

Bestandighet og holdninger til flerspenns prefabrikkerte brokonstruksjoner

ERLING BÅRSETH, KRISTIAN BIRKELAND

VEILEDERE

Rein Terje Thorstensen
Ingrid Lande Larsen
John Erik Reiersen

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.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none">- 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.	<input checked="" type="checkbox"/>
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.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert.	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at Universitetet i Agder vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens retningslinjer for behandling av saker om fusk.	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider.	<input checked="" type="checkbox"/>

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 godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller tausehetsbelagt/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)?
(Båndleggingsavtale må fylles ut)

JA NEI

- 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 et bidrag til Universitet i Agder og Nye Veiers samarbeidsavtale om å gjennomføre Nye Veiers samfunnsoppdrag om å bygge vei raskt og smart. Oppgaven har også bidratt til å skape økt samskapning mellom universitetet og næringslivet gjennom workshops og kontakt med representanter fra byggebransjen. Bacheloroppgaven er den avsluttende oppgaven i emnet BYG300 og ble gjennomført i det sjette og siste semesteret for bachelorgraden Byggdesign, Ingeniørfag.

Hensikten med oppgaven er å undersøke bestandigheten til prefabrikkerte brokonstruksjoner. Dette innebærer å kartlegge skadehistorikken til relevante broer i Norge, og undersøke hvilke begrensninger både tidligere erfaringer og holdninger i bransjen setter for fremtidig bygging av flerspenns prefabrikkerte brokonstruksjoner.

Flere representanter fra bransjen har deltatt aktivt inn i vår oppgave via mail, Skype og direkte kontakt. Dette har bidratt til å besvare våre forskerspørsmål ettersom de har hensikt i å undersøke ulike holdninger og synspunkt fra bransjen. Vi vil derfor bruke denne anledningen til å takke alle som har bidratt til at vi har kunnet besvare vår oppgave, og til å takke alle som har bidratt til å gjøre vår oppgave bedre. Derfor vil vi sende en stor takk til våre veiledere på UiA, Rein Terje Thorstensen, Ingrid Lande Larsen og Anette Heimdal for aktivt engasjement, gode råd og positiv støtte under vår bacheloroppgave. Vi takker også John Erik Reiersen og Betongelementforeningen for positivt engasjement for vår oppgave og resultatene vi har kommet frem til.

Til slutt vil vi takke Universitetet i Agder og Nye Veier som sammen har gitt oss muligheten til å skrive denne oppgaven.



Erling Bårseth



Kristian Birkeland

Summary

The use of prefabricated beams in bridge building in Norway has dramatically decreased during the last 20 years, even though it was very prominent in the 70s and 80s. In this bachelor's thesis we look at how previous experiences and attitudes in the construction sector hinders the building of new multi-span prefabricated bridges in Norway. To answer our main research question, we operated with two underlying research questions, where one focused on the durability of "newer" prefabricated bridges, mainly focusing on the prefabricated beams and joints in the bridge body. The other was to research the pros and cons of prefabrication as a building method for long multi-span bridges. To answer the research question on durability we examined all prefabricated bridges built in Norway after 1990 to get a picture of how a "modern" prefabricated bridge performs with durability in mind. After examining 346 bridges we found corrosion on 15 bridges, where we could conclude the cause of corrosion to be incorrectly produced elements. For our other research question, we interviewed people from the construction industry to get an insight in what they thought the pros and cons of building with prefabricated beams were. We found transportation and lack of experience to be the biggest hindrances for building with prefabricated elements.

Innholdsfortegnelse

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring	i
Publiseringsavtale	ii
Forord	iii
Summary	iv
Innholdsfortegnelse	v
Figurliste.....	viii
Tabelliste	ix
1 Innledning	1
2 Samfunnsperspektiv	3
3 Teori	4
3.1 Betong og nedbrytningsmekanismer	4
3.1.1 Grunnleggende om betong	4
3.1.2 Bestandighet og nedbrytningsmekanismer	4
3.2 Prefabrickerte brokonstruksjoner	5
3.2.1 Betongelementer	5
3.2.2 Produksjon og transport	9
3.2.3 Fuger	9
3.2.4 Konstruksjon	10
3.3 SWOT-analyse	11
3.4 Veiledninger	11
3.5 Peer reviews.....	11
3.6 Undersøkellesmetoder	11
3.6.1 Fase 1: Forskerspørsmål	11
3.6.2 Fase 2: Undersøkellesdesign	12
3.6.3 Fase 3: Kvalitative og kvantitative data.....	12
3.7 Kvalitativ undersøkelsesmetode	13
3.7.1 Fase 4: Innsamling av informasjon.....	13
3.7.2 Fase 5: Utvelgelse av enheter	14
3.7.3 Fase 6: Analyse	14
3.8 Kvantitativ undersøkelsesmetode	15
3.8.1 Fase 4: Hvordan samle inn data	15
3.8.2 Fase 5: Populasjon og utvalg.....	15
3.8.3 Fase 6: Analyse av informasjon	15
4 Forskerspørsmål	16
4.1 Avgrensninger	16

5 Case	17
6 Metode	18
6.1 Fremgangsmåte	18
6.2 SWOT-analyse	18
6.3 Veiledninger	18
6.4 Peer reviews.....	18
6.5 Litteraturstudie	19
6.6 Hovedspørsmål	19
6.7 Datainnsamling – Undersøkelse av bransjens synspunkt.....	19
6.7.1 Fase 1: Forskerspørsmål	19
6.7.2 Fase 2: Undersøkelsesdesign	20
6.7.3 Fase 3: Valg av data	20
6.7.4 Fase 4: Innsamling av informasjon.....	20
6.7.5 Fase 5: Utvalgelse av enheter	21
6.7.6 Fase 6: Analyse	22
6.8 Kvantitativ undersøkelse	22
6.8.1 Fase 1: Forskerspørsmål	22
6.8.2 Fase 2: Undersøkelsesdesign	22
6.8.3 Fase 3: Valg av data	22
6.8.4 Fase 4: Hvordan samle inn data	22
6.8.5 Fase 5: Populasjon og utvalg.....	24
6.8.6 Fase 6: Analyse av informasjon	25
7 Resultat	26
7.1 Hovedfunn fra intervjuer	26
7.1.1 Spørsmål 1	26
7.1.2 Spørsmål 2	27
7.1.3 Spørsmål 3	28
7.1.4 Spørsmål 4	29
7.2 Funn i BRUTUS	30
7.2.1 Broer med korrosjon.....	34
7.2.2 Resultat individuelle broer.....	36
8 Diskusjon	43
8.1 Intervjuer	43
8.1.1 utfordringer.....	43
8.1.2 Potensial	44
8.1.3 Flerspenns prefabrikkerte broer	44
8.1.4 Svakheter ved undersøkelsen	45

8.2 Funn fra BRUTUS.....	46
8.2.1 Diskusjon resultater individuelle broer	47
8.2.2 Svakheter ved metoden	48
8.3 Erfaringer og holdninger	48
9 Konklusjon.....	50
10 Anbefalinger	52
11 Referanser	53
12 Vedlegg.....	55
12.1 Vedlegg vedrørende intervjuer	55
12.1.1 Intervjuspørsmål	56
12.1.2 Informasjonsskriv til intervju	57
12.1.3 Intervjuguide.....	58
12.2 Vedlegg vedrørende datainnsamling fra BRUTUS	59
12.2.1 Vedlegg 1	59

Figurliste

Figur 2.1: Oversikt over Nye Veiers fire utbyggingsområder [7].....	3
Figur 3.1: Tverrsnitt for normerte bjelkeelementer [13]- [16]	6
Figur 3.2: Armering av kantelement [18]	7
Figur 3.3: Snitt ved kant, MOT- (venstre) og PLA-bro (høyre) [18]	7
Figur 3.4: Illustrasjon av brokonseptene MOT (venstre), PLA (midt) og Super-I (høyre) [2].....	8
Figur 3.5: Påhengt forskaling for kantbjelke (Foto: Kristian Birkeland)	8
Figur 3.6: Visuell fremstilling av risiko med tradisjonell bygging versus produksjon i fabrikk [26]	9
Figur 3.7: Illustrasjon av fingerfuge [29].....	10
Figur 3.8: Illustrasjon tverrfall MOT-bro [18].....	11
Figur 3.9: Grad av åpenhet i den kvantitative tilnærmingen. Tilpasset fra [35]	13
Figur 3.10: Grad av åpenhet i den kvalitative tilnærmingen. Tilpasset fra [35]	13
Figur 6.1: Skala for konsekvensgrad mot skadegrad [12]	23
Figur 7.1 Byggeår for registrerte broer.....	30
Figur 7.2 Totallengde på registrerte broer i 20 meters intervaller	31
Figur 7.3 Antall spenn på registrerte broer	31
Figur 7.4 Fordeling av registrerte broer på elementtype hentet fra BRUTUS.....	32
Figur 7.5 Fordeling av broer med korrosjon etter byggeår.....	34
Figur 7.6 Totallengde for registrert broer med korrosjon	35
Figur 7.7 Antall spenn for broer med korrosjon	35
Figur 7.8 Fordeling på klimasone for broer med korrosjon	36
Figur 7.9: Bilde av Åsvei gangbro (Foto: BRUTUS, Statens Vegvesen)	36
Figur 7.10: Bilde av 70+cm setning under landkar på Lysøybrua (Foto: BRUTUS, Statens Vegvesen) ..	37
Figur 7.11: Bilde av knusing av landkar og korrosjon på Lysøybrua (Foto: BRUTUS, Statens Vegvesen)	37
Figur 7.12: Bilde av underside plate på Semskaelv lille (Foto: BRUTUS, Statens Vegvesen).....	38
Figur 7.13: Bilde av Einang bro (Foto: BRUTUS, Statens Vegvesen).....	38
Figur 7.14: Bilde av Fennefoss G/S-bru (Foto: BRUTUS, Statens Vegvesen)	39
Figur 7.15: Bilde av Storelva bru (Foto: Erling Bårseth)	40
Figur 7.16: Bilde av Tveite bru (Foto: BRUTUS, Statens Vegvesen)	40
Figur 7.17: Bilde av Gjøåbrua (Foto: BRUTUS, Statens Vegvesen)	41
Figur 7.18: Bilde av Grøntuva bru (Foto: BRUTUS, Statens Vegvesen)	42

Tabelliste

Tabell 3.1: Oversikt over tidligere overdekningskrav [13]- [16], [18]- [19].....	6
Tabell 6.1: Oversikt over respondentenes nåværende stilling og antall års erfaring.....	21
Tabell 7.1: Prosentvis kartlegging av klimasoner for de undersøkte broene	32
Tabell 7.2: Kartlegging av fugetype for de undersøkte broene	33
Tabell 7.3: Kartlegging av lekkasjer ved fuger blant de undersøkte broene	33
Tabell 7.4: Kartlegging av asfaltsprekker blant de undersøkte broene	34
Tabell 8.1: Liste over skade og antatt skadeårsak til de utvalgte broene i 7.2.2 – Resultat individuelle broer	47
Tabell 9.1: Konkluderende funn fra intervjuer	50

1 Innledning

Byggebransjen har opplevd uheldige erfaringer knyttet til bestandighet og estetikk på prefabrikkerte brokonstruksjoner. Dette gjelder spesielt brosystemer som ble bygget på 1970- og 1980-tallet den gang prefabrikasjon var populært i Norge. Prefabrikasjon kan sammenlignes med standardisering, noe som er veldig i vinden da dette kan føre til forenklede byggeprosesser, kortere byggetid og kostnadsbesparelser.

I dag bygges de fleste broer i plasstøpt betong, og det fører til at vi skreddersyr hver enkelt bro til hver enkelt lokasjon, noe som har vært ansett som den beste løsningen de siste årene. Derimot har fordelene ved prefabrikasjon fått henholdsvis ny oppmerksomhet. Flere prosjekter er satt i gang for å øke bruken av prefabrikasjon i broprosjekter. Blant annet ved den nye motorvei-strekningen «E18 Arendal - Tvedestrand» som skjer i regi av Nye Veier som er et nytt statlig eid byggherreselskap. Nye Veier ønsker økt bruk av standardiserte prefabrikkerte betongbroer, slik at de kan nå målet sitt om å bygge nye veier raskt og smart.

Nye Veier og Universitetet i Agder har inngått en samarbeidsavtale med hensikt i å oppfylle Nye Veiers samfunnsoppdrag. Det bidrar også til å stimulere forholdet mellom næringsliv og forskning. Resultatet av samarbeidet skal forhåpentligvis hjelpe Nye Veier med å nå sine mål, samt å bygge veier mer miljøvennlig og med mindre vedlikeholdskostnader. Bacheloroppgaven omhandler bestandighet til prefabrikkerte brokonstruksjoner, og er et bidrag til dette samarbeidet. Utfordringen er å finne faktorene som påvirker bestandigheten til prefabrikkerte brokonstruksjoner. Videre vil denne oppgaven fokusere på bransjens holdninger og erfaringer knyttet opp mot temaet: flerspenns prefabrikkerte brokonstruksjoner.

Opgaven er bygd opp i henhold til rapportmalen for bachelorgraden i byggdesign ved Universitetet i Agder og er bygd opp av følgende 12 hovedkapitler:

Kapittel 1: Innledning

Tar for seg bakgrunnen for problemstillingen, samarbeidspartnere og oppgavens oppbygning.

Kapittel 2: Samfunnsperspektiv

Setter oppgaven i en større sammenheng.

Kapittel 3: Teori

Litteraturstudie som presenterer den nødvendige kunnskapen til å belyse problemstillingen. I tillegg inneholder teori omhandlende undersøkelsesmetoder.

Kapittel 4: Forskerspørsmål

Tar for seg forskerspørsmålet i oppgaven med tilhørende underspørsmål og avgrensninger.

Kapittel 5: Case

Utdyper forskerspørsmålet og beskriver oppgaven.

Kapittel 6: Metode

Tar for seg hvilke metoder som er benyttet i oppgaven.

Kapittel 7: Resultat

Resultater delt inn i en hovedkategori for hvert forskerspørsmål og underspørsmål. Tar for seg resultatene som er kommet fra gjennomførte undersøkelser.

Kapittel 8: Diskusjon

Drøfting av resultater i lys av teorigrunnet.

Kapittel 9: Konklusjon

Oppsummerer de viktigste funnene knyttet til forskerspørsmålet.

Kapittel 10: Anbefalinger

Inneholder anbefalinger til videre arbeid.

Kapittel 11: Referanser

Oversikt over referansene som er henvist til i oppgaven.

Kapittel 12: Vedlegg

Inneholder vedlegg.

2 Samfunnsperspektiv

I Norge er det om lag 17500 broer som er registrert i BRUTUS som er Statens Vegvesens database for broer [1]. Arbeidet med forvaltning, drift og vedlikehold på landets broer er en arbeidsoppgave som krever høy kompetanse. Betongelementforeningen arbeider derfor med å utvikle faglitteraturen for å skape kompetanseutvikling [2]. Dette anses som svært viktig for å fremme bransjen som en attraktiv karrierearena for å sikre fremtidig rekruttering. Hensikten med betongelementforeningens mål er å sikre effektiv utbygging til lave kostnader gjennom standardisering av produkter og prosesser [2]. Dette støtter under Nye Veiers målsetning om å kunne bygge vei raskt og smart [3].

Nye Veier har ansvar for fire utbyggingsområder der det skal bygges hele atten veistrekninger [4]. Selskapet har beregnet at det totalt må bygges 134 broer fordelt på utbyggingsområdene som består av E6 Mjøsregionen og Trøndelag, E18 Langangen til Grimstad og E39 mellom Kristiansand og Sandnes [5]. Nye Veier ønsker å benytte prefabrikkerte betongbroer i sine prosjekter da de ønsker å effektivisere og standardisere brobyggingen [6]. Bransjen har manglende erfaring med gevinstene ved «moderne» prefabrikkerte broer da de eldre broene er kjent for sine bestandighetsproblemer. Derfor ønsker Nye Veier å undersøke dette videre for å se hvilke gevinster prefabrikkerte broer kan gi. Bruken av prefabrikkerte elementer er lite benyttet i Norge, mens i andre land som Danmark og Nederland er det mer vanlig. Bransjen er derfor veldig positive til satsingen fra Nye Veier og ser frem til å dra erfaringer fra prosjektet [5].



Figur 2.1: Oversikt over Nye Veiers fire utbyggingsområder [7]

Sikkerhet og miljø i vei- og brobygging er av aller høyeste prioritet i bransjen. Den store oppgaven er hvordan bransjen kan jobbe for å oppfylle 0-visjonen i både produksjons- og driftsfase. Med tanke på HMSK (Helse, Miljø, Sikkerhet og Kvalitet) må det i Norge forskes mer på hvordan blant annet brobyggingen påvirkes av bygging med prefabrikkerte elementer. Ettersom betong ikke er et evigvarende materiale stilles det krav til rutinemessige inspeksjoner av alle landets broer [8]. Sikkerheten ved en broinspeksjon vektlegges sterkt med tanke på sikkerheten til broinspektøren som er utsatt for farer som påkjørsel, fall og drukning.

Miljø er også viktig ettersom forslag i Nasjonal Transportplan (NTP) skal redusere utslippene ved bygging med 40% innen 2030, og drifts- og vedlikeholdsfasen skal reduseres med minst 50% innen samme tidsperiode [9]. Dette krever grundig planlegging og gjennomføring av byggeprosjekter for å redusere bransjens klimagassutslipp [4].

3 Teori

3.1 Betong og nedbrytningsmekanismer

3.1.1 Grunnleggende om betong

Betong er et komposittmateriale som vil si at det består av to eller flere materialer. Komposittene i betong er tilslaget, sementlimet og eventuelle tilsetningsstoffer for ønskede egenskaper. Betong kan bygges direkte på byggeplass, eller prefabrikeres i fabrikk og fraktes ut til byggeplass i ferdige elementer [10].

Betong i seg selv har høy trykkfasthet, men relativt lav strekkfasthet- ca. bare 1/10 av trykkfastheten. Det var først ved innføring av stål som armering at betong fikk gjennomslag som byggemateriale. Dette fordi armeringen tar opp strekkreftene mens betongen tar trykkreftene. Armeringen i strekksone blir først virksom etter at betongen har sprukket opp. Ettersom betongen har høy pH-verdi dannes det en passivfilm rundt armeringsstålet som beskytter armeringen mot korrosjon [10].

3.1.2 Bestandighet og nedbrytningsmekanismer

Med bestandighet menes betongens motstand mot nedbrytning over tid. Når betongen utsettes for påkjenninger fra miljø vil den brytes ned. Dette kan skje i form av væsker og gasser som bryter inn i betongen. En tettere betong vil ha mer motstand mot nedbrytning [10].

For å unngå rask nedbrytning er det viktig med tilstrekkelig overdekning på betongkonstruksjonen. Derfor må miljøpåkjenninger tas i betraktning når overdekningskravet settes, slik at konstruksjonen holder sine mål gjennom den prosjekterte levetiden på 100 år. Statens Vegvesens håndbok *N400 Bruprosjektering* fastsetter krav til overdekning utfra funksjonskrav og eksponeringsforhold. Det strengeste kravet finnes i marine miljø med mye klorider og undervannstøp. Der er overdekning satt til 100mm. Det minste kravet er 35mm, og er egnet for konstruksjonsdeler som er i tørre og tilgjengelige hulrom [11].

Når en ser på nedbrytningsmekanismer i betong så ser en på prosesser som kan initiere eller akselerere armeringskorrosjon. Disse nedbrytningsmekanismene er enten fysiske, elektrokjemiske, eller biologiske. For broer er de mest aktuelle de fysiske nedbrytningsmekanismene, som er ting som virker direkte på konstruksjonen. [12]

Armeringskorrosjon

Korrosjon er en elektrokjemisk reaksjon, som er delt opp i en katodereaksjon og en anodereaksjon. Ved anoden skjer det en frigivelse av elektroner som fører til at armeringen går i oppløsning. For at totalreaksjonen skal kunne skje må det være tilgang til oksygen og vann. Vann finnes allerede i betongen i form av porevann, og de fleste konstruksjoner står i luft så det er tilstrekkelig tilgang på oksygen.

Rustproduktet tar opp 6 til 8 ganger så stor plass som armeringsjernet i seg selv, og kan føre til store spenninger inni betongen [12]. Dersom spenningene fra rustproduktene overstiger betongens

strekkfasthet kan det føre til avskallinger av betongen utenfor rustproduktene. Dette kalles rustsprengning, og medfører økt korrosjonsfare for resten av armeringen ettersom den vil være mer tilgjengelig for oksygen og vann [12]. For broer er den mest aktuelle nedbrytningsmekanismen kloridinitiert armeringskorrosjon.

Kloridinitiert armeringskorrosjon

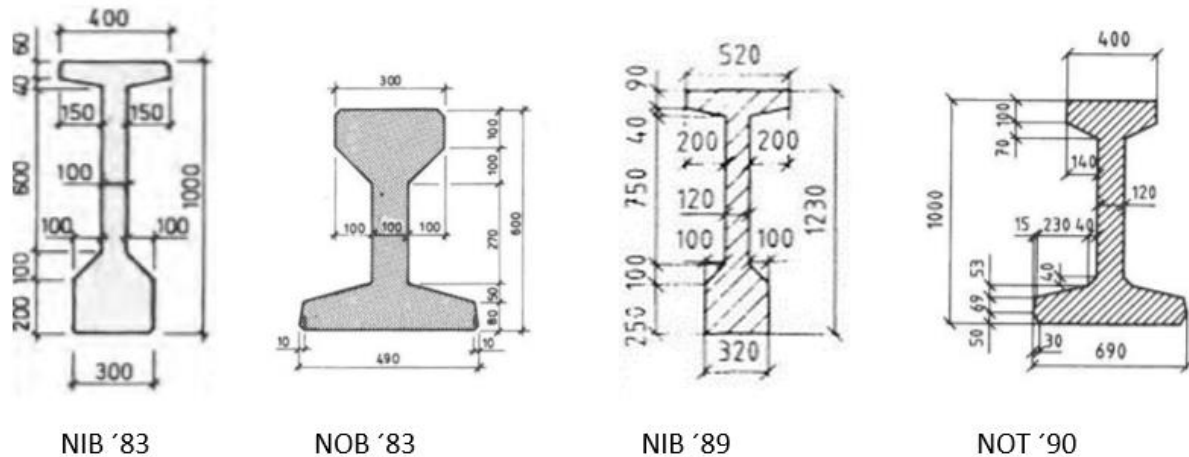
Kloridinitiert armeringskorrosjon forekommer når det blir for høyt innhold av klorider i betongen. Dette kloridinnholdet kalles ofte den kritiske verdien for klorider i betong, og er vanligvis definert som når det totale kloridinnholdet overstiger 0,4% av sementmassen. [12] Klorider i betongen kan komme fra innstøpte klorider eller fra utvendige kilder. Disse utvendige kildene vil være enten kapillærabsorpsjon eller diffusjon fra luft. Ettersom en har strenge krav for å unngå innstøpte klorider er det mest sentralt å se på klorider fra utvendige kilder. Disse kildene er sjøvann (NaCl) og veisalt (CaCl_2), der broer er spesielt utsatt for begge. Når klorider trenger inn i betongen vil det bli sugd inn på grunn av kapillære krefter inni betongen. Når kloridene da kommer i kontakt med armeringen vil kloridioner binde seg til passivfilmen, og dette fører til at passivfilmen brytes ned. Dette fører til at armeringen kan begynne å korrodere. Denne typen korrosjon er spesielt farlig ettersom armeringstverrsnittet kan være betydelig redusert uten store tegn utvendig på konstruksjonen. [12]

3.2 Prefabrikkerte brokonstruksjoner

3.2.1 Betongelementer

Tidligere standardiserte prefabrikkerte broelementer

I 1983 kom Statens Vegvesen med utgivelser i form av normaler for fritt opplagte bjelkebroer. Den første normalen var for NOB-broer, og elementene var omvendte T-bjelker som kunne spenne fra 5 til 22 meter [13]. Noen år senere kom NIB-broene i 1989 [14]. NIB-broene var prefabrikkerte I-bjelker som kunne spenne fra 14 til 35 meter. Allerede året etter kom NOT-broene (1990) [15]. NOT-broene var også omvendte T-bjelker i likhet med NOB-broene, og de kunne spenne fra 10 til 25 meter. Hovedårsaken til at NOT-broene erstattet NIB-broene var nye krav til armeringsoverdekning og -plassering. Alle de overnevnte bjelkeelementene var forspente og er vist i figur 3.1.



Figur 3.1: Tverrsnitt for normerte bjelkeelementer [13]- [16]

De overnevnte betongelementene ble brukt i brobygging rundt 1980-tallet, og er senere blitt beskyldt for sine bestandighetsproblemer. Årsaken til bestandighetsproblemene er at de ble bygget med svært liten overdekning [13]- [16]. Problemene kom som konsekvens at kravene til overdekning var svært mindre strenge på 1980-tallet etter NS 3473. På den tiden la standardverket hovedvekt på lastkapasitet fremfor bestandighet, da betong ble sett på som et vedlikeholdsritt material [17]. Tabell 3.1 viser overdekningskravet fra de gamle håndbøkene og frem til dagens krav.

Håndbok	Betongkvalitet		Overdekning
	Bjelke	Påstøp	
NIB/NOB '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 [13]- [16], [18]- [19]

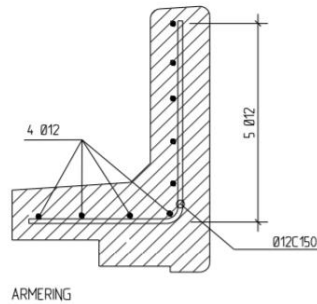
Statens vegvesen lagde på 1990-tallet og frem til starten av 2000-tallet en ny serie med håndbøker for preaksepterte broløsninger. Håndbøkene var samlet i 100-serien av statens vegvesens håndbøker og besto av følgende deler:

- Håndbok 100-1 *Konstruksjoner i fylling: Plasstøpte kulverter* (1996) [20]
- Håndbok 100-3 *Støttemurer* (1990) [21]
- Håndbok 100-3 *Elementbruer* (2002) [18]
- Håndbok 100-4 *Plassproduserte platebruer* (2002) [22]
- Håndbok 100-5 *Gangvegbruer* (1993) [23]

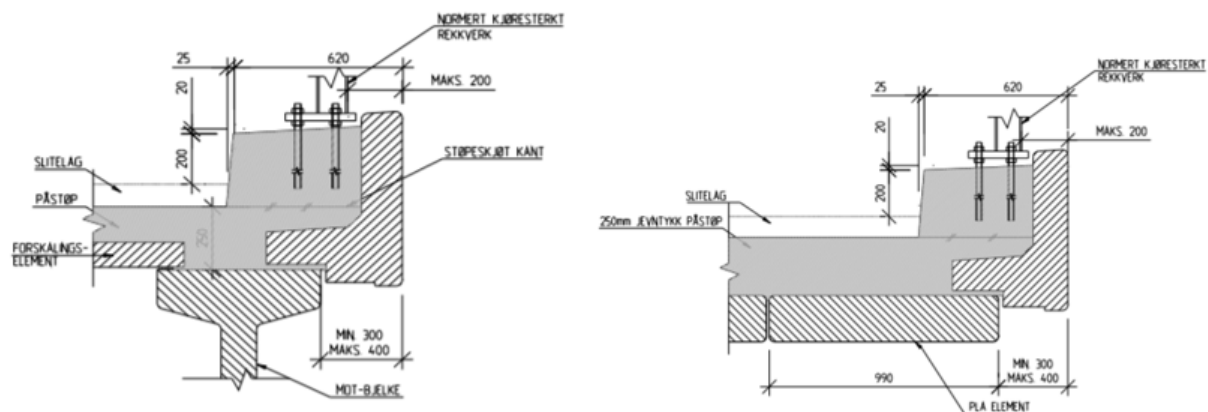
Håndbok 100-3 *Elementbruer* som ble publisert i 2002 er den siste tilgjengelige håndboken for prefabrickerte elementbroer. Det er hovedsakelig MOT- og PLA-broen som er beskrevet i denne håndboken, men den tar også for seg kantelementer som er en viktig del av brokonstruksjonen. Hensikten med kantelementene er at de skal være konstruert til å løse vannavrenningen og gi broa et

presist uttrykk. Det er også viktig at kantelementene har riktig inndeling som stemmer overens med rekkverksstolpenes avstand og oppleggene ved landkar.

Både ved bruk av MOT- og PLA-broer kan det brukes kantelementer i henhold til håndbok 100-3 *Elementbru* [18]. Håndboken viser figurer på armeringsføring og snitt ved bruk av kantelement ved både MOT- og PLA-bro. Kantelementene var i form av små bjelker som ble hengt opp på brobjelkene. Armeringsføring er vist i figur 3.2, og snitt vises i figur 3.3.



Figur 3.2: Armering av kantelement [18]



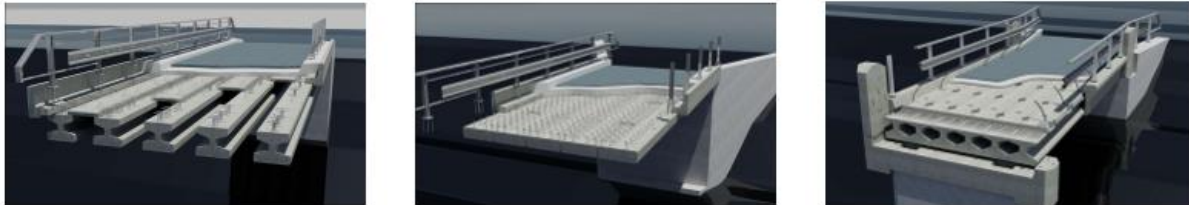
Figur 3.3: Snitt ved kant, MOT- (venstre) og PLA-bro (høyre) [18]

Det var vanlig å produsere kantbjelker som hang opp på brobjelkene for noen år siden, og montere dem i henhold til Håndbok 100-3 *Elementbru* [18]. Derimot viste denne løsningen seg å være dårlig i forhold til ansamling av vann, salter osv. Her kunne det oppstå konsentrerte ansamlinger som var uheldig for konstruksjonens bestandighet.

Dagens standardiserte prefabrikkerte broelementer

MOT- og PLA-elementene som ble benyttet i håndbok 100-3 *Elementbru* er fremdeles aktuelle i dag, men er ikke lenger å anse som preaksepterte. MOT-elementene kan benyttes for spennvidder fra 12 til 32 meter, og kan benyttes for både rette og skrå broer. PLA-elementene kan benyttes for spennvidder fra 5 til 14,5 meter, og er anbefalt å brukes i kombinasjon med kantelementer [18], [24].

Andre brokonsepter som er kommet inn i byggverden er blant annet Super-I. Super-I er ansett som en hybrid mellom de klassiske MOT- og PLA-broene, og er godt egnet til broer med lav byggehøyde. Elementene kan benyttes for spenn opp til 31 meter. De tre overnevnte brokonseptene er illustrert i figur 3.4.



Figur 3.4: Illustrasjon av brokonseptene MOT (venstre), PLA (midt) og Super-I (høyre) [2]

Videre utvikler SVV sammen med Betongforeningen og Norske Betongelementforening nye bjelkekonsepter som skal ende med dimensjoneringstabeller, armeringstegninger og -tabeller, samt dimensjoneringstabeller for opptil åtte bjelkekonsepter med lengder opp til 40 meter [25].

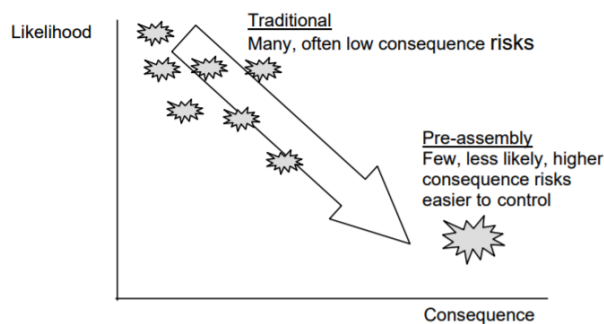
Når det kommer til dagens kantelementer kommer de gjerne i form av påhengt forskaling på MOT-bjelker slik som vist i figur 3.5. Denne løsningen skal gjøre slik at kantbjelken kan støpes kontinuerlig etter montasje. På denne måten vil regnvann bidra til å skylle vekk forurensninger på konstruksjonen, og en unngår at salter osv. samler seg opp i konsentrerte former ved kantbjelkene.



Figur 3.5: Påhengt forskaling for kantbjelke (Foto: Kristian Birkeland)

3.2.2 Produksjon og transport

Ved prefabrikkerte brokonstruksjoner kan både brobjelker og plattendekker støpes i fabrikk. Det finnes flere teoretiske fordeler med produksjon i fabrikk. Den første vil være at det støpes innendørs i et kontrollert klima som hindrer risiko for negative påkjenninger fra ytre miljø. I tillegg vil tilgang på riktig verktøy ettersom elementfabrikker er godt utstyrt for utstøpninger av store betongelementer. Videre viste en studie fordeler på HMS når det kommer til selve produksjonen med tanke på tilrettelegging av arbeidsforhold. Men studiene viste at skadekonsekvensene kan være større enn ved arbeid på byggeplass [26]. En visuell fremstilling risiko ved tradisjonell bygging versus dette er vist i figur 3.6.



Figur 3.6: Visuell fremstilling av risiko med tradisjonell bygging versus produksjon i fabrikk [26]

I henhold til håndbok 100 – del 3 *Elementbruer* skal transport kun gjennomføres dersom broelementene er avstivet i nødvendig grad. Det stilles også krav til at transporten må gjennomføres med varsomhet for å unngå uheldige skader som avskallinger og riss [18]. Det finnes også enkelte restriksjoner på hvor lange elementer som kan transporteres. Dersom et element er over 25 meter blir det ansett som spesialtransport, noe som vil si at det kan kun kjøres på nattetid.

3.2.3 Fuger

Fuger er overganger i konstruksjoner i et elastisk materiale som skal ta opp krefter og bevegelser i konstruksjonen. Mest aktuelt for større betongkonstruksjoner er temperaturutvidelser, men også vibrasjoner fra trafikk, bølger, vind mm. Dersom det ikke er fuger i konstruksjonen og konstruksjonen er statisk festet i landkarene vil de indre spenningene som oppstår som følge av temperaturutvidelse kunne føre til deformasjon av konstruksjonen. [27]

Statens vegvesen mener at fuger representerer en av de største utfordringene for brokonstruksjoner ettersom fuger er vanskelige å designe og vedlikeholde. Ett annet problem knyttet til fuger er at «fuger alltid lekker», eller at fugene leder vann men at hvor vannet ledes er ikke nødvendigvis alltid avklart. [28]

For større konstruksjoner er fingerfuger mest brukt i Norge. Fingerfuger er en mekanisk fugetype som består av fester i hvert konstruksjonselement med et gummibånd mellom. Dette gummibåndet dekkes av metalldeksler som går inn i hverandre og gir fingerfugene sitt navn. En fingerfuge er illustrert i figur 3.7. Utover fingerfuger finnes det mange andre mekaniske fugetyper, blant annet så kjører SVV ett prøveprosjekt med flerelementfuger i Østfold.



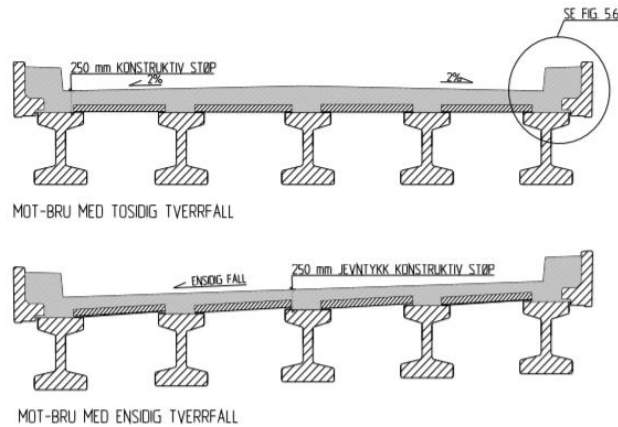
Figur 3.7: Illustrasjon av fingerfuge [29]

Tidligere var det også vanlig å bruke asfaltfuger for mindre brokonstruksjoner. Det er flere utførelser, men konseptet ligger i å legge inn et sjikt med myk-asfalt i overgangen mellom bro og vei. Dette har gitt god kjørekomfort, men effektiviteten har vært veldig variert, der enkelte asfaltfuger har fungert i mange år, mens andre har måttet bli erstattet opptil flere ganger i året. Derfor anbefales det ikke lenger å bruke asfaltfuger på nye konstruksjoner i dag. [30]

De siste årene har fugefrie broer fått mer oppmerksomhet i håp om å fikse en del av problemene knyttet til fuger. Som en del av prosjektet «Mer varige konstruksjoner» ble det utledet en rapport med tittel «Optimal lengde på fugefrie broer». Denne rapporten konkluderte med at en trolig kunne bruke fugefrie løsninger på broer med lengde opp mot 70 til 100 meter. På fugefrie broer vil det legges en vanntett membran mellom brodekket i betong og asfaltlaget, og betongdekket og asfaltlaget vil ha nok fall til å lede vannet til brokantene og ledes langs brokantene ut i enden av broene. Membranen over dekket vil føres over alle skjøter så vannet vil ikke kunne trenge inn noen steder det kan gjøre skade. Videre er broendene sikret med en overføringsplate som sikrer stabilitet i jordmassens for den økte vannbelastningen. For at en bro skal kunne være fugefri må noen betraktninger tas hensyn til, blant annet er de geologiske forholdene viktige å ta hensyn til. I tillegg kan det være fordelaktig å legge to lag med asfalt kontinuerlig over broen dersom fugefri løsning skal kunne benyttes. [31]

3.2.4 Konstruksjon

En ny «standard» prefabrikkert bro vil i dag som regel bli bygget med MOT-elementer som kan spenne opp til 32 meter. Oppå bjelkene vil det som regel være ett plasstøpt dekke der armeringen er bundet sammen med armeringen i bjelkene, for å lage en monolittisk konstruksjon. Kantbjelkene vil bli støpt sammen med dekket for å unngå muligheter for kloridansamling. Dekket vil ha ett to-akse fall som leder vannet ut til kanten og fra sidekanten ut over landkaret og ut i fyllingen. En illustrasjon av tverrfall for en MOT-bro er illustrert i figur 3.8. For lange broer vil det være drenerør ut av dekket for å unngå for store vannansamlinger på brooverbygningen. Når dekket støpes sammen med bjelkene vil det bli svært få skjøter, og dersom det er behov for fuger vil dette bli gjennomført på samme måte som for en plasstøpt konstruksjon. [11]



Figur 3.8: Illustrasjon tverrfall MOT-bro [18]

3.3 SWOT-analyse

En SWOT-analyse er en metode for å kartlegge sterke og svake sider ved for eksempel en bedrift, gruppe eller et fenomen. Det er også brukt for å kartlegge muligheter og eventuelle trusler. SWOT er kort for *stenghts, weaknesses, opportunities, threats*. Metoden er god for interne analyser [32].

3.4 Veiledninger

Veiledninger er samtaler med formål om å reflektere og hjelpe til å ta kvalifiserte valg som vil kunne føre til forbedringer [33].

3.5 Peer reviews

«Peer reviews» eller «fagfellevurdering» på norsk, er en metode for å kvalitetssikre og motta tilbakemeldinger på et arbeid. Erfarne personer på det aktuelle fagområdet vurderer arbeidet som er gjort. Denne metoden er effektiv for å sikre at de som utfører arbeidet holder seg relevante til sin oppgave [34].

3.6 Undersøkellesmetoder

All informasjon knyttet til undersøkelsesmetoder er hentet fra boken *Hvordan gjennomføre undersøkelser?* (2015) av Dag Ingvar Jacobsen [35].

En undersøkelse skal ha gyldighet, relevans, pålitelighet og troverdighet. Gyldighet og relevans påpeker at det er viktig at en undersøkelse gir svar på de spørsmål som er stilt. Derfor er det viktig at spørsmålene knyttet til forskerspørsmål er velformulerte. Pålitelighet og troverdighet stiller krav til den som utfører undersøkelsen. Det vil si at undersøkelsen må være til å stole på, og at den må gjennomføres på en troverdig måte. Når det er ønskelig med resultater som er relevante, sies det at «Metoden tvinger oss til å gå gjennom spesielle faser når vi gjennomfører en undersøkelse» [35].

3.6.1 Fase 1: Forskerspørsmål

Den første fasen dreier seg om utformingen av forskerspørsmål. Det finnes to typer forskerspørsmål. Det ene kalles *eksplorerende*, og går ut på å utdype det vi vet lite om. Det andre kalles *testende*, og

går ut på å se omfanget av et fenomen. En undersøkelse er også hovedsakelig delt inn i to hensiktstyper. Den ene går ut på å beskrive situasjoner slik de er i dag. Den andre går ut på å hvilken virkning et tiltak har. Et forskerspørsmål er bygd opp av komponenter som kalles undersøkelsens variabler. Disse deles inn i [35]:

- *Hva* er det vi lurer på?
- *Hvem* er vi interessert i?
- *Hvor* skal undersøkelsen finne sted?
- *Når* skal undersøkelsen finne sted?

Forskerspørsmål må også avgrenses. Dersom det er klart hva enn vil fokusere på og hva enn ikke vil fokusere på, skjer avgrensningen eksplisitt. Hvis avgrensningen skjer mer ubevisst er det en implisitt avgrensning [35].

3.6.2 Fase 2: Undersøkelsesdesign

Den andre fasen går på valg av undersøkelsesdesign. Viktigheten av riktig undersøkelsesopplegg er stor da valget av opplegg har stor innvirkning på undersøkelsens gyldighet. Det kan skiller mellom intensive og ekstensive opplegg. Intensive opplegg går i dybden og undersøker oftest få enheter, mens ekstensive opplegg går i bredden og undersøker mange enheter. Ekstensive opplegg har en relativt høy statistisk generaliseringsmulighet. Videre finnes det Små-N-studier som er et undersøkelsesopplegg som innebærer relativt få enheter, ofte ikke mer enn fem eller ti. Hensikten med opplegget er at det skal belyse et spesifikt fenomen, men at det kan belyses med flere ulike synspunkter. Det sies at små-N-studier også går på tvers av flere caser for å danne et bredt perspektiv på det gitte fenomenet [35].

3.6.3 Fase 3: Kvalitative og kvantitative data

Den tredje fasen går ut på valg av data. Ved undersøkelser må det tas et valg om hvordan informasjon skal samles inn, og hva slags informasjon som er ønskelig å samle inn. Det er i hovedsak to forskjellige typer informasjon i virkeligheten, og det er i form av tall og i form av ord. Den ene typen kaller vi *kvantitative* data, og den andre for *kvalitative* data [35].

En testende undersøkelse går ut på å se på omfanget eller hyppigheten av et fenomen. Det er da ofte ønskelig å samle inn data i form av tall, slik at en for eksempel kan referere til prosentdelene av forskjellige meninger. Ved testende undersøkelser er det mulig å undersøke mange enheter. Slike mengdedata er det vi kaller for *kvantitative* data [35]. Innsamling av kvantitative data som for eksempel tall, er en relativt lukket tilnærming. Her må forsker på forhånd definere hva det er interessant å vite noe om og hvilke svaralternativer som er relevante [35]. Dette illustreres i figur 3.9.

Det individuelle, åpne intervjuet er den vanligste metoden innenfor kvalitativ datainnsamling. Ved denne metoden blir den som undersøker kalt for informant, og den som blir undersøkt kalt for respondent. Intervjuet går som en vanlig dialog, der informasjonen kommer i form av ord, setninger og fortellinger. Normalt vil et slikt intervju skje ansikt-til-ansikt, men kan også forekomme i form av telefonsamtaler, mail eller over andre kommunikasjonstjenester. Lydopptak er vanlig ved slike intervjuer slik at informanten skal kunne analysere informasjonen gitt fra respondenten i ettertid. Ved opptak av lyd legges det svært få begrensninger på hvor fritt respondenten kan snakke, og informanten vil ikke måtte trenge å be respondenten gjenta seg dersom informanten ikke fikk med seg alt som ble sagt. Fordeler med ansikt-til-ansikt er at intervjumetoden er god til å skape tillit og åpenhet mellom partene. Samtalen vil få en bedre flyt, og ord kan uttrykkes gjennom kroppsspråk for å forsterke meninger eller uttrykk. Ulemper med metoden er at den kan føre til høye kostnader grunnet forstyrrelser i respondentens arbeidstid eller grunnet geografiske forhold [35].

Ved bruk av åpne intervjuer er det viktig å fastsette en struktur på intervjuene. Det finnes forskjellige grader av åpenhet ved kvalitative intervjuer. Strukturering kan være i form av begrensninger av svaralternativer eller begrensninger av hvilke temaer som skal gjennomgås. Struktureringen kan betraktes som en glidende skala som går fra der samtalen er på forhånd helt åpen, til der samtalen består av faste spørsmål i en fast rekkefølge. Dersom intervjuet består av faste spørsmål med svaralternativer i en fast rekkefølge vil intervjuet være helt lukket. Dersom intervjuet består av en samtale uten intervjuguide og uten sekvens i samtalen, vil intervjuet være helt åpent.

3.7.2 Fase 5: Utvelgelse av enheter

En utfordring er at en sjeldent kan undersøke alle som er ønskelige. Derfor er det viktig å spesifisere utvalgsriteriene. Det kan enten gjøres ved tilfeldig utvalg som å trekke tilfeldige personer fra en liste. Det andre alternativet er ved valg av bredde og variasjon. Her kan en dele inn respondentene i ulike grupper for å få spredning på utvalget. Et tredje alternativ baserer seg på kriterier for hvor god informasjon som er ønskelig å samle inn. Alternativet går ut på å velge ut respondentene man selv tror kan gi best informasjon [35].

3.7.3 Fase 6: Analyse

Ved kvalitative analyser samles det inn data som har evnen til å beskrive hvilke mekanismer som binder sammen ulike kategorier eller hendelser. Slike forbindelser kan aldri bli tatt for gitt selv om det kan påvises samvirke mellom dem, eller om det kan argumenteres for sammenhenger. Årsaken til dette er at dem som intervjues ikke alltid har den riktige oppfatningen av hva forklaringen på et fenomen kan være. Samtidig er det usikkerhet på om vi har fått tak i den egentlige årsaken, og ikke bare det forsker og respondent tror er årsaken [35].

En viktig del i analysen er å kunne sortere ut relevant informasjon innenfor ulike kategorier. På denne måten etableres sammenhenger mellom trekk ved personer og fenomener. Ofte kan det oppstå slurv ved at enheter blir plassert i upassende kategorier. En måte å sikre seg mot dette er å la en annen forsker foreta samme kategorisering som opprinnelig forsker har gjort. Når en ekstern og uavhengig forsker gjør dette vil det bli en slags dobbeltsjekk for å sikre at kategoriseringen er gjort etter beste evne. Jo mer samsvar det er mellom forskernes kategorisering, desto større vil tiltroen være til dataene i analysen [35].

3.8 Kvantitativ undersøkelsesmetode

Kvantitativ undersøkelse er en forskningsmetode som kan benyttes når resultatene av undersøkelsene er kvantifiserbare, altså at resultatene er målbare. Kvantitativ metode er spesielt aktuelle når en ønsker å undersøke et stort antall enheter og en kan ved hjelp av statistisk analyse fremlegge hypoteser/deduksjoner om omfang av data og årsaks-sammenhenger [35].

3.8.1 Fase 4: Hvordan samle inn data

Ved bruk av kvantitativ metode er det bruker en mange enheter til å samle inn data. Informasjonen til kvantitativ metode hentes inn som tall, enten som rådata eller som plassering på en skala. For kvantitative metoder får en «grunne» data som ikke nødvendigvis kartlegger dybden, men kan brukes til å kartlegge frekvensen til det valgte fenomenet. De vanligste metodene er spørreskjemaer og/eller loggføring av data.

Kvantitative metoder baseres på å standardisere informasjonen en innhenter. Dette gjøres ved å operasjonalisere alle begrepene/enhetene en ønsker å undersøke før undersøkelsen gjennomføres. Operasjonalisering av begrepene gjør at en kan gjennomføre en statistisk analyse av mange variabler for mange datapunkter/enheter. Dette gjøres ved å sette bestemte verdier/karakterer for hver bestemte parameter [35]

3.8.2 Fase 5: Populasjon og utvalg

En av fordelene til kvantitative data er at en kan undersøke et stort antall enheter med forholdsvis lave kostnader. Allikevel må en være bevisst på hvilke enheter som blir undersøkt, slik at enhetene blir representative for hele datasettet. Videre må en gjøre rede for utvalget en har tatt og hvilke enheter som faller fra. Et utvalg på om lag 400-600 enheter er som regel nok til å kunne si noe om årsakssammenhenger [35].

3.8.3 Fase 6: Analyse av informasjon

For kvantitativ metode vil analyse av data som regel foregå med statistikk som grunnlag. Det første en gjør når en er ferdig med innsamlingen av rådataene er å kategorisere de inn i valgte grupper for å kartlegge «bredde i datasettet». Ut fra denne kategoriseringen kan en avgjøre hvilke data en ønsker å sammenligne/finne sammenhenger med. For å kartlegge sammenhenger kan en bruke statistikk der en danner seg enn hypotese, og ut fra dette kan en avgjør korrelasjon med valgt «usikkerhetsintervall» [35].

4 Forskerspørsmål

I et samarbeid mellom Universitetet i Agder og Nye Veier arbeider hele verdikjeden og academia i et utvalg der det diskuteres hvordan veibygging i størst grad kan industrialiseres. Vi har deltatt i dette industrialiserings- og prefabrikeringsutvalget der vi på bakgrunn av møter, workshops og teorien i kapittel 3 utarbeidet vårt forskerspørsmål:

Hvordan begrenser tidligere erfaringer og holdninger i bransjen fremtidig bygging av flerspenns prefabrikkerte brokonstruksjoner?

For å svare på dette spørsmålet har vi følgende operasjonelle underspørsmål:

1. Hvilke utfordringer og fordeler ser bransjen ved bruk av flerspenns prefabrikkerte broer over 100 meter?
2. Hvordan påvirker skjøter mellom elementer bestandigheten til prefabrikkerte broer?

4.1 Avgrensninger

- Brokonstruksjoner er ikke materialspesifikke og kan derfor være tre-, stål-, kompositt- og betongkonstruksjoner. Ettersom det bygges mest betongbroer er det brokonstruksjoner i betong vi tar for oss i vår oppgave.
- Med skjøter mener vi alle knutepunkt der det er prefabrikkerte bjelker.
- Når vi fokuserer på hvordan skjøter mellom elementer påvirker bestandigheten til prefabrikkerte broer er det alle prefabrikkerte broer lokalisert i Norge uansett lengde og antall spenn som er bygget fra år 1990 og til i dag som er tatt i betraktning.
- Når vi ser på bestandighet ved de utvalgte prefabrikkerte broene er det hovedsakelig korrosjon ved skjøter/knutepunkt som er tatt i betraktning.

5 Case

I vår bacheloroppgave har vi sett på spørsmålet om «hvordan tidligere erfaringer og holdninger i bransjen hindrer nybygging av flerspenns prefabrikkerte brokonstruksjoner». For å besvare vårt spørsmål delte vi oppgave inn i to distinkte deler der den ene er en kvantitativ undersøkelse der vi ser på bestandigheten til skjøtene til prefabrikkerte brokonstruksjoner.

Grunnen til dette er at det er at alle fagfolk vi har snakket med har brakt frem skjøter som et bestandighetsproblem for prefabrikkerte broer, og dette er noe vi ønsket å forske på. Den andre delen av oppgaven vår er en kvalitativ undersøkelse der vi kartlegger holdninger i bransjen til prefabrikkerte flerspenns brokonstruksjoner.

Den kvantitative undersøkelsen skal kunne besvare spørsmålet om bestandighet vil være et problem for prefabrikkerte broer. Denne kartleggingen ble gjennomført ved å samle inn data fra alle prefabrikkerte broer bygd etter 1990. Videre vil denne undersøkelsen kartlegge parameter som klimasone, elementtype, lengde, spennantall m.m. for å avdekke om det eksisterer korrelasjoner mellom armeringskorrosjon og andre faktorer.

Den andre delen av oppgaven vil være en kvalitativ undersøkelse blant representanter fra bransjen for å kartlegge hvilke potensialer og utfordringer bransjen ser ved bruk av prefabrikasjon for broer over 100 meter. Undersøkelsen vil ha et bredt spekter for å få innspill fra alle sider rundt prosjektering, planlegging, og vedlikehold av broer.

Når vi har funnet svarene på begge disse spørsmålene vil vi til slutt diskutere dette opp mot hovedspørsmålet som vil besvare hvilke holdninger og erfaringer som er i bransjen i dag, og hvordan de eventuelt hindrer nybygging av flerspenns prefabrikkerte brokonstruksjoner.

6 Metode

6.1 Fremgangsmåte

Det var nødvendig å innhente informasjon om temaene for å kunne besvare forskerspørsmålet. Flere metoder ble tatt i bruk for å hente informasjonen vi trengte. Samtaler gjennom direkte kontakt og mail med fagpersoner ble brukt til å utforme forskerspørsmålet. Litteraturstudiet ble brukt til å få et teoretisk grunnlag og en bedre forståelse av emnet. Kvantitativ datainnsamling for skadehistorikk på prefabrikkerte broer i Norge ble utført ved hjelp av Statens Vegvesens database for broer i Norge, BRUTUS. Deres håndbøker ble også tatt i bruk for å finne krav og spesifikasjoner til forskjellige broelementer. En kvalitativ undersøkelse i form av intervju ble også gjennomført. Til slutt ble all den innhentede informasjonen satt i lys mot forskerspørsmålet og førte til en konklusjon og anbefalinger til videre arbeid.

6.2 SWOT-analyse

Innledningsvis i arbeidet med bacheloroppgaven bestemte vi oss for å lage en SWOT-analyse av prefabrikkerte- og plasstøpte broer sammen med en annen gruppe som hadde valgt samme oppgave som oss. Dette gjorde vi for å se hvilke muligheter vi hadde med oppgaven. Etter vi fikk kartlagt ulike styrker, svakheter, muligheter og trusler ved begge løsningene bestemte vi oss for at vi ville fokusere på skjøter ved prefabrikkerte brokonstruksjoner.

6.3 Veiledninger

Vi hadde veiledninger med interne veiledere på Universitetet i Agder der vi fikk råd til blant annet hvordan vi kunne angripe oppgaven og tips til relevante personer vi kunne kontakte. Dette viste seg å være veldig hjelpsomt ettersom vi fikk mange nye ideer og tilbakemeldinger på arbeidet vi hadde utført mellom hver veiledning. Det ble også gjennomført veiledning og høring av resultater med ekstern veileder fra Betongelementforeningen.

6.4 Peer reviews

Annenhver uke under hele bachelorprosjektet ble det utført peer reviews mellom alle gruppene som skrev bacheloroppgaver i regi av samarbeidsavtalen mellom Universitetet i Agder og Nye Veier. Emnene som ble gjennomgått under denne aktiviteten var i følgende rekkefølge:

1. Oppgave og foreløpig plan
2. Innledning og forskerspørsmål
3. Endelig forskningsspørsmål og fremdriftsplan
4. Metode
5. Teori
6. (Spørretime)
7. Resultater
8. Diskusjon
9. Konklusjon og dokumentstruktur

Ved bruk av peer reviews som metode var det enkelt å holde kontroll over hvordan vi som gruppe burde ligge an i forhold til tidsfristen. Det hjalp også til med å strukturere arbeidet, og få tilbakemelding fra medstudenter og interne veiledere på vårt arbeid. Dette hjalp oss med å styre oppgaven i riktig retning.

6.5 Litteraturstudie

Gjennom hele skriveprosessen har litteraturstudie vært en av de viktigste metodene for å tilegne oss basis kunnskap. For å finne pålitelig, sentral informasjon brukte vi søkemotorer som Google Scholar, Oria, Bibsys mm. Videre har Norske standarder, samt Statens Vegvesen sine håndbøker og andre rapporter fra Statens Vegvesens FoU-avdeling vært sentrale for å tilegne oss kunnskap for å kunne besvare vår oppgave. Videre har bøker som Metode og metodeskriving, og «Hvordan gjennomføre Undersøkelser» vært sentrale for å tilegne seg kompetanse som ligger utfordringene for vårt fagfelt. Vi har gjennom hele prosjektet vært kritiske til alle kilder vi har brukt, og i den grad det er mulig sjekket validiteten til kildene.

6.6 Hovedspørsmål

For å besvare vårt hovedspørsmål:

«Hvordan begrenser tidligere erfaringer og holdninger i bransjen fremtidig bygging av flerspenns prefabrikkerte brokonstruksjoner?»

Vi valgte å dele oppgaven inn i to underspørsmål, der det ene kartla dagens holdninger, og det andre skulle besvare hvordan skjøter innvirker på prefabrikkerte broers bestandighet. Når vi fikk besvart disse spørsmålene følte vi at vi kunne avgjøre hvilke erfaringer og holdninger som var i bransjen, samt å bidra til oppdragsgiver sitt mål om å tilegne seg kunnskap om bestandigheten til prefabrikkerte brokonstruksjoner.

6.7 Datainnsamling – Undersøkelse av bransjens synspunkt

Som en del av denne oppgaven ønsket vi å belyse bransjens synspunkt på fordeler og utfordringer ved flerspenns prefabrikkerte betongbroer. Vi trengte da en eksplorerende og beskrivende undersøkelse.

6.7.1 Fase 1: Forskerspørsmål

Det stilles krav til et bra forskerspørsmål. Blant annet at det skal være spennende. Vi valgte å kontakte representanter fra bransjen og forhørte oss om hva de mente var utfordringene med bestandighet til prefabrikkerte brokonstruksjoner. Ut ifra det vi samlet av informasjon, fikk vi formet et forskerspørsmål der resultatet var uvisst. Der et resultat på forhånd er uvisst, får enn et forskerspørsmål som kan føre til en undersøkelse som har et element av overraskelse. Et annet krav til forskerspørsmålet er at det skal være fruktbart. I denne sammenheng mener vi at det skal være mulig å gjennomføre en undersøkelse på grunnlag av det vi lurte på [35].

For å utforske forskerspørsmålet lurte vi først og fremst på hvilke løsninger som benyttes i skjøtene på prefabrikkerte brokonstruksjoner. Vi reiste på ekskursjoner for å få en praktisk forståelse av oppbyggingen. Videre sendte vi en del mail og forhørte oss med ansatte i bedrifter som driver med

arbeid relatert til brobygging. Vi fikk innspill på at fugekonstruksjoner spiller en viktig rolle for bestandigheten på betongbroer med tanke på vannansamling og klorider. Videre fikk vi vite at de fleste prefabrikkerte broene i Norge konstrueres med fugefri løsning. Dette var fordi majoriteten av prefabrikkerte broer som bygges i dag er forholdsvis korte. Derimot var muligheten for mer bygging av flerspenns prefabrikkerte bjelkebroer og innføring av fugekonstruksjon i fremtiden mulig bare et tidsspørsmål. Vi så at forskerspørsmålet sin klarhet økte etter hvert som vi jobbet med det. Fra det opprinnelige forskerspørsmålet ble det innhentet ny teori som førte til et bearbeidet forskerspørsmål, som til slutt førte til et ferdig forskerspørsmål. Forskerspørsmålet som ble dannet for undersøkelsen var til slutt:

Hvilke utfordringer og potensial ser bransjen ved bruk av flerspenns prefabrikkerte broer over 100 meter?

6.7.2 Fase 2: Undersøkellesdesign

Etter forskerspørsmålet er ferdigstilt bør en velge et undersøkelsesopplegg som er best egnet til forskerspørsmålet. I denne oppgaven har vi valgt å opplyse et fenomen ved å skaffe bygg- og anleggsbransjens synspunkter rundt fenomenet. Det har ført til at vi har tatt i bruk små-N-studier som undersøkelsesopplegg i oppgaven. Forskerspørsmålet som er dannet for undersøkelsen er i denne sammenhengen fenomenet i små-N-studiet. Det vil si at fenomenet er flerspenns prefabrikkerte bjelkebroer, og utfordringer/potensial knyttet opp mot fremtidig bygging av slike broer. Styrken ved denne undersøkelsesmetoden er at det danner en rik og detaljert beskrivelse av fenomenet. Det fører også til at vi får samlet oppfatninger fra flere aktører innenfor bygg- og anleggsbransjen på ett sted.

6.7.3 Fase 3: Valg av data

For det gitte forskerspørsmålet vårt var det nødvendig å få en virkelighetsnær oppfatning av det vi lurte på. Ettersom det ble benyttet små-N-studier som undersøkelsesdesign hadde vi behov for få enheter til å belyse vårt fenomen. Slik ble det bestemt at vi skulle bruke en *kvalitativ* tilnærming.

6.7.4 Fase 4: Innsamling av informasjon

Metoden vi benyttet til innsamling av informasjon var det individuelle, åpne intervjuet. Det ble intervjuet ansikt-til-ansikt der det var mulighet, og over Skype der de geografiske avstandene var for store til å møtes. Struktureringsgraden på intervjuene var åpent, men ikke fullstendig åpent da det ville føre til for mye etterarbeid. Derfor holdt vi oss innafor en relativt åpen struktur med intervjuguide med tema, fast rekkefølge, og kun åpne svar.

I forkant av intervjuene

De som takket ja til å bli intervjuet ble kontaktet på mail med informasjon om intervjuets bakgrunn og hensikt. Respondentene fikk også tilsendt et informasjonsskriv om hvordan intervjuene ville foregå, og de fikk tilgang til spørsmålene som ville bli stilt under intervjuet, se vedlegg 12.1.1 *Intervjuspørsmål* og vedlegg 12.1.2 *Informasjonsskriv*. Slik ville vi sikre at respondenten var best mulig forberedt. Intervjuene skulle foregå på et sted som var mest naturlig for respondenten. Det førte til at to intervjuer ble utført på arbeidsplass, to intervjuer ble utført over Skype, og ett intervju ble utført i respondentens hjem.

Under intervjuene

Vi startet intervjuene med å introdusere oss selv og takke respondenten for å stille opp til intervju. Selv om alle fikk tilsendt et informasjonsskriv på mail i forkant av intervjuene gikk vi gjennom hensikten og bakgrunnen for intervjuet atter en gang før vi satt i gang med spørsmålene. Tillatelse for opptak av lyd ble innvilget av respondenten, og lydopptak ved hjelp av smarttelefon ble satt i gang før spørsmålene ble stilt. Det ble informert om at spørsmålene var åpne og hadde hensikt med å få frem respondentens tanker og meninger, og ikke nødvendigvis et fasitsvar. Spørsmålene som ble stilt under intervjuene var:

1. Hvorfor tror du det har blitt bygget så få prefabrikkerte broer med lengde over 100 meter de siste årene?
2. Hvilke fordeler og ulemper mener du det er ved bruk av prefabrikkerte broer over 100 meter?
3. Hvordan mener du at fuger/skjøter kan forbedres eller gjøres annerledes?
4. Hva er dine tanker rundt utsagnet «Tror det bare er et tidsspørsmål før vi får prefabrikkerte bjelkebruer med fuge»?

Vi lot respondenten snakke fritt uten forstyrrelser eller innblanding fra vår side. Etter alle spørsmålene var gjennomgått ble det spurt om respondenten hadde noe mer han/hun ville tilføye avslutningsvis. På denne måten fikk vi avrundet intervjuene på en naturlig måte og respondenten kom frem med informasjon som kanskje ble litt glemt bort underveis. Varigheten på intervjuene varierte fra respondent til respondent. De fikk i stor grad styre lengden på intervjuene selv ut i fra hvor mye informasjon de ville komme med som de mente var relevant. Respondentene snakket så fritt de klarte under hvert spørsmål da det ikke ble stilt noen oppfølgingsspørsmål.

6.7.5 Fase 5: Utvelgelse av enheter

Utvalgskriteriet gikk på informasjon da vi mente dette var beste metoden for å besvare forskerspørsmålet. Respondentene var spesialister innen ulike aspekter av samme fagfelt knyttet til veg- og brobygging. Det var byggherre, broingeniører og en konsulent innblandet. Samlet hadde respondentene erfaringer med prosjektering og bygging av prefabrikkerte brokonstruksjoner, produksjon av betongelementer og fuger på brokonstruksjoner.

Det ble valgt fem respondenter til å belyse fenomenet som ville besvare vårt forskerspørsmål. Oversikt over respondentenes nåværende stilling og antall års erfaring er fremstilt i Tabell 6.1.

Respondent	Nåværende stilling	Antall års erfaring
1	Disiplinleder for konstruksjoner	31 år
2	Konsulent	46 år
3	Broingeniør	22 år
4	Brovedlikehold broseksjon - Region Sør	29 år
5	Sivilingeniør konstruksjon	25 år

Tabell 6.1: Oversikt over respondentenes nåværende stilling og antall års erfaring

6.7.6 Fase 6: Analyse

Ettersom alle intervjuene ble spilt inn ved hjelp av lydopptak ble det skrevet transkript fortløpende i hele intervjuperioden. Slik sørget vi for at vi samlet inn informasjon og kunnskap underveis i prosessen som førte til at det var enklere å forstå og analysere respondentenes utsagn etterhvert. Selv om det ble innhentet ny kunnskap fortløpende ble intervju spørsmålene det samme for alle respondentene slik at vi fremdeles kunne opprettholde åpne spørsmål. Når intervjuperioden var over og alle transkriptene ferdigskrevet, ble alt lest gjennom og det viktigste fra hvert intervju ble markert innenfor ulike kategorier. Kategoriseringen foregikk slik at hvert spørsmål ble inndelt som en egen kategori, og den mest relevante informasjonen fra hver respondent innenfor hver kategori ble markert for å systematisere samsvar i meninger mellom respondentene. På denne måten ble det enklere å analysere innholdet og presentere det. Vi fikk en ekstern og uavhengig forsker til å lese gjennom alle transkriptene for å kategorisere på samme måte som vi selv gjorde. På denne måten kan en dobbeltsjekke at man har fått med seg det viktigste i kategoriseringen. Samsvar mellom forskerne fører til større tiltro til dataene i analysen [35]. Kategoriseringene samsvarte bra, slik at vi kan føle oss trygge på at dataene er analysert på best mulig måte. Resultatene fra intervjuene presenteres i 7.1 *Hovedfunn fra intervjuer*.

6.8 Kvantitativ undersøkelse

6.8.1 Fase 1: Forskerspørsmål

For vår oppgave var bestandighet av prefabrikkerte brokonstruksjoner et hovedtema. Ut fra samtaler med folk fra bransjen ble alltid skjøter mellom elementene brakt opp som den største utfordringen til prefabrikkerte broer, og derfor ble vi tidlig bestemte på at dette var ett tema vi ønsket å eksplorere. Ut fra dette dannet vi forskerspørsmålet for undersøkelsen «Hvordan påvirker skjøter mellom elementer bestandigheten til prefabrikkerte brokonstruksjoner?»

6.8.2 Fase 2: Undersøkellesdesign

Ut fra forskerspørsmålet måtte vi velge en undersøkelsesmetode som var hensiktsmessig. Med dette spørsmålet ønsket vi å kunne svare veldig generelt for prefabrikkerte broer i hele Norge. Derfor valgte vi et ekstensivt opplegg slik at vi kunne se på et stort antall enheter. Fenomenet her er korrosjon på prefabrikkerte bjelkebroer og bestandigheten til skjøtene.

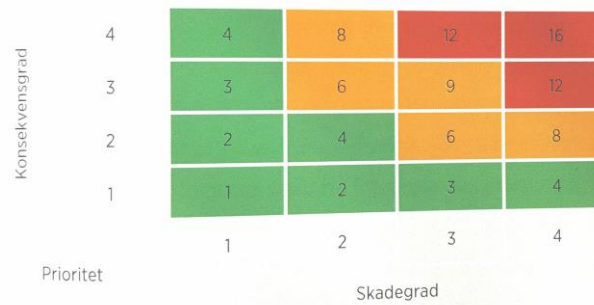
6.8.3 Fase 3: Valg av data

Ettersom vi ønsket å forske på et stort antall broer der vi kunne samle inn data i form av tall, enten som konkrete datapunkter, eller som rangering på en skala. Derfor ble det valgt å bruke en kvantitativ tilnærming.

6.8.4 Fase 4: Hvordan samle inn data

Alle data som ble samlet inn stammet fra Statens Vegvesen sitt broregister BRUTUS. Her er alle broer som SVV har ansvar for loggført med diverse data, mest sentralt inspeksjonshistorikk samt alle skader

oppført. SVV har utviklet et system for loggføring av skader der hver skade blir karaktergitt på dens konsekvensgrad på en skala fra 1 til 4, samt en skadegrad som inndeles i skader som går på Bæreevne, Trafikksikkerhet, Vedlikeholdskostnader, og Miljø/estetikk med en karakterskala fra 1-4. Ulike skadegrader er fremstilt i figur 6.1. En skade kan ha flere skadegrader som går på B, T, V, og M. Konsekvensgrad og skadegrad ganges sammen for å avgjøre alvorlighetsgraden til en skade, og ut fra dette får den en prioritetsgrad, der høyere karakterer har høyere prioritet for utbedring [12]. For å systemsette dataene fra BRUTUS måtte begreper defineres og data sorteres.



Figur 6.1: Skala for konsekvensgrad mot skadegrad [12]

Operasjonalisering

Oppsettet på datainnsamling ble gjennomført på følgende måte:

Byggeår	Årstall broen ble bygget i
Totallengde	Totallengde for hele broen i meter
Spennantall	Antall spenn
Lengste spenn	Lengste spenn i meter
Klimasone	Hentet fra BRUTUS, delt inn i innlandsklima (1), indre kyststrøk (2), kyststrøk (3), og værharde kyststrøk (4)
Elementtype	Alle prefabrickerte elementtyper, hentet direkte fra BRUTUS
Armeringskorrosjon	Ja (1) dersom det er korrosjon av armering på bjelkene i eller i nærhet av overganger mellom element eller fra landkar til element. eller Nei (2),
Konsekvensgrad	Hentet fra BRUTUS direkte for den verste korrosjonsskaden
B	Hentet fra BRUTUS direkte for den verste korrosjonsskaden
T	Hentet fra BRUTUS direkte for den verste korrosjonsskaden
V	Hentet fra BRUTUS direkte for den verste korrosjonsskaden
M	Hentet fra BRUTUS direkte for den verste korrosjonsskaden
Totkar B	Konsekvensgrad multiplisert med B for å få prioritetsgrad
Totkar T	Konsekvensgrad multiplisert med T for å få prioritetsgrad
Totkar V	Konsekvensgrad multiplisert med V for å få prioritetsgrad
Totkar M	Konsekvensgrad multiplisert med M for å få prioritetsgrad
Sprekke i asfalt	Ja (1) eller Nei (2)
Lekkasje	Ja (1) eller Nei (2)
Konsekvensgrad	Hentet fra BRUTUS direkte for den verste lekkasje/asfaltsprekk-skaden
B	Hentet fra BRUTUS direkte for den verste lekkasje/asfaltsprekk-skaden

T	Hentet fra BRUTUS direkte for den verste lekkasje/asfaltsprekk-skaden
V	Hentet fra BRUTUS direkte for den verste lekkasje/asfaltsprekk-skaden
M	Hentet fra BRUTUS direkte for den verste lekkasje/asfaltsprekk-skaden
Totkar B	Konsekvensgrad multiplisert med B for å få prioritetsgrad
Totkar T	Konsekvensgrad multiplisert med T for å få prioritetsgrad
Totkar V	Konsekvensgrad multiplisert med V for å få prioritetsgrad
Totkar M	Konsekvensgrad multiplisert med M for å få prioritetsgrad
Fygetype	Hentet ut fra BRUTUS, Ingen fuge (0), Asfaltfuge (1), Mekanisk fuge (2), Gummilist (3), Annen Fugetype (4), Åpen fuge (5)

6.8.5 Fase 5: Populasjon og utvalg

I utgangspunktet var alle prefabrikkerte betong broer bygget etter 1990 med oppført byggverkstype og klimasone med i utvalget. Grunnen til dette er å sikre broer som ble bygget med fornuftige krav til overdekning, samt forholdsvis like/strengt krav som skal følges i dag. Videre var formålet med denne begrensningen å få bort flest mulig «dårlig» dokumenterte broer, for å få best mulige data. Under selve datainnsamlingen ble revne broer, broer med ukjent byggeår og broer uten inspeksjonshistorikk valgt bort ettersom det ikke kunne sikres at disse var representative. I utgangspunktet var det 421 broer mulig i utvalget, mens det ble oppført 346 i datasettet etter frafall på grunn av tidligere nevnte årsaker.

Alle broer innen byggverkstypene:

- 270 – Plate-elementbro, prefabrikkerte**
- 271 – Plate-elementbro, prefabrikkerte, elementbro nr 2**
- 272 - Plate-elementbro, prefabrikkerte, hulldekke**
- 279 - Plate-elementbro, prefabrikkerte, andre**
- 320 – Bjelkebro, NiB**
- 321 – Bjelkebro, NiB, forspent m/samvirke**
- 322 – Bjelkebro, NiB, forspent u/samvirke**
- 329- Bjelkebro, NiB, andre**
- 330 – Bjelkebro, NOB/NOT**
- 331 - Bjelkebro, NOB, massivtverrsnitt**
- 332 - Bjelkebro, NOB, hulromstverrsnitt m/samvirke**
- 333 - Bjelkebro, NOB, hulromstverrsnitt u/samvirke**
- 334 - Bjelkebro, NOT, m/samvirke**
- 335 - Bjelkebro, NOT, u/samvirke**
- 339 - Bjelkebro, NOB/NOT, andre**
- 340 -Bjelkebro, normerte elementer (ikkje NIB/NOT/NOB)**
- 341 - Bjelkebro, normerte elementer, elementbro nr 1**
- 342 - Bjelkebro, normerte elementer, gangvegbro nr 1**
- 343 - Bjelkebro, normerte elementer, gangvegbro nr 2**
- 344 - Bjelkebro, normerte elementer, gangvegbro nr 3**
- 349 - Bjelkebro, normerte elementer, andre**

- 350 -Bjelkebro, ikke normerte elementer**
- 351 - Bjelkebro, ikke normerte elementer, DT-elementer**
- 352 - Bjelkebro, ikke normerte elementer, I-elementer**
- 353 - Bjelkebro, ikke normerte elementer, svalbard gangbro**
- 354 - Bjelkebro, ikke normerte elementer, mod. I-elementer**
- 355 -Bjelkebro, «Ubåtbjelker», (tyskebjelker)**
- 356 -Bjelkebro, tverrspent plate m/bjelker**
- 357 -Bjelkebro, utligger (utkraget)**
- 359 - Bjelkebro, ikke normerte elementer, andre**

6.8.6 Fase 6: Analyse av informasjon

Data uthentet fra BRUTUS ble ført inn i Excel. Ut fra Excel ble det opprettet frekvenstabeller og diagrammer for å kunne representere dataene som ble hentet fra BRUTUS. Det viste seg etter hvert at det var vanskelig å finne korrelasjoner ved hjelp av statistikk, og derfor valgte vi å heller se på de individuelle broene når det gjaldt korrosjonsårsaker.

7 Resultat

7.1 Hovedfunn fra intervjuer

7.1.1 Spørsmål 1

Hvorfor tror du det er blitt bygget så få prefabrikkerte broer med lengde over 100 meter de siste årene?

I løpet av intervjuene ble det trukket frem forskjellige årsaker til hvorfor det er blitt bygget så få prefabrikkerte broer over hundre meter de siste årene. Utfordringer knyttet til transport trekkes frem som en barriere av respondent 1, 2 og 4. Respondentene trakk frem begrensninger som tilkomstmuligheter og begrenset lengde på elementer som kunne transporteres. Respondent 4 nevner også at det tidligere har oppstått en del skader på elementene under transport som har vært en utfordring.

Montasje er også en barriere som trekkes frem av respondent 1 og 2. Respondent 1 trakk frem at ved plasstøpte broer vil en få en mer helhetlig konstruksjon. Da får du bare lager på hver ende og en lagerfri bro. Her ble det også trukket frem at vedlikehold var en barriere. Respondent 4 trakk frem fuger som en utfordring ettersom det er mye vedlikehold med fuger. Respondenten begrunnet med at fuger har ofte vannlekkasjer som skaper problemer for bestandigheten til konstruksjonen under fugene.

Respondent 3 trekker frem at prefabrikkerte broer kan være litt vanskelig å tilpasse en veikurvatur. Samtidig trekker respondent 3 frem utfordringer med at det ikke har vært en helhetlig prosjektering av prefab tidligere. Respondent 3 mener at prosjekterende ofte har lagt litt for mye arbeid over på leverandør av elementene som da har ført til at det ikke er blitt en helhetlig prosjektering.

«(...) prefab broene har hatt et dårlig rykte (...)»

Utsagnet fra respondent 3 trekker frem at prefabrikkerte broer har hatt et dårlig rykte da de har hatt dårlig bestandighet. Det har vært en del skader, og det har vært en del fusk i byggeprosessen som har medført at det har vært for lite betongoverdekning ifølge respondenten. Respondent 3 trekker også frem at det er usikkerhet rundt de prefabrikkerte broene om de har fått den betongen de skulle ha i utgangspunktet. Andre faktorer som trekkes frem er at tidligere prefabrikkerte broer har blitt for dårlig tilpasset miljø og landskap. Respondent 1 trekker frem generelle løsninger som kantdragere som har ført til at prefabrikkerte broer har dårlig rykte. Respondent 1 nevner at raske løsninger har ført til dårlige løsninger.

«(...) det er ikke noe status å jobbe med prefabrikkerte broer (...)»

Utsagnet fra respondent 3 påstår at det ikke er noe status å jobbe med prefabrikkerte broer ettersom majoriteten av store broer i Norge ikke er prefabrikkerte. Respondenten påstår at det er mer status å jobbe med større broer, men avslutter med at det nødvendigvis ikke er en forklaring på hvorfor det bygges så få prefabrikkerte broer over hundre meter i bransjen. Blant annet nevnte respondent 5 at konkurransen mellom prefabrikkert og plasstøpt var en mulig årsak til hvorfor det er blitt bygget så få prefabrikkerte broer over 100 meter.

7.1.2 Spørsmål 2

Hvilke fordeler og ulemper mener du det er ved bruk av prefabrikkerte broer over 100 meter?

Ulempene som ble trukket frem ved dette spørsmålet var litt de samme argumentene som ble trukket frem ved det første spørsmålet. Men ved å gjenta noe av moralen til det første spørsmålet i det andre, fikk vi nye innspill som ikke kom frem i det første.

Respondent 5 la frem at skjøter/knutepunkt på slike broer var en ulempe. Respondent 1 mener at selv om en får skjøtene veldig fine på de prefabrikkerte broene, så vil det til slutt bli slitt, og en får en dunkende togfølelse når en kjører over vegbanen. Respondent 2 og 4 mente at det arkitektoniske var en ulempe da prefabrikkerte broer ikke hadde noen fin finish på undersiden. De mente at dersom man ønsker en fin finish på undersiden måtte en heller bygge plasstøpte broer.

«(...) dagens prosjekterende er ikke vant med å prosjektere sånne konstruksjoner (...)»

Dette utsagnet kom fra respondent 3 som mente at majoriteten av prosjekterende i dag ikke er vant til å prosjektere med prefabrikkerte løsninger. De føler seg mer trygge på plasstøpte løsninger da det er plasstøpt som er blitt benyttet mest de siste årene. Dette mente respondenten var en årsak til at prosjekterende har mest erfaring med plasstøpt fremfor prefabrikkert.

Respondentene viste seg å være nokså samstemte når det kom til fordelene med bruk av prefabrikkerte broer over 100 meter. Respondent 1, 3, 4 og 5 trakk frem kort byggetid som første argument. Respondent 1 og 3 trakk frem at det var en fordel da man kan klare å unngå dyre og krevende stillaser. Derimot ble det trukket frem av respondent 2 at det må være en vei eller tilkomstmuligheter på siden av broen dersom en skal kunne montere lange prefabrikkerte broer. En annen fordel som ble trukket frem av respondent 1, 3 og 4 var at betongelementer blir produsert innendørs under tempererte forhold. De mente teoretisk sett at produksjon i fabrikk skal være bedre en produksjon på byggeplass. Pris var også et fordelaktig element som ble trukket frem av respondent 1, 3, 4 og 5 uten at det var full sikkerhet angående hva som gjaldt når det kom til de totale kostnadene. Respondent 1 trakk frem at de ikke hadde fått regnet på timelister osv. enda da prefabrikkerte broer var en nokså ny arena. En siste fordel kom fra respondent 4 som mente at det var enklere for de som utfører arbeidet når man bygger med prefabrikkert kontra plasstøpt.

7.1.3 Spørsmål 3

Hvordan mener du at fuger/skjøter kan forbedres eller gjøres annerledes?

Det tredje spørsmålet var et veldig åpent spørsmål som skulle trekke frem respondentenes tanker rundt emnet. Respondent 2 startet med utsagnet:

«Den som har en oppskrift på ideell fuge. Den har gjort det godt».

Det trekkes frem at det er et problem at det ikke finnes noen ideell fuge. Derfor trekker respondent 2 også frem at en kan støpe dekke over elementene som går hele veien uten fuger. Da vil en ikke få problematikkk med skade på fuger ettersom en får en fugefri bro. Sett bort fra at en får et svinnfugeproblem så mener respondent 2 at dette kan være en løsning. Respondent 1 er inne på mye av det samme. Respondent 1 trekker frem at en mulig løsning på forbedring av fuger kan være en nyutviklet fuge som er bedre enn de gamle fugene som produserer mye støy i trafikken. Respondenten trekker også frem at det er stadig forskning på fuger, og at en ny type fuge kanskje allerede er utviklet.

Når det kommer til skjøter mener respondent 1 at broene kan bli mere samvirket. Respondent 3 er også inne på mye av det samme som respondent 1. Respondent 3 sier han ikke tror at fuger er noen utfordring sett utover det vi har i dag, men derimot at skjøter mellom element er der utfordringen ligger. Slik som respondent 1 vil ha mer samvirket konstruksjon, ønsket respondent 3 få monolittisk og momentstiv forbindelse. Det er der en må legge ned arbeidet for å finne en best mulig løsning på problemet ifølge respondent 3. Respondenten trekker til slutt frem at det er der en har mye å gå på, og at en mulig løsning er å forbedre elementer for skjøter på en annen måte enn det gjøres i dag. Respondent 5 trekker frem i denne sammenheng at mer nøyaktig prosjektering og innmåling muligens er der hovedfokuset bør ligge.

«(...) vi skal ikke tilbake til mange fuger og lager (...)»

Utsagnet fra respondent 3 beskriver utfordringer ved bruken av fuger og lager. I håndbok N400 – Bruprosjektering finnes det krav til fuger og lager, og at det er noe av det viktigste i hele håndboka med tanke på broforvaltning trekker respondenten frem. Respondent 3 mener at utfordringen finner en i akser der det kreves lager ettersom det er vanskelig å danne en monolittisk forbindelse mellom brooverbygning og søyler ved lange prefabrikkerte betongbroer. Respondenten mener det er løsbart, men svært krevende. Respondenten sier det er egentlig noe som prosjekterende entreprenører må finne beste løsningen på samtidig som de følger dagens regelverk. Avslutningsvis sier respondent 3 at når det gjelder brofuger, så blir det ikke annerledes enn ved plasstøpte broer ettersom både plasstøpte og prefabrikkerte broer vil ha en plasstøpt plate på toppen som det vil være naturlig å forankre fuga i.

«(...) kunnskapsnivået når det kommer til fuger er kanskje litt for dårlig (...)»

Respondent 4 kom med dette utsagnet og begrunnet det med at respondenten trodde det var begrenset med kunnskap når det kommer til fuger og forskjellige produkter. Det ble gitt eksempler på asfaltfuger som fungerte fint i relativt lang tid, men i noen tilfeller kunne det komme oppsprekninger av fugene relativt kjapt med uvisst årsak.

7.1.4 Spørsmål 4

Hva er dine tanker rundt utsagnet «Tror det bare er et tidsspørsmål før vi får prefabrikkerte bjelkebroer med fuge?»

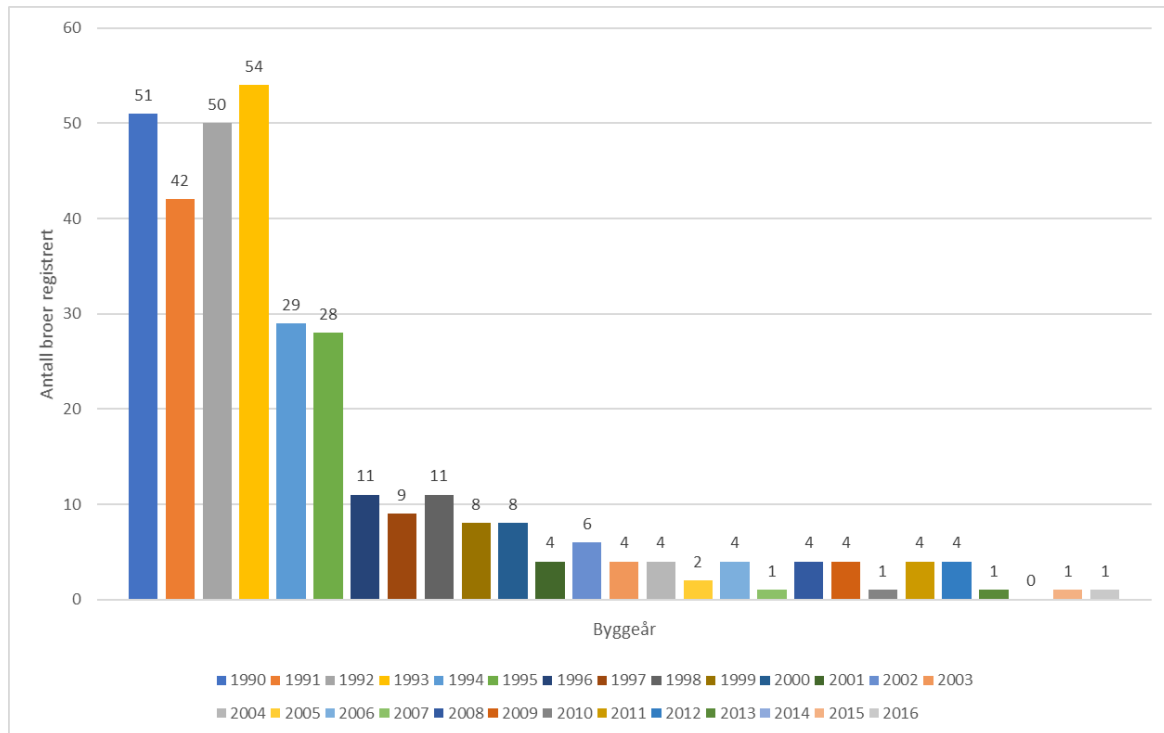
Det fjerde og siste spørsmålet var basert på et utsagn vi fikk nokså tidlig i prosjektet fra en representant fra bransjen. Respondent 1, 3 og 5 var alle enige om at de kunne se for seg at det bare var et tidsspørsmål før vi fikk prefabrikkerte bjelkebroer med fuge. Respondent 1 begrunnet seg med at selv om veidirektoratet har vært litt restriktive når det kommer til broer med flere fuger, så er det stadig utvikling på det. Respondent 1 begrenset seg også til der det var hensiktsmessig, og at det ville bli en slags samkjøring av prefabrikkerte og plasstøpte betongbroer. Respondent 3 mente at det så veldig lovende ut en periode, men at det fort kunne endre seg. Respondent 3 begrunnet dette med at prefabrikkerte broer kanskje ikke var det entreprenørene tenkte seg, og at en kanskje ikke tjente så mye penger som først antatt. Respondent 3 mente også at det var en del manglende erfaring med bygging av «moderne prefabrikkerte bjelkebroer». Dette ble begrunnet med at dagens regelverk kan har ført til at det er blitt bygget veldig få prefabrikkerte broer med fuge de siste årene. Respondent 5 refererte til andre land slik som Nederland, Belgia, Tyskland og USA der det er mer bruk av prefabrikkerte brokonstruksjoner. Respondent 5 begrunnet seg med at slike land har høyere lønninger, og kunne derfor se for seg en utvikling innenfor prefabrikkerte broer som kunne føre til at broene blir så lange at de må ha fuge.

På den andre siden virket respondent 4 veldig usikker til utsagnet. Respondent 4 trodde ikke det vil bli brukt i stor grad, men det ville komme litt an på hvilke erfaringer bransjen trekker til seg fra nye prosjekter. Respondent 3 mener vi får vente og se hva slags erfaringer som entreprenørene drar med seg videre ettersom det er et nokså nytt fagområde. Både AF-Gruppen og Skanska holder på med bygging av prefabrikkerte betongbroer for øyeblikket, så respondent 3 mener vi får lære av dem hva de får av erfaring fra slike prosjekter.

7.2 Funn i BRUTUS

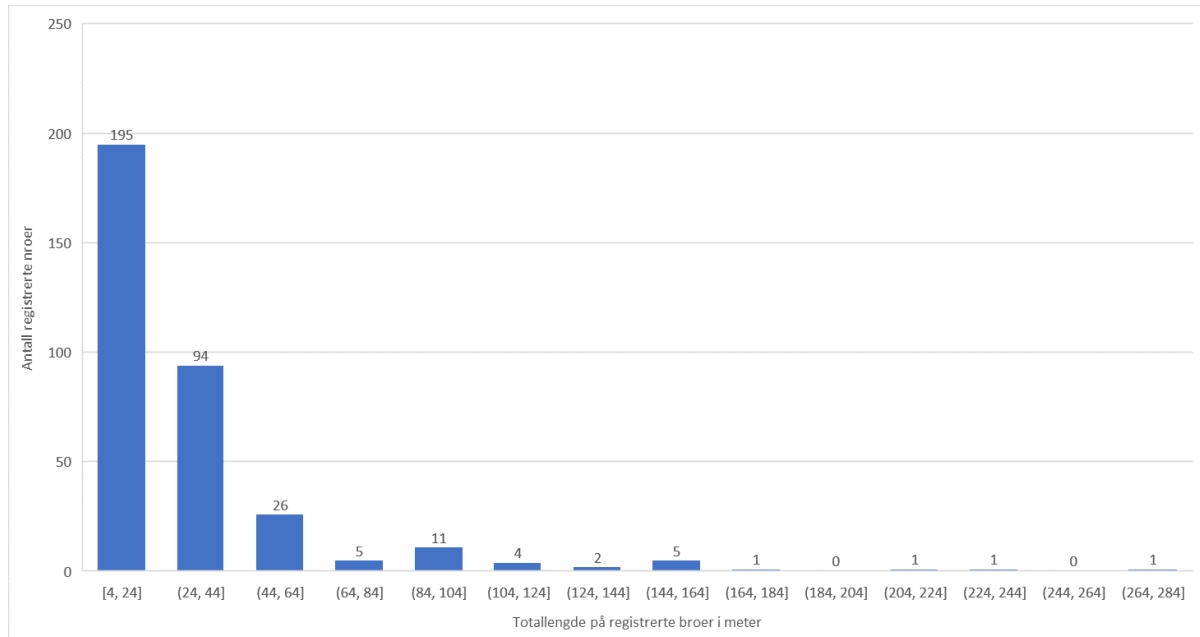
Det ble totalt registrert 346 broer i dette prosjektet.

Det første å se på er byggeår, og ut fra tabellen kan en se at de fleste broene er bygget tidlig på 1990-tallet, med 254 av de er bygd mellom 1990 og 1995. Dette viser lite satsing på prefabrikkerte broer fra 1995 til nå, og vil da innvirke på resultatene av undersøkelsen.

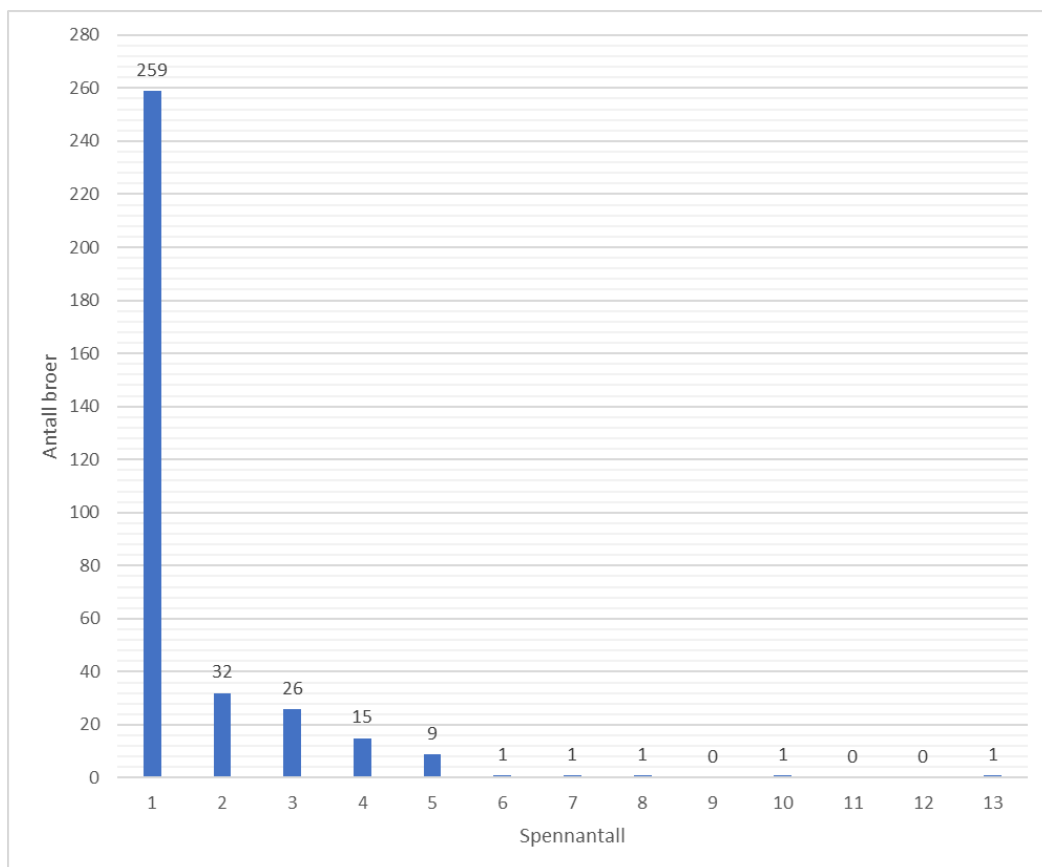


Figur 7.1 Byggeår for registrerte broer

Når det kommer til lengden til broene vil en se at størsteparten av broene har en lengde på under 40 meter. Dette gjenspeiler seg også i at 259 av broene har bare ett spenn.



Figur 7.2 Total lengde på registrerte broer i 20 meters intervaller



Figur 7.3 Antall spenn på registrerte broer

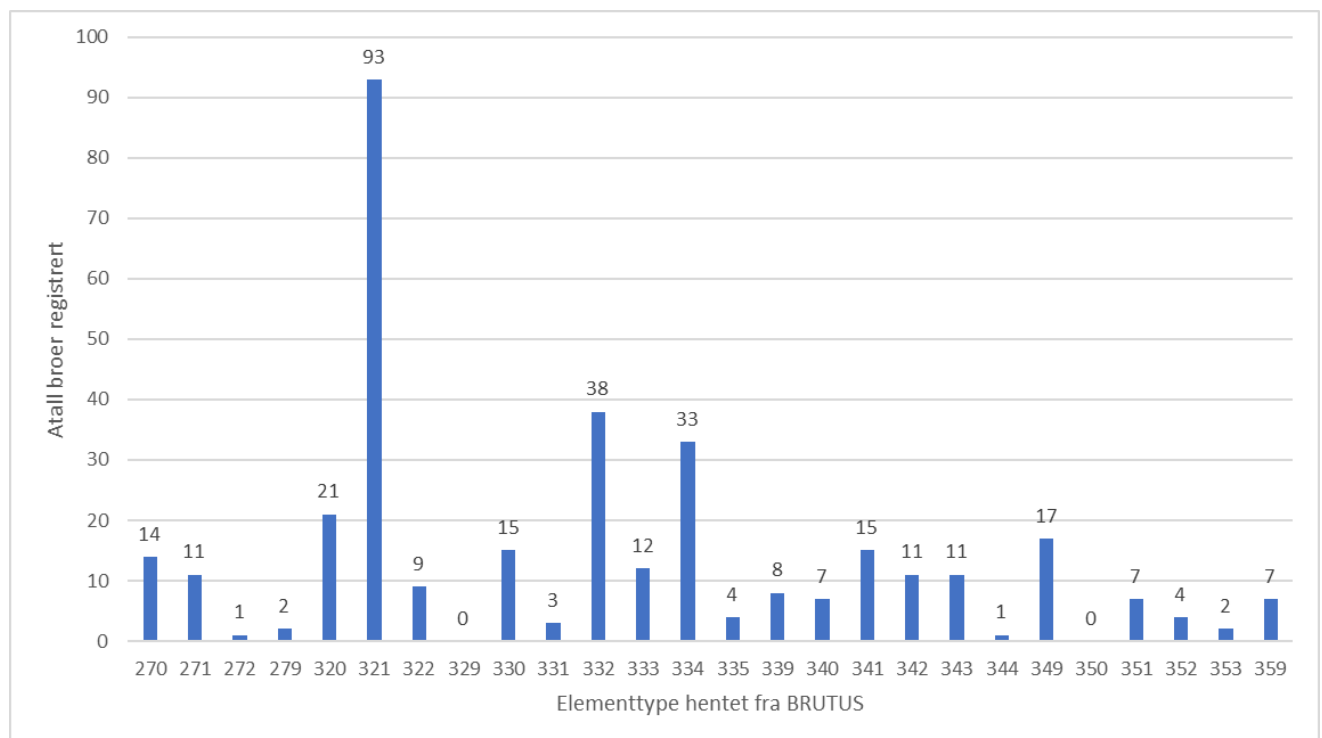
Når det kommer til klimasoner vil en se at de aller fleste er bygget i innlandsklima, og svært lite brukt i kloridutsatte miljøer ettersom det har vært tvil om bestandigheten til prefabrikkerte broer. Dette gjør at korrelasjoner mellom kloridbelastning og korrosjon vil være vanskelige å bestemme nøyaktig ettersom datasettet er underrepresentert for broer med høyere kloridbelastning.

Klimasone

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Innlandsklima	199	57,5	57,5	57,5
	Indre kyststrøk	92	26,6	26,6	84,1
	kyststrøk	45	13,0	13,0	97,1
	Værharde kyststrøk	10	2,9	2,9	100,0
	Total	346	100,0	100,0	

Tabell 7.1: Prosentvis kartlegging av klimasoner for de undersøkte broene

Når det kommer til elementtyper vil en se at det mest dominante er NIB-bjelker støpt med samvirke (Elementtype 321) med 93 broer, ettersom I-bjelker gir en veldig enkel konstruksjon, der de prefabrikkerte bjelkene tar opp de store moment og skjærkreftene, og ett armert støpt dekke oppå gjør konstruksjonen stabil og fordeler lasten jevnt over konstruksjonen.



Figur 7.4 Fordeling av registrerte broer på elementtype hentet fra BRUTUS

Når det kommer til fugetype vil en se at de aller fleste ikke har oppført noen fugetype fra BRUTUS, dette betyr sannsynligvis at det ikke er fuger på disse broene, eller at enkelte asfaltfuger ikke har blitt loggført.

		fugetype			
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ingen fuge	284	82,1	82,1	82,1
	Asfaltfuge	27	7,8	7,8	89,9
	mekanisk	8	2,3	2,3	92,2
	gummlist	2	,6	,6	92,8
	annen fugetype	3	,9	,9	93,6
	Åpen fuge	22	6,4	6,4	100,0
	Total	346	100,0	100,0	

Tabell 7.2: Kartlegging av fugetype for de undersøkte broene

Når det kommer til lekkasjer viser det seg at det er «skader» på rundt 30 % av broene. Dette er trolig ikke unikt for prefabrikkerte broer, men vil oppstå i alle overganger mellom landkar og brodekke, og i alle fuger.

		Lekkasje			
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ja	109	31,5	31,5	31,5
	nei	237	68,5	68,5	100,0
	Total	346	100,0	100,0	

Tabell 7.3: Kartlegging av lekkasjer ved fuger blant de undersøkte broene

Ut frå dette kan en og se at det er sprekker i asfalt over fuger på rundt 30% av broene. Dette er igjen ikke begrenset til prefabrikkerte broer, men heller alle overganger fra landkar til brodekke.

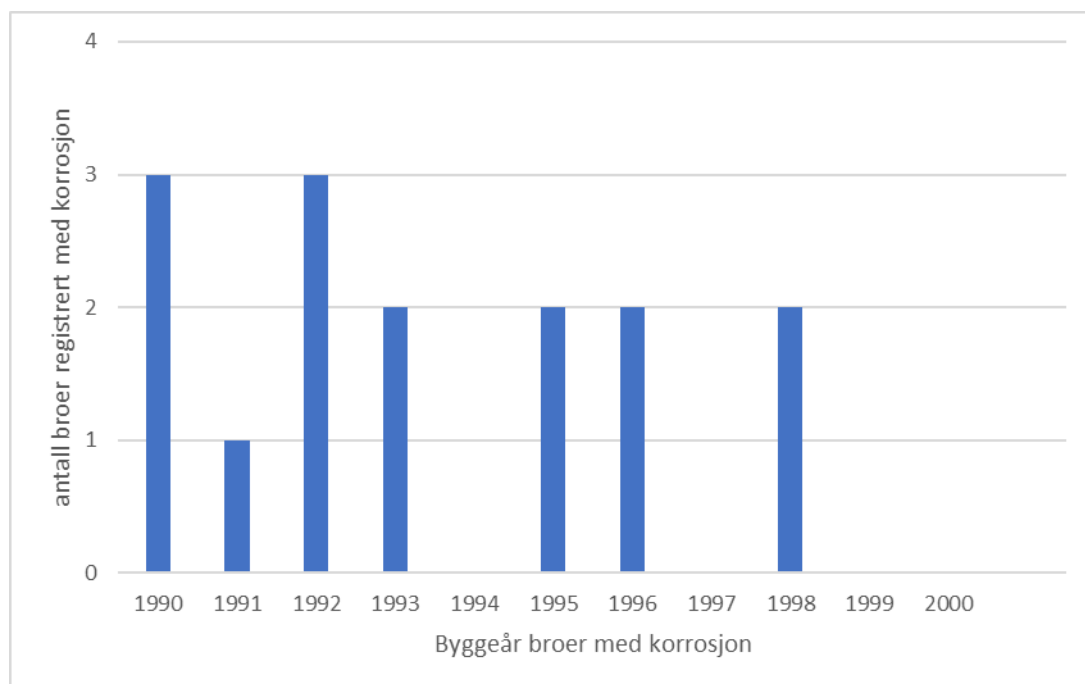
Asfaltsprkk

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ja	113	32,7	32,7	32,7
	nei	233	67,3	67,3	100,0
	Total	346	100,0	100,0	

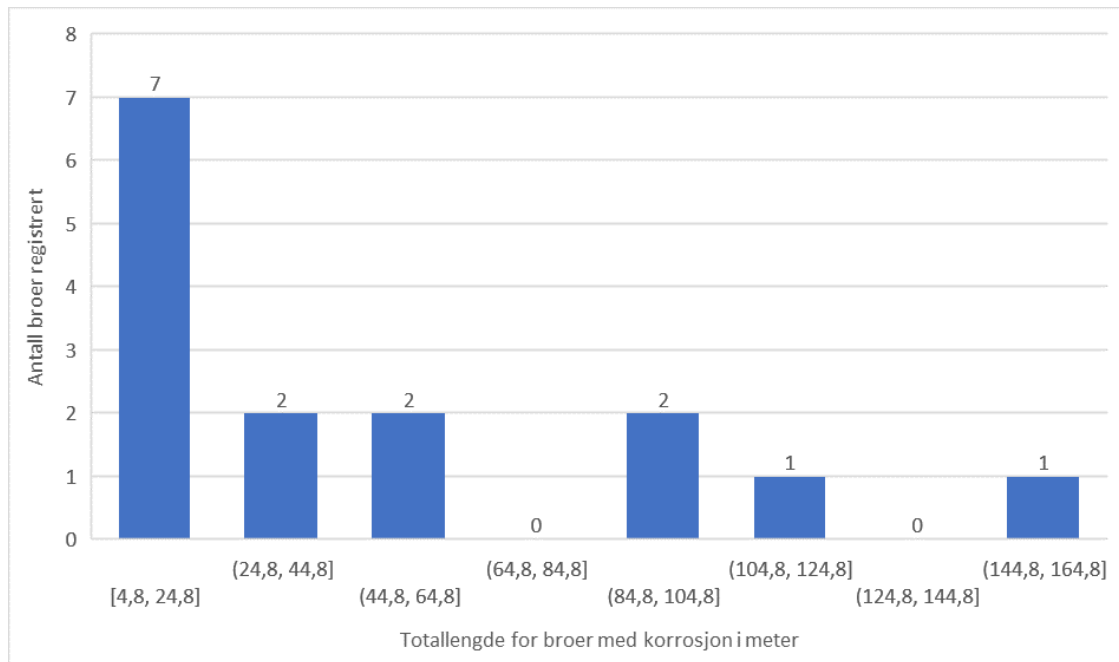
Tabell 7.4: Kartlegging av asfaltsprekker blant de undersøkte broene

7.2.1 Broer med korrosjon

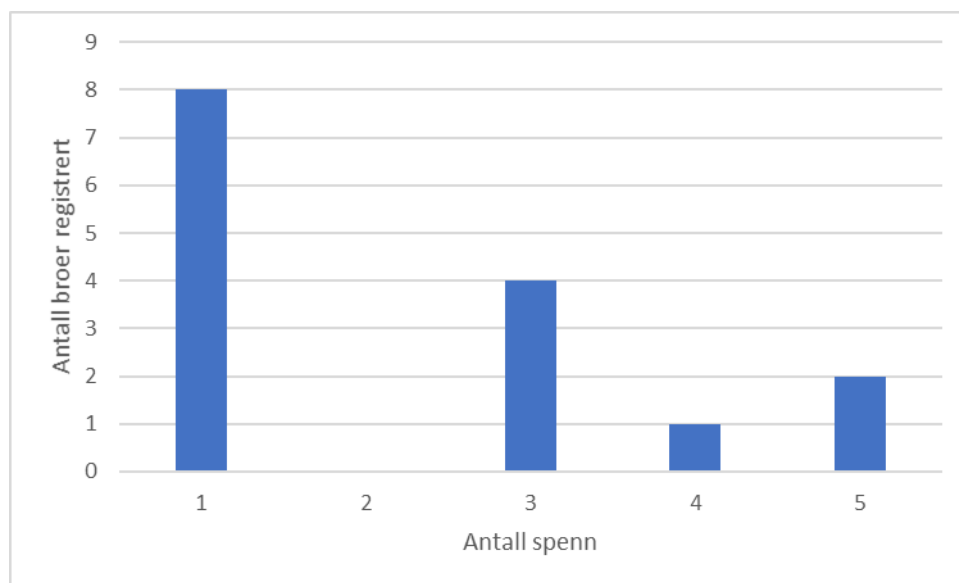
Alle broer med korrosjon på armering ved skjøter var bygget før 2000.



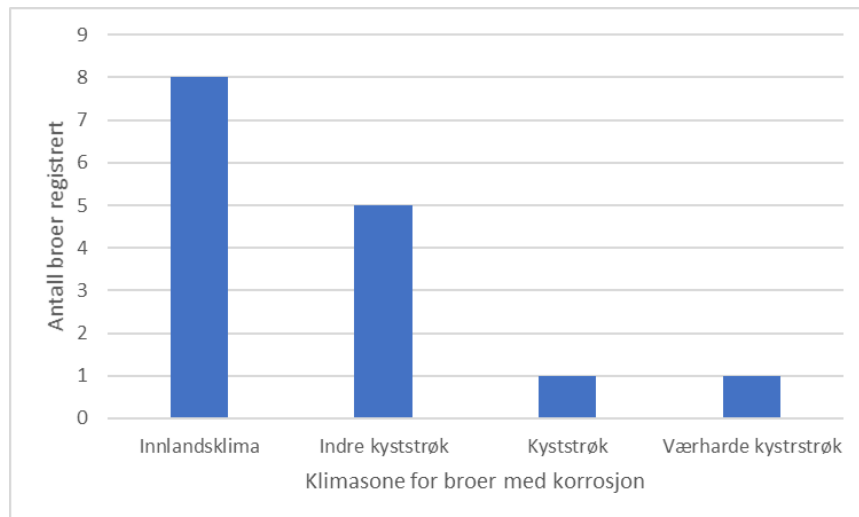
Figur 7.5 Fordeling av broer med korrosjon etter byggeår



Figur 7.6 Total lengde for registrert broer med korrosjon



Figur 7.7 Antall spenn for broer med korrosjon



Figur 7.8 Fordeling på klimasone for broer med korrosjon

7.2.2 Resultat individuelle broer

Det viste seg å være lite konstruktivt å finne statistiske korrelasjoner for korrosjon, så derfor ble det valgt å heller se på individuelle broer for å kunne avgjøre korrosjonsårsak. All informasjon i resultatdelen er direkte hentet fra BRUTUS.

02-2055 Gamle Åsvei gangbro

Dette er en kort ettspenns Plate-elementbru, prefabrikkerte, elementbru nr. 2, bygget i 1996. Broa står i indre kyststrøk. Her er korrosjonsårsak feilplassert skjær-armering. Korrosjonen har fått konsekvensgrad 2, og skadegrad 1V.



Figur 7.9: Bilde av Åsvei gangbro (Foto: BRUTUS, Statens Vegvesen)

16-1336 Lysøybrua

Dette er en 99,7 meter lang NiB bro bygget i 1990. Broa står i kyststrøk. Korrosjonen på denne broa skjer som følge av knusing av broplate mot landkar. Knusingen skjer som følge av store setninger av fyllingen under landkarene, 40+ cm, og 70+ cm for hvert landkar. Skaden har fått konsekvensgrad 2, og skadegrad 2V.



Figur 7.10: Bilde av 70+cm setning under landkar på Lysøybrua (Foto: BRUTUS, Statens Vegvesen)



Figur 7.11: Bilde av knusing av landkar og korrosjon på Lysøybrua (Foto: BRUTUS, Statens Vegvesen)

11-1641 Lauplandsvågen

Lauplandsvågen er en trespennsbro på 56,9 meter. Det er en NiB-bro, bygd i 1990 som står i værharde kyststrøk. Her rustet det i hver ende av bjelkene. Under inspeksjonshistorikk står det at det var «ingen overdekning over spennarmeringen ved støp». Korrosjonen har konsekvenskarakter 1 og skadegrad 3V.

18-2292 Semskaelv Lille

Semskaelv lille er en 19,6 meter lang ettspenns NiB-bro støpt med samvirke til dekket. Her er det feilplassert armering i plate som korroderer. Konsekvenskarakter 1, og skadekarakter 1V og 1B.



Figur 7.12: Bilde av underside plate på Semskaelv lille (Foto: BRUTUS, Statens Vegvesen)

09-1139 Einang

Dette er en bro bygget i 1991, firespenns bro på 112,9 meter fra 1991. Det er en NiB-bro med samvirke til brodekket. Her er det korrosjon på enden av brobjelkene som fører til misfarging på korrosjonsbeskyttelsen. Konsekvensgrad 2 og skadekarakter 2V-



Figur 7.13: Bilde av Einang bro (Foto: BRUTUS, Statens Vegvesen)

09-1193 Fennefoss G/S-bru

Fennefoss er en 146 meter lang NiB-bro med samvirke. Broa er fra 1992, og står i innlandsklima. Denne broen har samme korrosjon som den forrige, med korrosjon på spennkabler i enden av bjelkene over korrosjonsbeskyttelsen. På denne broen er det i tillegg skjærriss på en bjelke inn mot landkaret. Konsekvenskarakter for korrosjon er 1, og skadegrad 1V. Det fantes ingen bilder av rust på korrosjonsbeskyttelsen for denne broen.



Figur 7.14: Bilde av Fennefoss G/S-bru (Foto: BRUTUS, Statens Vegvesen)

18-2243 Skjervengan Bru

Dette er en ettspenns bro på 31 meter i innlandsklima plassert i Nordland. Den ble bygget i 1993, og er en NiB-bro med samvirke til brodekket. Her foregår korrosjonen på synlig armering og armering uten overdekning. I tillegg er det skjærriss i endene på bjelkene. Konsekvenskarakter for korrosjon er 1, og skadegrad 1V.

(Ingen bilder tilgjengelig)

09-1158 Storelva

Dette er en trespenns, 91,4 meter lang NiB-bro som står i innlandsklima. Den ble bygd i 1992. Her er korrosjonen på endene av spennkablene. Konsekvenskarakter for korrosjon er 1, og skadegrad 1V.



Figur 7.15: Bilde av Storelva bru (Foto: Erling Bårseth)

09-1165 Tveite

NiB-bro fra 1992 med tre spenn, total lengde 47 meter. Her er det samme korrosjon som andre broer, med korrosjon på bjelkeendene. Konsekvenskarakter for korrosjon er 1, og skadegrad 1V.



Figur 7.16: Bilde av Tveite bru (Foto: BRUTUS, Statens Vegvesen)

15-1634 Gjøåbrua

Dette er en NiB-bro fra 1995 som står i indre kyststrøk. Den er 43,5 meter lang over tre spenn. På denne broen er det korrosjon på enden av spennkablene over korrosjonsbeskyttelsen.

Konsekvenskarakter for korrosjon er 2, og skadegrad 2V.



Figur 7.17: Bilde av Gjøåbrua (Foto: BRUTUS, Statens Vegvesen)

14-3001 Holvikelva

NOT-Bro fra 1998 i ett spenn, med total lengde på 16 meter. Her står det direkte fra BRUTUS «Sideelement har rust i sammenføring». Konsekvenskarakter for korrosjon er 1, og skadegrad 1V. (Ingen bilde tilgjengelig)

18-2477 Vikelv bru

Dette er en NOB-bjelke med hulromstverrsnitt støp med samvirke. Den ble bygget u 1995 og står i innlandsklima. Her er det avskalling av betong på underflensen til alle bjelkene. Konsekvenskarakter for korrosjon er 2, og skadegrad 2V. (ingen nyttige bilder)

10-1266 Øvregard

Dette er en kort NOT-bro med samvirke, bygd i 1996. Fra BRUTUS står det «Synlig armering i enden av på bjelkene. Spennkabler» Konsekvenskarakter for korrosjon er 1, og skadegrad 1V. (ingen bilde)

10-1237 Kylland

NOT-bro bygd i 1993. Her står det fra BRUTUS «Ser litt rustvann på noen av bjelkene». Konsekvenskarakter for korrosjon er 1, og skadegrad 1V.

05-1704 Grøntuva

Her er det korrosjon på grunn av knusing på enden av bjelken på grunn av feil under montering. Konsekvenskarakter for korrosjon er 1, og skadegrad 1V.



Figur 7.18: Bilde av Grøntuva bru (Foto: BRUTUS, Statens Vegvesen)

8 Diskusjon

8.1 Intervjuer

Det ble trukket frem en rekke fordeler og utfordringer ved bygging av prefabrikkerte broer generelt og ved prefabrikkerte broer over 100 meter. I de følgende underkapitlene vil dette bli diskutert i lys av teori og resultater der det er hensiktsmessig og relevant. Diskusjonskapittelet for intervjuene ble hensiktsmessig inndelt i utfordringer, fordeler og flerspenns prefabrikkerte broer.

8.1.1 Utfordringer

Den utfordringen som ble trukket frem av flertallet av respondentene var utfordringer knyttet til transport når elementer skal fraktes til byggeplass. Ved transport er det flere faktorer som spiller inn. Blant annet lengden og tyngden på elementene som skal fraktes, veiens utforming der elementer skal transporteres og generelle regler for når elementene kan fraktes. Dersom et element er over 25 meter kan det ikke kjøres på veien om dagen, da er det spesialtransport i form av nattkjøring. Skal det fraktes elementer opp imot 30 meter og veiens utforming har en veldig krapp sving, er det ikke sikkert at en vil kunne klare svingen, og dermed vil tilkomstmulighetene være begrenset. Det finnes også begrensninger på hvor lange elementer det er lov å kjøre på norske veier i dag. Til slutt må det også være muligheter for tilkomst av store kraner for å løfte tunge og lange elementer. Grunnforhold vil da også kunne være en faktor da grunnen må tåle slike kraner.

Den andre store utfordringen som kom frem under intervjuene er montasje og vedlikehold. Når en prefabrikkert bro skal være over 100 meter består den av flere seksjoner som vil føre til mange skjøter. Flere skjøter fører igjen til ytterligere mer monteringsarbeid. Ettersom skjøter har vært kjent for å være et utsatt punkt på brokonstruksjoner med tanke på rustangrep, er det viktig at de blir fine når de monteres. I tillegg når det blir flere skjøter ved lange prefabrikkerte broer, vil det bli flere komponenter som må kontrolleres kontra plasstøpte broer som er lettere og mer oversiktlig å vedlikeholde. Ingen av respondentene nevnte noe angående vedlikeholdskostnader da vi tror det vil variere stort fra bro til bro.

En tredje utfordring som muligens er blitt undervurdert er manglende erfaring når det kommer til prosjektering av prefabrikkerte broer. Én respondent trakk frem at prefabrikkerte broer har hatt et dårlig rykte, og at det har ført til at prosjekterende har fokusert mer på plasstøpt enn prefabrikkert. Det dårlige ryktet skyldes å være bestandighetsproblematikk som følge av for liten overdekning. Dette var et problem på 1970- og 1980-tallet, men årsaken til bestandighetsproblemene kan også være fusk i byggeprosessen som for dårlig betongkvalitet. Det ble trukket frem under intervjuene at blant annet kantelementer har blitt utsatt for rustangrep og i enkelte tilfeller falt ned. En respondent mente at slike tilfeller kan skyldes raske løsninger som har ført til dårlige løsninger. Flere av respondentene trakk også frem at det ikke har vært helhetlig prosjektering av prefabrikkerte broer tidligere, noe som støtter utsagnene om raske og dårlige løsninger. Det ble nevnt at prosjekterende har hatt en tendens til å skyve for mye jobb over på elementleverandørene som kan være en mulig årsak til mangelen på helhetlig prosjektering.

8.1.2 Potensial

Den første fordelene nesten alle respondentene trakk frem var kortere byggetid. Det virket til å være stor enighet rundt dette. Kortere byggetid fører til tidsbesparelser som kan være fordelaktig med tanke på trafikkavvikling, HMS og økonomiske besparelser. Kortere trafikkavvikling vil komme til fordel for bilister, og for dem som planlegger midlertidige omkjøringsmuligheter. Bygging av prefabrikkerte broer har en fordelaktig effekt på HMS. For eksempel ved bygging av prefabrikkerte broer vil en unngå store og krevende stillaser som har en fordelaktig innvirkning med tanke på HMS. I tillegg ble det trukket frem at ved bygging av prefabrikkerte brokonstruksjoner var det enklere for de som utførte arbeidet som vi mener styrker den positive innvirkningen på HMS. Økonomiske besparelser kan forekomme som følge av færre arbeidstimer. Blant respondentene var det flere som nevnte pris som en fordel, men det var en del usikkerhet rundt hvordan det totale regnestykket ser ut.

Når det kommer til bygging av prefabrikkerte- og plasstøpte broer så er hovedforskjellen at ved prefabrikkerte broer kan store deler av produksjonen foregå parallelt. Det vil si at det kan arbeides på byggeplassen med produksjon av landkar samtidig som elementene blir støpt i fabrikk en annen plass. Alt blir klargjort før ankomst av elementene slik at elementene kan løftes på plass når de ankommer byggeplassen. Dette mener vi er hovedårsaken til at respondentene er så positive til den korte byggetiden.

Den andre fordelene som flertallet av respondentene var samstemte i var fordelene ved kontrollert produksjon av betongelementer under tempererte forhold i fabrikk. I teorien skal innendørs produksjon under kontrollerte forhold være bedre enn produksjon på byggeplass. En har da muligheten til å få et bedre produkt dersom man gjør ting riktig i fabrikk. Fabrikkene er godt utstyrt med verktøy slik at det er enklere å ivareta overdekningskravene vi har i dag.

8.1.3 Flerspenns prefabrikkerte broer

Flere av respondentene var enige i at en fugefri bro med monolittisk forbindelse for flerspenns prefabrikkerte broer er muligens den beste løsningen for å få en bestandig bro. Eneste haken med fugefri bro er at en vil få krymp i betongen og dermed vil den sprekke opp ett eller annet sted. Utfordringen blir dersom en prefabrikkert bro skal være over 100 meter, så må den bestå av flere seksjoner som vil føre til at samvirke blir en stor utfordring. Utfordringen finner en i akser der det kreves lager ettersom det er vanskelig å danne en monolittisk forbindelse mellom brooverbygning og søyler ved lange prefabrikkerte betongbroer. Dersom totallengden på broen kommer over 100 meter må det også nærmest være en fuge i brokonstruksjonen i en eller annen ende. Dette er igjen en utfordring ettersom N400 – Broprosjektering stiller en del krav til fuger og lager. Det er ikke ønskelig å ha mange fuger og lager på brokonstruksjoner, men dersom det skal bygges prefabrikkerte broer over 100 meter er det mulig en må ha det. Det virker som respondentene hadde blandede holdninger til prefabrikkerte broer med fuge. De virket usikre på hvordan det ville bli, men to respondenter var enige at det er nok bare et tidsspørsmål før vi får det.

Respondentene ble spurt hvordan fuger kunne bli gjort annerledes dersom de hadde noen formening om det. Fuger er som nevnt i teorikapittelet en av de største utfordringene ved brokonstruksjoner ettersom de er vanskelige å designe og vedlikeholde. Det var stor enighet blant respondentene også

her at den som har oppskriften på den optimale fugen, den har gjort det godt. I 2015 skulle Statens Vegvesen ha temadag med fuger som tema, tittelen som ble foreslått var «den perfekte fuge», men ble ansett for å være for ambisiøs, og ble til slutt endret til tittelen «mekaniske brufuger».

Veidirektoratet har vært veldig restriktive når det kommer til fuger, men det er fremdeles stadig utvikling på området. Vi tror det er mye mulig at Norge har mye kunnskap å hente fra blant annet land som Danmark og Nederland da disse har kommet langt i industrialiseringen av prefabrikkerte brokonstruksjoner. Ettersom en respondent mente at kunnskapsfronten på fuger bør forbedres, ville det kanskje vært en løsning dersom vi ble mer åpne for nye og innovative løsninger.

8.1.4 Svakheter ved undersøkelsen

Undersøkelsesmetoden som ble benyttet var små-N-studie som beskrevet i 3.5.2 *Fase 2*:

Undersøkelsesdesign. En svakhet ved metoden er at det er relativt få enheter som undersøkes. Dette skaper utfordringer med å generalisere dataene. En annen svakhet er at intervjuer er svært tidkrevende. Derfor ble det et begrenset antall intervjuer som kunne gjennomføres. To intervjuer ble gjort over Skype, og samtalen fikk dermed ikke like god flyt som ved samtalene ansikt-til-ansikt. Det var lettere for å oppstå misforståelser ettersom det ikke var noen visuell kontakt mellom forsker og respondent. Det var også vanskelig å få et personlig inntrykk av hverandre ettersom det ikke ble benyttet videosamtale i det ene Skype-intervjuet.

Det var noe aldersforskjell på respondentene, noe som kan føre til at respondentene kan ha hatt ulik oppfatning av spørsmålene som ble stilt. Dette kan ha vært en ulempe da vi kan ha tolket meninger på en annen måte enn hva respondentene mente var riktig. I noen tilfeller virket det som om respondentene var veldig usikre på hva de egentlig mente om det konkrete utsagnet i spørsmål 4, og dette gjorde det igjen vanskelig for oss å analysere. En respondent nevnte tidlig i å favorisere plasstøpte konstruksjoner, noe som kan ha påvirket respondentens svar når det kom til fordeler og ulemper rundt prefabrikkerte broer over 100 meter.

Undersøkelsen måtte settes i gang tidlig for å rekke å gjennomføre alle intervjuene. Derfor ble spørsmålene ferdigstilt nokså tidlig i oppgaven, noe som førte til at vi fikk informasjon underveis som vi fikk nye spørsmål rundt. En svakhet med undersøkelsen kan være at forskerspørsmålet vårt definerte først prefabrikkerte broer over 100 meter, men i ettertid ble dette endret til flerspenns prefabrikkerte broer for å unngå misforståelser. Derimot ble intervju spørsmålene definert som prefabrikkerte broer over 100 meter ettersom de ble ferdigstilt tidlig i oppgaven. På det ene intervjuet satt vi igjen med en mistanke om at en av respondentene kunne ha misforstått hva vi egentlig mente med spørsmål 1 og 2. Dessuten virket det ikke som det var noen misforståelser blant de 4 andre respondentene på hva vi mente med prefabrikkerte broer over 100 meter.

8.2 Funn fra BRUTUS

Det første å se på er byggeår, og ut fra tabellen kan en se at de fleste broene er bygget tidlig på 1990-tallet, med 254 av broene er bygd mellom 1990 og 1995. Dette viser lite satsing på prefabrikkerte broer fra 1995 til nå, og vil da innvirke på resultatene av undersøkelsen. Disse dataene viser at de siste 23 årene har vært veldig begrensninger i de erfaringene prosjekterende har kunnet tilegne seg og sier at det har blitt store «kompetanseshull» og manglende innovasjon innen fagfeltet.

Når det kommer til lengden til broene vil en se at størsteparten av broene har en lengde på under 40 meter. Dette passer inn i det «tradisjonelle» synet der prefabrikkerte broer har vært mest benyttet enten for korte, enkle ettspennsbroer for trafikk, eller til overgangsbroer over vei, som ikke har store krav til lengde. Dette gjenspeiler seg også i at 259 av broene har bare ett spenn.

Når det kommer til klimasoner vil en se at de aller fleste er bygget i innlandsklima, og svært lite brukt i kloridutsatte miljøer ettersom det har vært tvil om bestandigheten til prefabrikkerte broer. Dette gjør igjen at korrelasjoner mellom kloridbelastning og korrosjon vil være vanskelige å bestemme nøyaktig ettersom datasettet er underrepresentert for broer med høyere kloridbelastning.

Ut fra alle data ser vi at det ikke er noen korrelasjoner mellom korrosjon og andre variabler. Derfor valgte vi å se på de individuelle broene, og diskutere resultatene fra dette.

8.2.1 Diskusjon resultater individuelle broer

Tabell 8.1: Liste over skade og antatt skadeårsak til de utvalgte broene i 7.2.2 – Resultat individuelle broer

Bronummer	Bronavn	Skade	Skadeårsak
02-2055	Gamle åsvei gangbro	Skade på skjærarmering	Feilplassert armering, produksjonsfeil
16-1336	Lysøybrua	Korrosjon på bjelker/plate mot landkar	Knusing av betong på bjelker/plate mot landkar pga. store setninger i masser under landkarene
11-1641	lauplandsvågen	Korrosjon på ender av bjelkene	Ingen overdekning på bjelkeendene under produksjonen, produksjonsfeil
18-22952	Semskaelv Lille	Korrosjon på armering i plasztøpt plate	Feilplassert armering, utførelsesfeil
09-1139	Einang	Korrosjon på spennarmering på enden av bjelkene	For dårlig OD eller korrosjonsbeskyttelse, dette kan kalles produksjons- eller designfeil
09-1193	Fennefoss G/S-bru	Korrosjon på spennarmering på enden av bjelkene	For dårlig OD eller korrosjonsbeskyttelse, dette kan kalles produksjons- eller designfeil
09-1158	Storelva	Korrosjon på spennarmering på enden av bjelkene	For dårlig OD eller korrosjonsbeskyttelse, dette kan kalles produksjons- eller designfeil
09-1165	Tveite	Korrosjon på spennarmering på enden av bjelkene	For dårlig OD eller korrosjonsbeskyttelse, dette kan kalles produksjons- eller designfeil
15-1634	Gjøåbrua	Korrosjon på spennarmering på enden av bjelkene	For dårlig OD eller korrosjonsbeskyttelse, dette kan kalles produksjons- eller designfeil
18-2243	Skjervengan Bru	Korrosjon på «synlig armering»	Kan med stor sikkerhet kalle dette produksjonsfeil
14-3001	Holvikelva	Her står det direkte fra BRUTUS «Sideelement har rust i sammenføring».	Tolker dette som korrosjon på skjøt mellom kantdrager og plate, trolig på grunn av dårlige løsninger for kantdrager Dette skal ikke lenger være et problem ettersom en nå vanligvis plasstøper kantdrager sammen med plate.
10-1266	Øvregard	Fra BRUTUS står det «Synlig armering i enden av på bjelkene. Spennkabler».	Trolig det samme som på de fem andre med korrosjon på bjelkeender, men er ingen tilgjengelige bilder. Kan med nokså stor sikkerhet kalle dette en produksjonsfeil.
10-1237	Kylland	Her står det frå BRUTUS «Ser litt rustvann på noen av bjelkene».	Akkurat omfanget av korrosjonen er vanskelig å kartlegge, og vanskelig å si noe konkret om korrosjonsårsak
05-1704	Grøntuva	Korrosjon på bjelkeenden	Her skjer korrosjonen på enden av bjelken som ble skadet under montering.
18-2477	Vikelv bru	Her er det avskalling av betong på underflensen til alle bjelkene	Sannsynligvis som følge av feil i produksjonsfeil.

Ut fra resultatene ser en at trolig all korrosjon på elementer har skjedd som følge av feilproduserte elementer. I tillegg har vi gjennom gjennomgangen av alle broene sett flere alvorlige feil og mangler som ikke ville ha blitt gjort på en nybygd bro. Av de mest alvorlige feilene er alkalireaktivt tilslag, ustabile løsmasser, åpne fugekanter som leder vannet direkte ned i fuger, og forskalingsrester og isopor som blir stående igjen i fuger og øker fuktbelastningene. Dette kan antyde at bygging av prefabrikkerte brokonstruksjoner ikke har blitt gjennomført på en god nok måte, både når det kommer til elementproduksjon og prosjekteringsdetaljer.

Dersom produksjonen av elementene gjøres feilfritt, og alle retningslinjer fra N400 blir fulgt vil en prefabrikkert brokonstruksjon trolig ha like god bestandighet som en tilsvarende plasstøpt konstruksjon.

8.2.2 Svakheter ved metoden

Den største svakheten med kvantitative metoden er den menneskelige faktoren der personer må ta subjektive vurderinger for objektive situasjoner. Dette gjelder både for innføringen av opplysninger i BRUTUS, og i tillegg for vår loggføring der en måtte operasjonalisere komplekse situasjoner ned til enkle entydige kategorier. Dette kan føre til en viss distanse fra dataene som bli uthentet til den ekte situasjonen. Et særlig aktuelt problem er situasjonen som BRUTUS har vært i den siste tiden der nyhetskilder har rapportert om store feil og mangler i innrapporteringen i BRUTUS. [36]

En annen svakhet med undersøkelsen er at vi har begrenset utvalget av undersøkte broer til å kun inneholde broer bygd etter 1990. Dette gjør at maksimal levetid for broene er på 28 år, og broer er bygd med prosjektert levetid på 100 år [11]. Ut fra dette ser en at broene enda ikke har stått i en tredjedel av sin prosjekterte levetid, og at det sannsynligvis vil oppstå flere skader på broer jo lenger de står.

8.3 Erfaringer og holdninger

Ut fra våre intervjuer fant vi at tidligere prefabrikkerte broer hadde bestandighetsproblemer, stort sett som følge av dårlig overdekning, samt dårlige armeringsføringer. Dette skjedde som følge av for lave krav til overdekning, samt mye dårlig produserte elementer. Som nevnt tidligere i resultatkapittelet trakk respondent 3 frem at det var mye fusk i byggeprosessen, for eksempel hadde elementer blitt levert med feil betongtype. Videre fant vi også at det var mye dårlige/raske/billige løsninger når det kom til kantbjelker som førte til at disse fikk mye korrosjonsskader og i enkelte tilfeller kunne falle ned. Respondent 2 trakk frem utfordringer med transport, samt at respondent 5 trakk frem mye transportskader som følge av for dårlige elementer, og for lite fokus på å unngå skader. Videre ble det trukket frem dårlige erfaringer med estetikk som trolig stammer fra et for stort fokus på å bygge prefabrikkerte broer så billig og raskt som mulig. Et annet utsagn fra respondent 3 var som nevnt at det tidligere var for dårlig prosjektering av prefabrikkerte brokonstruksjoner, der det ofte ble lagt for mye ansvar over på elementprodusentene når det kom til prosjekteringsdetaljer.

Ut fra disse erfaringene på 70- og 80-tallet ble det på slutten 1990-tallet dannet holdningen om at prefabrikkerte broer var dårlige konstruksjoner med bestandighetsproblemer, og disse erfaringene sitter igjen i dag. Disse erfaringene førte til nok så stor stopp i bygging med prefabrikkert på slutten

av 1990-tallet og 2000-tallet. Dette skapte en ufullstendig kompetanse når det kommer til prosjektering av prefabrikkerte brokonstruksjoner og derfor ble det lite gjort på grunn av manglende erfaringer i bransjen.

Dette er til en viss grad noe av holdningen i bransjen nå i dag, men har begynt å endre seg litt. Ut fra vårt arbeid ser det ut som om bransjen begynner å bli mer optimistiske til prefabrikkerte broer generelt, og dersom det kommer positive erfaringer fra prosjekter som blir gjennomført nå, vil nok bransjen bli mer åpen for prefabrikkerte brokonstruksjoner fremover, både med større totallengder og spennlengder. Ut fra våre intervju var 3 av 5 respondenter nokså positive for lange flerspenns prefabrikkerte broer, mens alle var nokså åpne til en større satsing på prefabrikkert.

Ut fra vårt arbeid ser en at prefabrikkerte broer generelt har grei bestandighet. Videre ser en stort sett bare positive utviklinger når det kommer til kvalitet i alle ledd når det kommer til elementproduksjon, transport, og montering. Ut fra dette tror vi at det eneste som mangler er erfaringer som vil komme gjennom prosjekter som gjennomføres av Nye Veier, Kruse Smith, AF osv..

Fremover vil det trolig bli mer akseptert å bygge med prefabrikkert, og at en heller avgjør prefabrikkert versus plasstøpt for hvert prosjekt mer basert på hvor hensiktsmessig det er for hver enkelt bro.

9 Konklusjon

Gjennom resultatene vi fikk fra intervjuene fikk vi gode tilbakemeldinger på både utfordringer og fordeler ved flerspenns prefabrikkerte broer over 100 meter som førte til at vi kunne besvare underspørsmål én:

Hvilke utfordringer og potensial ser bransjen ved bruk av flerspenns prefabrikkerte broer over 100 meter?

Utfordringer	Potensial
<ul style="list-style-type: none">• Transport og tilkomstmuligheter	<ul style="list-style-type: none">• Kort byggetid
<ul style="list-style-type: none">• Montasje og mange skjøter	<ul style="list-style-type: none">• Pris
<ul style="list-style-type: none">• Estetikk	<ul style="list-style-type: none">• Kontrollert produksjon
<ul style="list-style-type: none">• Manglende erfaring/kunnskapsnivå	<ul style="list-style-type: none">• HMS
<ul style="list-style-type: none">• Dårlig rykte	

Tabell 9.1: Konkluderende funn fra intervjuer

Datainnsamlingen fra BRUTUS og analyse av dataene førte til at vi kunne besvare underspørsmål to:

Hvordan påvirker skjøter mellom elementer bestandigheten til prefabrikkerte broer?

- Skjøter mellom element ser ut til å ha liten innvirkning på prefabrikkerte broers bestandighet.
- Datainnsamling viste korrosjon ved skjøter på 15 av 346 broer.
- Ingen skader på elementer som truer bæreevnen.
- Verste skade registrert som 4V.
- Alle korrosjonsskader stammer fra produksjons/designfeil.
- Svært få skjøter vil bli eksponert for vann ved fremtidig bygging ettersom nye broer vil bli bygget fugefritt eller likt som en plasstøpt bro.

De to underspørsmålene må sees i sammenheng for å besvare hovedspørsmålet i vår oppgave:

Hvordan begrenser tidligere erfaringer og holdninger i bransjen fremtidig bygging av flerspenns prefabrikkerte brokonstruksjoner?

- Tidligere erfaringer med at prefabrikkerte broer har hatt dårlig bestandighet har ført til begrenset bygging av prefabrikkerte broer som igjen har ført til manglende erfaring/kunnskapsnivå ettersom det er blitt bygget mest plasstøpt de siste 20 årene.
- Prefabrikasjon har ikke hatt et godt rykte i bransjen som fører til forholdsvis lite satsing på prefabrikkerte brokonstruksjoner.
- Veidirektoratet er veldig restriktive når det kommer til mange fuger og lager som kan ha en begrensende innvirkning på bygging av lengre flerspenns prefabrikkerte broer.

- Alt i alt virker det som om det bare er manglende erfaringer og gamle holdninger som begrenser fremtidig bygging av flerspenns prefabrikkerte brokonstruksjoner ettersom prefabrikkerte brokonstruksjoner ser ut til å ha grei bestandighet.

10 Anbefalinger

Ut ifra det vi fant ut av i vår oppgave kom vi over noen emner som kunne virke interessante for videre forskning ettersom det viste seg å være noe usikkerhet rundt emnene. Disse er beskrevet i de følgende avsnittene:

Totale prisberegninger på prefabrikkerte broer versus plaststøpte broer med både produksjonsfase, byggefase og vedlikeholdsfase tatt i betraktning.

Se på hvordan HMS påvirkes av bygging av prefabrikkerte broer versus plaststøpte broer og vurderer hvilke faktorer som spiller inn.

11 Referanser

- [1] Statens Vegvesen, «Statens Vegvesen, Bruer,» 8 Februar 2018. [Internett]. Available: <https://www.vegvesen.no/fag/teknologi/bruer>. [Funnet 22 April 2018].
- [2] J. E. Reiersen, «Betongelementforeningen,» 2017. [Internett]. Available: https://www.vegvesen.no/_attachment/2069376/binary/1218556?fast_title=Betongelementer.+John-Erik+Reiersen+%28+MB%29.pdf. [Funnet 15 Februar 2018].
- [3] A. Aanesland, «Statens Vegvesen,» 2016. [Internett]. Available: https://www.vegvesen.no/_attachment/1606860/binary/1145653?fast_title=Nye+Veier+AS.pdf. [Funnet 15 Februar 2018].
- [4] Nye Veier, «Nye Veier,» [Internett]. Available: <https://www.nyeveier.no/>. [Funnet 22 April 2018].
- [5] K. W. L. Alsén, «Samferdsel og Infrastruktur,» 10 Mai 2017. [Internett]. Available: <https://samferdselinfra.no/artikler/flere-prefabrikkerte-bruer-i-fremtiden/407220>. [Funnet 22 April 2018].
- [6] bygg.no, «Byggeindustrien,» 11 November 2016. [Internett]. Available: <http://www.bygg.no/article/1293702>. [Funnet 22 April 2018].
- [7] Nye Veier, «Nye Veier,» [Internett]. Available: <https://www.nyeveier.no/om-nye-veier/om-nye-veier>. [Funnet 22 April 2018].
- [8] Statens Vegvesen, «Håndbok 147 Forvaltning, drift og vedlikehold av bruer,» Mai 1997. [Internett]. Available: <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/195988/HB-147-1997.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Funnet 08 Mars 2018].
- [9] Samferdselsdepartementet, «8. Meld. St. 33 (2016–2017),» Nasjonal Transportplan (2018–2029), Oslo, 2017.
- [10] P. Gjerp, Grunnleggende Betongteknologi, Oslo: BA forlaget, 1998.
- [11] Statens Vegvesen, «N400 - Broprosjektering,» 2015. [Internett]. Available: https://www.vegvesen.no/_attachment/865860/binary/1030718. [Funnet 23 Januar 2018].
- [12] J. Lindland, Betongrehabilitering, Reperasjonsmetoder, utførelse og kontroll, Oslo: Norsk forening for betongrehabilitering, 2016.
- [13] Statens Vegvesen, «Bruprosjektering-09 NOB-bruer,» i *Håndbok 100*, Oslo, Veidirektoratet, 1983.
- [14] Statens Vegvesen, «Bruprosjektering-08 NIB-bruer,» i *Håndbok 100*, Oslo, Veidirektoratet, 1989.
- [15] Statens Vegvesen, «Bruprosjektering-09 NOT-bruer,» i *Håndbok 100*, Oslo, Veidirektoratet, 1990.
- [16] Statens Vegvesen, «Bruprosjektering-09 NIB-bruer,» i *Håndbok 100*, Oslo, Veidirektoratet, 1983.
- [17] E. R. & S. Vegvesen, «Kapittel 13 Bruer og kaier,» 2011. [Internett]. Available: <http://docplayer.me/24589463-Kapittel-13-bruer-og-kaier.html>. [Funnet 3 Mars 2018].
- [18] Statens Vegvesen, «Håndbok 100-3 Elementbruer,» i *Håndbok 100*, Oslo, Veidirektoratet, 2002.
- [19] Statens Vegvesen, «Prefabrikkerte kulvertelementer,» 2016. [Internett]. Available: <https://www.vegvesen.no/fag/teknologi/bruer/bruprosjektering/prefabrikkerte->

- kulvertelementer/_attachment/1361322?_ts=15d081de438&fast_title=Grunnlag%2C+beregningforutsetninger+og+eksempel.pdf. [Funnet 3 Mars 2018].
- [20] Statens Vegvesen, «Håndbok 100-1 Konstruksjoner i fylling: Plasstøpte kulverter,» i *Håndbok 100*, Oslo, Veidirektoratet, 1996.
- [21] Statens Vegvesen, «Håndbok 100-3 Støttemurer,» i *Håndbok 100*, Veidirektoratet, 1990.
- [22] Statens Vegvesen, «Håndbok 100-4 Plassproduserte platebruer,» i *Håndbok 100*, Veidirektoratet, 2002.
- [23] Statens Vegvesen, «Håndbok 100-5 Gangvegbruer,» i *Håndbok 100*, Veidirektoratet, 1985.
- [24] Spenncon, «Broer,» [Internett]. Available: <http://spenncon.no/spenncon/konseppter/infrastruktur/>. [Funnet 3 Mars 2018].
- [25] S. Persson, «Brubjelkeprosjetet,» 11 September 2017. [Internett]. Available: https://www.vegvesen.no/_attachment/2069373/binary/1218553?fast_title=Betongelementer.+Stian+Persson+%285+MB%29.pdf. [Funnet 4 Mars 2018].
- [26] McKay, «Health and safety management of offsite construction,» 2005. [Internett]. Available: https://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/bitstream/2134/9182/5/2005_cib2005_McKay-Gibb-Haslam.pdf. [Funnet 2 Mai 2018].
- [27] J. V. Thue, «Fuge-Mellomrom mellom konstruksjonselementer,» 18 Februar 2018. [Internett]. Available: https://snl.no/fuge_-_Mellomrom_mellom_konstruksjonselementer. [Funnet 6 April 2018].
- [28] G. Nordbotn, «Mekaniske Brufuger,» 1 August 2015. [Internett]. Available: https://www.vegvesen.no/_attachment/972501/binary/1048918?fast_title=Nr+400+Mekaniske+brufuger.pdf. [Funnet 6 Mars 2018].
- [29] Mageba Germany, «Fahrbahnübergänge und Dehnfugen,» [Internett]. Available: <http://www.mageba-germany.de/de/941/Fahrbahn%C3%BCberg%C3%A4nge.htm>. [Funnet 9 Mai 2018].
- [30] G. Nordbotn, «Asfaltfuger,» 1 Mai 2016. [Internett]. Available: https://www.vegvesen.no/_attachment/1372480/binary/1110714?fast_title=Nr+549+Asfaltfuger.pdf. [Funnet 4 Mars 2018].
- [31] G. Nordbotn, «Optimal lengde på fugefrie broer,» 1 Mai 2016. [Internett]. Available: https://www.vegvesen.no/_attachment/1372479/binary/1110713?fast_title=Nr+548+Optimal+lengde+p%C3%A5+fugefrie+bruer.pdf. [Funnet 5 Mars 2018].
- [32] B. M. Vikøren, «snl,» 20 Februar 2018. [Internett]. Available: <https://snl.no/SWOT-analyse>. [Funnet 30 April 2018].
- [33] R. H. & P. Mathisen, *Veiledningsmetodikk*, Cappelen Damm, 2004.
- [34] Språkrådet, «Peer review,» [Internett]. Available: <http://www.sprakradet.no/svardatabase/sporsmal-og-svar/peer-review/>. [Funnet 30 April 2018].
- [35] D. I. Jacobsen, *Hvordan gjennomføre undersøkelser*, Cappelen Damm, 2015.
- [36] Ø. E. M. G. N. J. B. Sondre Nilsen, «De forsømte broene,» VG, 13 November 2017. [Internett]. Available: <https://www.vg.no/spesial/2017/de-forsomte-broene/alvorlige-skader/>. [Funnet 04 Mai 2018].

12 Vedlegg

12.1 Vedlegg vedrørende intervjuer

12.1.1 Intervjuspørsmål

Intervjuspørsmål

Bestandighet til prefabrikkerte brokonstruksjoner

Hvilke utfordringer og potensial ser bransjen ved bruk av lange prefabrikkerte broer over 100 meter?

Følgende spørsmål vil være hovedfokus i samtalen:

1. Hvorfor tror du det har blitt bygget så få prefabrikkerte broer med lengde over 100 meter de siste årene?
2. Hvilke fordeler og ulemper mener du det er ved bruk av prefabrikkerte broer over 100 meter?
3. Hvordan mener du at fuger/skjøter kan forbedres eller gjøres annerledes?
4. Hva er dine tanker rundt utsagnet «Tror det bare er et tidsspørsmål før vi får prefabrikkerte bjelkebruer med fuge»?

12.1.2 Informasjonsskriv til intervju

Informasjonsskriv, intervju

Bakgrunn og formål

Vi er to studenter fra UiA som undersøker utfordringer rundt bestandigheten til prefabrikkerte broer. Ut fra våre undersøkelser har vi funnet svært få problemer knyttet til nyere prefabrikkerte broer, men allikevel har det siden år 2000 blitt bygget svært få prefabrikkerte broer med lengde over 100 meter.

Formålet med vårt intervju er å avdekke hvilke hinder/utfordringer som står i veien for økt bruk av prefabrikkering for broer 100 meter.

Hva innebærer deltakelse i studien?

Deltakelsen i studien innebærer et intervju med varighet maksimalt 60 minutter. Intervjuet vil i stor grad foregå som en samtale sentrert rundt få åpne spørsmål. Spørsmålene vil sendes til deltakeren på forhånd. Spørsmålene vil omhandle bruk av prefabrikkering som byggemetode for broer over 100 meter. Dataene fra intervjuet registreres ved lydopptak.

Hva skjer med informasjonen om deg?

Alle personopplysninger vil bli behandlet konfidensielt. Kun prosjektgruppen vil ha tilgang til intervjuene.

Deltakeren vil ikke kunne gjenkjennes i publikasjonen. Kun stilling/funksjon vil kunne kobles mot svar.

Prosjektet skal etter planen avsluttes 18.05.2018. Personopplysninger, opptak og datamaterialet som ikke er anonymisert vil bli slettet ved prosjektslutt.

Mvh.

Erling Bårseth

Kristian Birkeland

12.1.3 Intervjuguide

Intervjuguide

Fase 1: Rammesetting

Hilse på respondenten og takke vedkomne for å stille opp på intervju. Deretter informere respondenten med informasjon hvordan intervjuet vil foregå og bakgrunn og formål for forskerspørsmålet.

Skal spørre om:

- Arbeidsstilling
- Antall års erfaring
- Noe er uklart
- Respondenten har noen spørsmål
- Sørg for samtykke til opptak

Deretter skal opptak startes.

Fase 2: Erfaringer

Spørre kort om hvilke erfaringer respondenten har til emnet.

Fase 3: Spørsmål

Stille spørsmålene vedlagt i intervju spørsmål og høre på hva respondenten har å si.

Fører sjekklister etter hvert som respondenten besvarer spørsmålene.

Fase 4: Tilbakeblikk

Sørg for at vi har forstått respondenten riktig. Og om det er eventuelt noe vedkomne vil legge til.

12.2 Vedlegg vedrørende datainnsamling fra BRUTUS

12.2.1 Vedlegg 1

Vedlegg vedrørende datainnsamling fra BRUTUS ligger i vedlagt fil med filnavn «Vedlegg 1».