakke om prosjektstyring i prefab leveranser - verdikjeden i prosjekter, forventinger hos kunder og leverandører, risiko og muligheter.

13.00 Bærekraftig elementproduksjon

Jane Mælen - Contiga

Jane Mælen er HSE-rådgiver og faglig pådriver for miljøinnsats i Contiga, som er en av norges største elementprodusenter. Hun vil fortelle om tiltak som er gjort for en bærekraftig elementproduksjon, samt bransjens miljøinnsats og utfordringer.

13.30 Pause

13.45 Digitalisering

EDR Medeso - Tekla & StruSoft - Impact

Skandinavias ledende software-leverandører for prefab snakker om utvikling av digitale verktøy i bransjen og hvordan BIM endrer måten vi bygger med elementer på.

14.30 Avslutning og oppsummering.