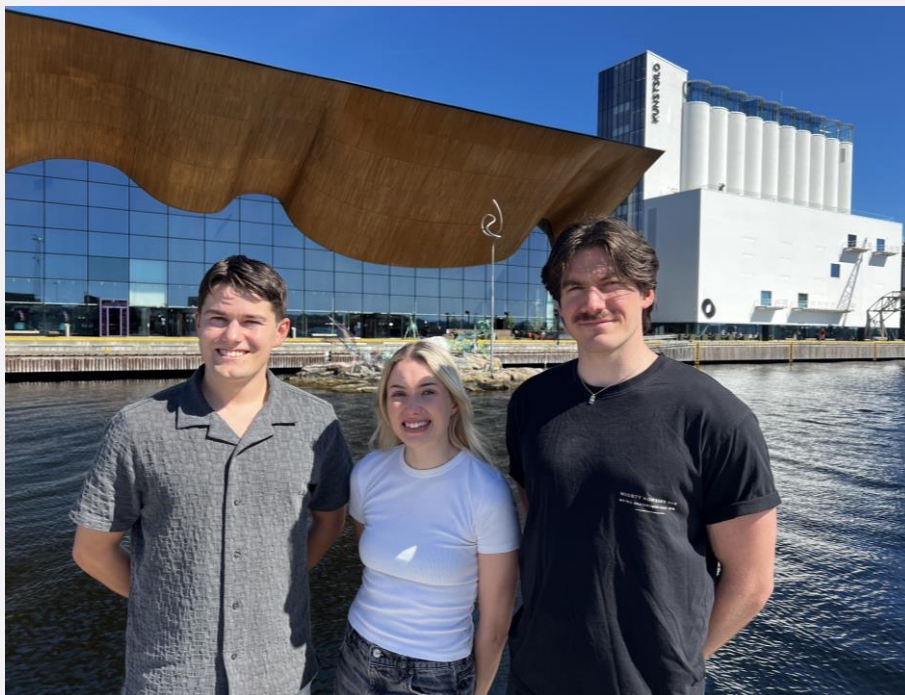


Utforming av gangbro mellom Lagmannsholmen og Odderøya i Kristiansand



ANDRÉ
STRØM KJÆR

IDA
MAGNUSSSEN

MARTIN
CLAYBOROUGH

VEILEDERE

Jonas Høgli Major (UiA) og Venke Moe (Kristiansand kommune)

Universitetet i Agder, 2024
Fakultet for teknologi og realfag
Institutt for ingeniørvitenskap

I. Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

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

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

II. 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)?

☐ JA ☒ NEI

(Båndleggingsavtale må fylles ut) f

- 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)

III. Forord

Denne bacheloroppgaven er en del av studieprogrammet Byggdesign ved Institutt for Ingeniørvitenskap på Universitetet i Agder. Gjennomføringen av oppgaven skjedde i løpet av det sjette og siste semesteret av det treårige studieløpet, og er den avsluttende oppgaven. Bacheloroppgaven er en del av emnet BYG 300, med en vekt på 20 studiepoeng.

Med vår spesialisering innenfor Byggdesign og teknisk planlegging, har vi opparbeidet oss solid erfaring innenfor områder som design, 3D-tegning, planlegging og arkitektur. Vi er tre studenter som ikke bare har kompetanse innenfor disse feltene, men også en sterk interesse.

Gjennomføringen av denne oppgaven har vært en lærerik, kreativ og omfattende prosess hvor vi har fått muligheten til å utforske nye områder og utfordre våre egne ferdigheter. Selv om det til tider har vært krevende, har et godt samarbeid vært avgjørende.

Vi vil rette en stor takk til vår veileder ved Universitetet i Agder, Jonas Høgli Major, for hans oppfølging og veiledning gjennom hele prosessen. Hans tilbakemeldinger og råd har vært til stor hjelp og har bidratt til å løfte arbeidet vårt.

Videre vil vi også rette en takk til vår veileder fra Kristiansand kommune, Venke Moe, samt hennes kolleger Jøran Syversen og Marit Svaland, for deres verdifulle bidrag og støtte gjennom prosessen. Deres engasjement har vært avgjørende for å oppnå et solid resultat som både vi og de er fornøyde med.

Vi håper at denne bacheloroppgaven vil være til nytte og interesse for våre lesere, og at den kan bidra til å utforske nye perspektiver innenfor Byggdesign og teknisk planlegging.



André Strøm Kjær



Ida Magnussen



Martin Clayborough

IV. Summary

This bachelor's thesis is conducted as part of the civil engineering program at the University of Agder. In connection with the renewal of Lagmannsholmen in Kristiansand, The Municipality of Kristiansand, our client, has identified a need for a pedestrian bridge across the canal between Lagmannsholmen and Odderøya. The research question addressed in this thesis is: In what way should a pedestrian bridge from Lagmannsholmen to Odderøya in Kristiansand be designed?

Through stakeholder meetings, an interview, and participation in a conference, the requirements and desires of stakeholders were identified. Successful precedent projects were used as sources of inspiration, and a thorough site analysis was conducted to ensure a design that seamlessly integrates with the surroundings. Various alternatives for type of bridge and design were developed and visualized using 3D models. Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) was used to evaluate the alternatives and determine the most suitable bridge.

Based on the MCDA-analysis, the most favourable choice of bridge is a swing-bridge designed to stand perpendicular to the quay fronts on each side of the canal and converge in the middle, where it widens into a circular platform. This circular platform offers recreational opportunities without impeding bridge traffic. Ensuring safe passage over the canal and facilitating universal design principles, the bridge will provide a functional and inviting route over Gravanekanalen that seamlessly blends with the surroundings.

Innhold

I.	Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring.....	i
II.	Publiseringsavtale	ii
III.	Forord.....	iii
IV.	Summary	iv
V.	Figurliste.....	ix
VI.	Tabelliste	xii
1.	Innledning.....	1
2.	Samfunnsperspektiv.....	2
2.1.	Utforming av bro	3
2.2.	Klima og miljø.....	3
3.	Kunnskapsbakgrunn.....	5
3.1.	Designprosess	5
3.2.	MCDA – Analyse	6
3.3.	Brotyper.....	7
3.3.1.	Klaffebro	8
3.3.2.	Svingbro	8
3.4.	Universell utforming.....	9
3.5.	Statens vegvesens håndbøker	9
3.6.	Byggteknisk forskrift (TEK17)	10
3.7.	Friseilingshøyde.....	11
3.8.	Arkitekturteori	12
3.8.1	Vitruvius's arkitekturprinsipper	12
3.8.2	Le Corbusiers funksjonalistiske tilpasning til arkitektur	13
3.8.3	Norberg-Schulz post-modernistiske syn på arkitektur	13
3.9.	Forbildeprosjekter	14
3.9.1.	Lille Langebro	14
3.9.2.	Cirkelbroen.....	15
3.9.3.	Christian Quartsbroa	16
3.9.4.	Skansen Svingbro.....	16
3.9.5.	Adolph Tidemands bro.....	17
3.9.6.	Håhammeren bro	18
3.9.7.	Friedrich Bayer Bridge	19

4.	Forskerspørsmål	20
4.1.	Avgrensninger	20
5.	Case/Materialer	21
5.1.	Case	21
5.1.1.	Utgangspunkt for oppgaven.....	21
5.1.2.	Power/interest - diagram.....	22
5.1.3.	Krav og ønsker.....	23
5.1.4.	Analyse av forbildeprosjekter	25
5.1.5.	Stedsanalyse.....	27
5.2.	Materialer	44
6.	Metode.....	45
6.1.	Fremdriftsplan.....	45
6.2.	SWOT-Analyse.....	45
6.3.	Designprosess	45
6.4.	Forstå.....	45
6.4.1.	Litteraturstudie	46
6.4.2.	Forbildeprosjekter	47
6.4.3.	Stedsanalyse.....	48
6.4.4.	Møter med Kristiansand Kommune	48
6.4.5.	Intervju med fiskemottak.....	49
6.4.6.	Kontakt med Kristiansand Havn	49
6.4.7.	Konferanse	50
6.5.	Definere	50
6.5.1.	Håndtering av Interessenter	50
6.5.2.	Analyse av forbildeprosjekter	51
6.6.	Utvikle.....	51
6.6.1.	Arbeidsmetodikk og MCDA-analyse	51
6.6.2.	Utarbeiding av 3D-tegninger.....	56
6.7.	Levere	56
7.	Resultat	57
7.1.	Alternativer til brotype	57
7.1.1.	Fast bro på 2,5 meter fra HAT	57
7.1.2.	Fast bro på 15 meter fra HAT	58
7.1.3.	Klaffebro	58

7.1.4. Svingbro	59
7.2. MCDA – Brotype.....	60
7.3. Alternativer – Utforming	61
7.3.1. Rett linje.....	62
7.3.2. Sirkeløy.....	63
7.3.3. Sikksakk.....	64
7.3.4. Buett	65
7.4. MCDA – Utforming	66
7.5. Endelig bro	66
7.5.1. Svingmekanisme.....	71
7.5.2 Lengde over kanalen og seilingsmønster.....	72
7.5.3 Brohøyde og rampe	74
7.5.4 Brobredde	75
7.5.5. Rekkverk.....	76
7.5.7. Sirkeløy.....	78
7.5.8. Sikkerhetstiltak.....	79
7.5.9. Belysning.....	81
8. Diskusjon	82
8.1. Alternativer – Brotype	82
8.2. MCDA – Brotype.....	83
8.2.1. Kriterier og vekting	83
8.2.2. Alternativenes score	84
8.2.3. Totalscore.....	87
8.3. Alternativer – Utforming	87
8.4. MCDA – Utforming	88
8.4.1. Kriterier og vekting	88
8.4.2. Alternativenes score	90
8.4.3. Totalscore.....	92
8.5. Endelig bro	93
8.5.1. Svingmekanisme.....	93
8.5.2. Lengde over kanalen og seilingsmønster.....	94
8.5.3. Brohøyde og rampe	95
8.5.4. Brobredde	97
8.5.5. Rekkverk.....	98

8.5.6. Sirkeløy.....	100
8.5.7. Sikkerhetstiltak.....	102
8.5.8. Belysning.....	103
9. Konklusjon.....	104
10. Anbefalinger.....	105
11. Referanser.....	106
12. Vedlegg.....	111

V. Figurliste

Figur 1-1 Bilde tatt fra Lagmannsholmen mot Kilden og Kunstsilo [3]	1
Figur 2-1 Oversikt over Gravanekanalene med implementert gangbro [4]	2
Figur 3-1 Double Diamond prosessen, [3] basert på [8]	5
Figur 3-2 Kaldnes bro i Tønsberg i åpen posisjon [16]	8
Figur 3-3 Lille Langebro i åpen posisjon [17]	8
Figur 3-4 Illustrasjon av friseilingshøyde [23]	11
Figur 3-5 Lille Langebro [31]	14
Figur 3-6 Cirkelbroen i København [33]	15
Figur 3-7 Christian Quartsbroa [3]	16
Figur 3-8 Skansen svingbro [35]	17
Figur 3-9 Adolph Tidemand's bro [37]	18
Figur 3-10 Håhammeren [38]	18
Figur 3-11 Friedrich Bayer Bridge [39]	19
Figur 5-1 Aktuelt område for implementasjon av gangbro [3] [4]	21
Figur 5-2 Power/interest-diagram [3]	23
Figur 5-3 Kart over planlagt broplasseringen (markert i lilla) i forhold til eksisterende område [3] [45].	28
Figur 5-4 Kart over marinleire som grunnforhold ved tiltenkt broplassering (markert i blå) [47]	29
Figur 5-5 Topografi til havgrunnen [46]	29
Figur 5-6 Bilde av skjæret i kanalen [3]	30
Figur 5-7. Kart over Oksøy i forhold til broplasseringen (Markert i blå) [3] [45]	30
Figur 5-8 Vindrose for Oksøy Fyr i perioden februar 2014 til februar 2024 [50]	31
Figur 5-9 Månedlig nedbør over en 4-års periode i Kvadraturen [51]	32
Figur 5-10 Viser hvordan vannet strømmer gjennom Gravanekanalene [3] [45]	32
Figur 5-11 Lengden over Gravanekanalene ved aktuell broplassering [3] [45]	33
Figur 5-12 Den blå grafen viser vannstand, mens den røde grafen presenterer beregnet tidevann. Begge gjelder for perioden 1.juli til 31.juli 2023 [52]	34
Figur 5-13 Den blå grafen viser vannstand, mens den røde grafen presenterer beregnet tidevann. Begge gjelder for perioden 1.Januar 2024 til 31.Januar 2024 [52]	34
Figur 5-14 Kart med markert gangbarhet mellom Odderøya, Lagmannsholmen og Kvadraturen [3] [45]	35
Figur 5-15 Kart over eksisterende broer og brohøyder i det aktuelle området [3] [45]	36
Figur 5-16 Kart med illustrert gangveier på Odderøya som leder inn til broen (markert i rødt) [3] [45]	36
Figur 5-17 Kart med illustrasjon av fiskebåtenes innkjøring til fiskemottaket (markert i blå) [3] [45] ..	37
Figur 5-18 Tirsdagskonsert på Fiskebrygga i Kristiansand [54]	38
Figur 5-19 Kart med observert områder hvor ulike typer arter befinner seg (markert i lilla) [3] [45] ..	38
Figur 5-20 Kart med kvaliteter på Odderøya og i Kvadraturen [3] [45]	39
Figur 5-21 Kart med Kilden og Kunstsilo markert [3] [45]	40
Figur 5-22 Kilden sett fra fiskemottaket [3]	40
Figur 5-23 Fasaden til Kilden [3]	41
Figur 5- Kunstsilos fasade sett fra Lagmannsholmen [3]	42

Figur 5- Bildet viser kornsiloene som er gjenbrukt i Kunstsilo [3]	43
Figur 5- Bildet viser fasadedetaljer til Kunstsilo [3]	43
Figur 6-1 Alternativ 1 [3]	52
Figur 6-2 Alternativ 2 [3]	52
Figur 6-3 Alternativ 3 i åpen posisjon [3]	52
Figur 6-4 Alternativ 4 i åpen posisjon [3]	53
Figur 6-5 Alternativ 1 [3]	54
Figur 6-6 Alternativ 2 [3]	54
Figur 6-7 Alternativ 3 [3]	55
Figur 6-8 Alternativ 4 [3]	55
Figur 7-1 Fast bro på 2,5 meter fra HAT [3]	57
Figur 7-2 Stasjonær bro på 15 meter fra HAT [3]	58
Figur 7-3 Klaffebro i lukket posisjon [3]	58
Figur 7-4 Klaffebro i åpen posisjon [3]	59
Figur 7-5 Svingbro i lukket posisjon [3]	59
Figur 7-6 Svingbro i åpen posisjon [3]	60
Figur 7-7 Svingbro "Rett linje" i lukket posisjon [3]	62
Figur 7-8 Svingbro "Rett linje" i åpen posisjon [3]	62
Figur 7-9 Svingbro "Sirkeløy" i lukket posisjon [3]	63
Figur 7-10 Svingbro "Sirkeløy" i åpen posisjon [3]	63
Figur 7-11 Svingbro "Sikksakk" i lukket posisjon [3]	64
Figur 7-12 Svingbro "Sikksakk" i åpen posisjon [3]	64
Figur 7-13 Svingbro "Buet" i lukket posisjon [3]	65
Figur 7-14 Svingbro "Buet" i åpen posisjon [3]	65
Figur 7-15 Endelig bro i "Rendered view" i Rhino [3]	67
Figur 7-16 Endelig bro i "Rendered view" i Rhino [3]	67
Figur 7-17 Endelig bro i lukket posisjon, lagt på et perspektivbilde tatt fra Kunstsilo [3]	68
Figur 7-18 Endelig bro i åpen posisjon, lagt på et perspektivbilde tatt fra Kunstsilo [3]	69
Figur 7-19 Endelig bro lagt på oversiktsbilde fra det aktuelle området [3] [4]	70
Figur 7-20 Svingmekanisme med rotasjonsspenn [3]	71
Figur 7-21 "Top view" av bro med lengder oppgitt i millimeter [3]	72
Figur 7-22 "Top view" av bro med illustrert seilingspassasje når den bevegelige delen er i åpen posisjon, vist stipla linjer [3]	73
Figur 7-23 Rampe på Lagmannsholmen oppgitt i millimeter [3]	74
Figur 7-24 Rampe på Odderøya oppgitt i millimeter [3]	74
Figur 7-25 Innseilende båt i forhold til brohøyde [3]	75
Figur 7-26 Brobredde med lengder oppgitt i millimeter [3]	75
Figur 7-27 Samtlige mål av rekkverksstolpe oppgitt i millimeter [3]	76
Figur 7-28 Detalj som viser strekkmetallplater, håndlister og vaiere [3]	77
Figur 7-29 Endeavslutning på håndlistene [3]	77
Figur 7-30 Mål av sirkeløyen oppgitt i millimeter [3]	78
Figur 7-31 Perspektivbilde av sirkeløyen [3]	78
Figur 7-32 Illustrerer broens sikkerhetstiltak når den er i lukket posisjon [3]	79
Figur 7-33 Illustrerer broens sikkerhetstiltak like før broen skal åpnes [3]	79
Figur 7-34 Illustrerer broens sikkerhetstiltak når broen er i åpen posisjon [3]	80

Figur 7-35 Illustrerer broens sikkerhetstiltak like før broen skal åpnes [3]	80
Figur 7-36 Illustrerer broens sikkerhetstiltak når broen er i åpen posisjon [3].....	81
Figur 7-37 Illustrerer broens belysning ved mørke [3]	81
Figur 8-1 Svingmekanismens to sylindere med bærebjelker til den statiske- og bevegelige delen [3].	93
Figur 8-2 Svingmekanisme med rotasjonsspenn [3]	94
Figur 8-3 "Top view" av bro med lengder oppgitt i millimeter [3]	95
Figur 8-4 Rampe på Lagmannsholmen oppgitt i millimeter [3].....	96
Figur 8-5 Rampe på Oddeøya oppgitt i millimeter [3]	96
Figur 8-6 Brobredde med lengder oppgitt i millimeter [3]	97
Figur 8-7 Samtlige mål av rekkverksstolpe oppgitt i millimeter [3]	98
Figur 8-8 Strekkmetallplater og håndlister [3]	99
Figur 8-9 Endeavslutning på håndlistene er avrundet [3]	99
Figur 8-10 Mål av sirkeløyen oppgitt i millimeter [3]	100
Figur 8-11 Glassrekkverk på sirkeløyen [3]	101
Figur 8-12 Perspektivbilde av sirkeløyen [3]	101
Figur 8-13 Illustrerer broens sikkerhetstiltak like før broen skal åpnes [3]	102
Figur 8-14 Illustrerer broens belysning ved mørke [3]	103
Figur 9-1 Endelig bro i lukket posisjon, lagt på et perspektivbilde tatt fra Kunstsilo [3]	104

VI. Tabelliste

Tabell 3-1 Tilpasset versjon av Tabell 4.2.1.1-1 i N100, med mål oppgitt meter [3] [20]	9
Tabell 3-2 Tilpasset versjon av Tabell 4.2.1.2-1 i N100 [3] [20]	10
Tabell 3-3 Tilpasset versjon av Tabell 4.5.1-1 i N101 [3] [21]	10
Tabell 3-4 Tilpasset versjon av Tabell 5.1.1-1 i N100 [3] [20]	10
Tabell 5-1 Krav og ønsker fra ulike interessenter [3]	24
Tabell 5-2 Analyse av forbildeprosjekter [3]	25
Tabell 7-1 MCDA for brotype [3]	61
Tabell 7-2 MCDA for utforming av bro [3]	66

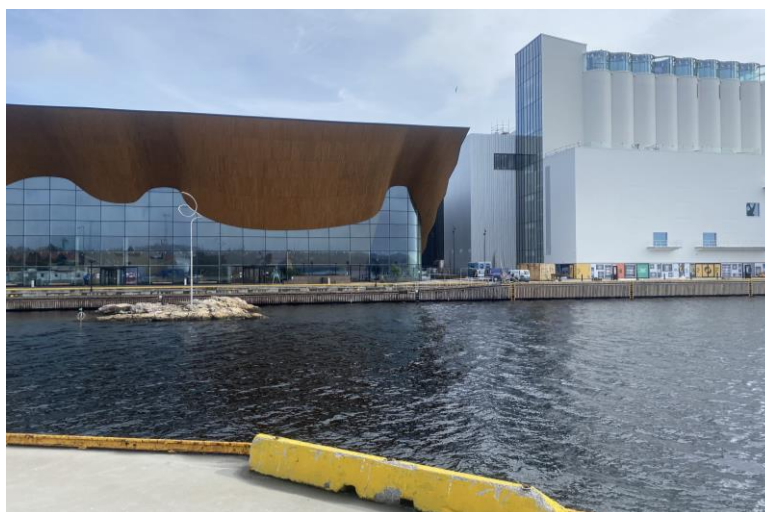
1. Innledning

Kristiansand kommune har ambisiøse planer om å revitalisere og omdefinere Lagmannsholmen, et område som i dag er best kjent som containerhavnen i Kristiansand. Lagmannsholmen har en strategisk og vakker plassering ved kysten, rett utenfor sentrum av Kristiansand. Kommunen mener området har et stort og uutnyttet potensial. Gjennom en omfattende fornyelse av området, ønsker kommunen å transformere det til et nytt og attraktivt byområde, som vil utgjøre en naturlig forlengelse av Kristiansand sentrum [1]. Kommunen ønsker at Lagmannsholmen skal fungere som et sentralt bindeledd mellom den kunst- og kulturrike Odderøya og den urbaniserte Kvadraturen. På Odderøya befinner både Kilden og Kunstsilo seg. Disse ikoniske bygningene er kjente landemerker i Kristiansands kulturbilde. Visjonen er å gjøre Lagmannsholmen til et knutepunkt som forener kultur, rekreasjon og urban livsstil ved kystlinjen i Kristiansand.

For å realisere denne visjonen og sikre en sømløs tilgjengelighet mellom Lagmannsholmen og Odderøya, har kommunen identifisert et behov for en fysisk forbindelse mellom de to områdene. En gangbro som strekker seg over Gravanekanalen, som skiller Lagmannsholmen og Odderøya, vil muliggjøre enkel mobilitet mellom disse to områdene og bidra til å skape et mer helhetlig bymiljø. Broer spiller en avgjørende rolle i å knytte sammen ulike deler av en by og fremme tilgjengelighet og samhold [1]. Gangbroer er også viktige infrastrukturelle elementer som kan bidra til å redusere trafikkbelastningen på veiene og fremme bærekraftig transport [2].

Ved utforming av broer er det viktig å ta hensyn til både funksjonalitet og estetikk, samt sikkerhet og tilgjengelighet. Gangbroen fra Odderøya til Lagmannsholmen vil ikke bare være en praktisk løsning for fotgjengere, men også et symbol på Kristiansands fremtidige utvikling som en moderne og attraktiv by ved sjøen. Den vil bidra til å gjøre Lagmannsholmen til et levende sentrum for både lokale og tilreisende, og være et viktig skritt i formingen av byens identitet.

Denne bacheloroppgaven utforsker ulike aspekter ved utformingen av en gangbro mellom Lagmannsholmen og Odderøya. Gjennom denne prosessen håper vi å bidra til å skape designforslag som oppdragsgiver, Kristiansand kommune, kan bruke i planleggingen og fornyelsen av Lagmannsholmen. Ved å ta utgangspunkt i inspirerende forbildeprosjekter og involvere ulike interessenter, ønsker vi å levere en bacheloroppgave som ikke bare informerer, men også inspirerer til fremtidige infrastrukturprosjekter.



Figur 1-1 Bilde tatt fra Lagmannsholmen mot Kilden og Kunstsilo [3]

2. Samfunnsperspektiv

I forbindelse med revitaliseringen av Lagmannsholmen i Kristiansand har Kristiansand kommune identifisert et behov for å forbedre gangtilgjengeligheten mellom Lagmannsholmen og den nærliggende Odderøya. Derfor vurderer Kristiansand kommune muligheten for å implementere en gangbro mellom disse stedene. Kommunen mener at denne gangbroen vil bidra til å forbedre mobiliteten i området.

Bildet nedenfor viser Gravanekanalen som skiller Lagmannsholmen til venstre og Odderøya til høyre. Det er fire passasjer over kanalen. Dessverre er tilgjengeligheten for personer med nedsatt funksjonsevne utilstrekkelig i dag. Dette inkluderer personer med nedsatt syn, hørsel og mobilitet. De to nærmeste broene, til broen som denne oppgaven omhandler, inkluderer en kjørebros og en gangbro. Kjørebrosen har smale fotgjengerfelt uten trafikkskille, som gjør ferdseilen over broen utrygg, spesielt for personer med funksjonsnedsettelse. Gangbroen har en bratt stigning som gjør det vanskelig for personer i rullestol eller med nedsatt mobilitet å passere. I tillegg er den ikke tilrettelagt for brøyting om vinteren, noe som gjør det vanskelig eller umulig for personer med nedsatt funksjonsevne å bruke broen i vintersesongen.



Figur 2-1 Oversikt over Gravanekanalen med implementert gangbro [4]

For å sette oppgaven i en kontekst, vil de bærekraftige gevinstene knyttet til implementasjon av en gangbro mellom Lagmannsholmen og Odderøya vurderes. Et samfunnsperspektiv spiller en nødvendig rolle for å danne et bilde av hvorfor broen bør implementeres, og til hvilken grad den kan bidra til å endre samfunnet. Lokale forhold knyttet til utforming av gangbro samt klima og miljø gevinster vurderes.

2.1. Utforming av bro

Når vi ser på utformingen av broer, er det avgjørende å passe på at de oppfyller standarder for sikkerhet og funksjonalitet, samtidig som de er tilgjengelige og inkluderende for alle samfunnsmedlemmer. Dette for å gi like muligheter til alle, uavhengig av deres fysiske evner.

Et av de viktigste aspektene ved et inkluderende og universelt utformet brodesign er å sørge for at det tilrettelegges for brøyting i vintersesongen. I Norge risikerer man store mengder snø i vintermånedene, noe som kan gjøre det utfordrende å ferdes hvis ikke snøen blir fjernet. Ved å garantere tilstrekkelig bredde og en lav nok stigning, muliggjør man brøyting av broen. Dette gjør at broen er trygg for alle trafikanter, og er særlig viktig for personer med nedsatt funksjonsevne. Effektiv fjerning av snø og is er avgjørende for å opprettholde trygg ferdsel over broen gjennom hele året.

I utformingen av broer er det særlig viktig å sikre at det er en trygg og komfortabel passasje for alle mennesker. Dette inkluderer å unngå bratte stigninger og trange veier, som kan være krevende for rullestolbrukere og personer med nedsatt mobilitet. Det innebærer også å installere trygge og tilstrekkelig høye rekkverk. Disse rekkverkene må være høye nok til å hindre fall, samtidig som de må utformes slik at de ikke er enkle å klatre over. Statens vegvesens håndbøker presenterer en rekke krav for stigningsgraden på broer og utforming av rekkverk for å sikre slike standarder [5].

Flere eksisterende broer i Kristiansand oppfyller ikke dagens standarder og regnes derfor som ekskluderende, da de ikke tilbyr like muligheter for alle til å krysse over. Gjennom å implementere inkluderende designprinsipper i broprosjektet mellom Lagmannsholmen og Odderøya, kan man bidra til å oppnå bærekraftsmål 11.2 og sikre at alle har like muligheter til å delta i samfunnet [6]. Denne tilnærmingen er ikke bare et spørsmål om oppfyllelse av regelverk, men også en moralsk nødvendighet som fremmer et mer rettferdig og inkluderende samfunn.

Gjennom å sikre en tilgjengelig og inkluderende passasje over Gravanekanalene, kan vi også bidra til å oppfylle bærekraftsmål 10.2, som fokuserer på å redusere ulikheter [6]. Ved å legge til rette for trygg og universell ferdsel over broen, bidrar utformingen til å sikre like muligheter for alle, uavhengig av deres bakgrunn eller fysiske evner. Ved å ta hensyn til behovene til sårbare grupper, som personer med nedsatt funksjonsevne, i design av broer, kan vi fremme sosial inkludering i samfunnet.

2.2. Klima og miljø

En gangbro vil lette lokalbefolkningens mobilitet og oppmuntre til gange fremfor bruk av bil. Ved å implementere en gangbro mellom Lagmannsholmen og Odderøya vil avstanden mellom disse to attraktive områdene bli mer tilgjengelig for fotgjengere, og gangavstandene mellom dem vil bli kortere. En slik bro kan bidra til økt gange, noe som ikke bare er positivt for miljøet ved å redusere antallet motoriserte kjøretøy og klimagassutslipp, men også for den fysiske helsen til befolkningen [6].

Investeringen i en bro som fremmer bærekraftig mobilitet vil være lønnsom på sikt gjennom reduserte utslipp. Ved å redusere klimagassutslippene og fremme en mer miljøvennlig infrastruktur, støtter broen spesifikt opp under bærekraftsmål 11.2, som fokuserer på å skape bærekraftige byer og lokalsamfunn ved å tilby tilgang til bærekraftige transportsystemer [6]. Implementeringen av en gangbro mellom Lagmannsholmen og Odderøya vil også bidra til å oppnå bærekraftsmål 13.2, som handler om å integrere klimatiltak i nasjonale politikker, strategier og planer. Ved å integrere disse målene i utviklingen av gangbroen, sikrer man at den ikke bare dekker umiddelbare transportbehov, men også bidrar til langsiktig bærekraft og klimatiltak på lokalt nivå.

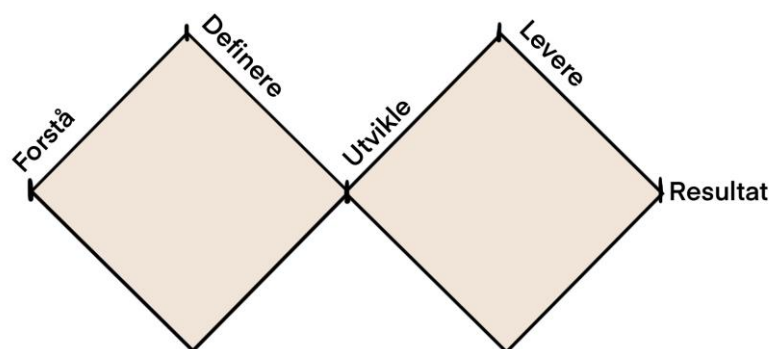
3. Kunnskapsbakgrunn

I dette kapitlet presenteres relevant teori til oppgaven. Dette inkluderer både teori knyttet til metoden for gjennomføring av oppgaven, samt teoribakgrunn for utviklingen av resultatet. I forhold til gjennomføring av oppgaven blir teori om designprosess og MCDA-analyse (Multi-Criteria Decision Analysis) presentert og forklart. Videre beskrives teori knyttet til utviklingen av resultatet. Dette inkluderer teori om ulike brotyper, universell utforming, Statens vegvesens håndbøker, byggeteknisk forskrift, friseilingshøyde og arkitekturteori. I tillegg presenteres et utvalg av forbildeprosjekter som har inspirert oppgaven.

3.1. Designprosess

Designkonseptet er noe som gjenspeiles i mange aspekter av hverdagen vår, som for eksempel når vi planlegger aktiviteter for uken [7]. Vanligvis assosieres design med utviklere som aktivt arbeider med å løse problemer og skape produkter. Dette kan innebære et produkt som er utviklet av en entreprenør eller utseendet på et byggverk tegnet av en arkitekt. For å utvikle et design følger man gjerne en spesifikk prosess kalt en designprosess. Denne prosessen er systematisk og veileder fra problemet som skal løses til den endelige løsningen. Ved å følge designprosessen tydeliggjøres og konkretiseres både hvordan og hvorfor et design blir utformet på en bestemt måte. Dette gjør det enklere å presentere prosessen og gjøre den forståelig for andre.

Designprosessen er ikke en fastsatt metode, men heller en tilpasningsdyktig prosess som må tilpasses utfordringene den forsøker å løse [8]. Selv om designprosessen er dynamisk, har man forsøkt å forenkle og konkretisere den ved å identifisere generelle trinn. I 2005 introduserte Design Council konseptet Double Diamond som et forsøk på å beskrive designprosessen. Double Diamond er utformet som en enkel og allsidig metode for designarbeid. Den kan tilpasses og justeres for å møte ulike utfordringer i ulike situasjoner. Denne generelle metoden gjør det enkelt å forklare og presentere hvordan et produkt eller en løsning har blitt utviklet på en oversiktlig måte. Double Diamond prosessen er delt opp i fire faser som skal lede fra et problem til en løsning. Fasene er “discover”, “define”, “develop” og “deliver”. Oversatt til norsk blir dette “forså”, “definere”, “utvikle” og “levere” [9]. Disse fasene er visualisert med to diamanter ved siden av hverandre der hver fase dekker en halvdel av diamanten. Bilder under viser visualiseringen.



Figur 3-1 Double Diamond prosessen, [3] basert på [8]

Forstå

Første del av Double Diamond prosessen er forstå og definere problemet som skal løses, og åpne opp for mulige løsninger [8]. “Forstå” er en kvalitativ fase som legger til rette for innovasjon og muligheter. Et mangfold av relevant forskning og forbildeprosjekter innhentes for inspirasjon som kan brukes og refereres til i videre utvikling av idéprosessen. Å bruke forbildeprosjekter som inspirasjon, forenkler og effektiviserer denne fasen av idéprosessen. Forbildeprosjekter er vanligvis realisererte verk utarbeidet og kvalitetssikret av erfarne fagpersoner [10]. Ved å hente elementer fra forbildeprosjekter, kan man bidra til å kvalitetssikre sitt eget verk. Alternativet til å benytte seg av forbildeprosjekter, er å utføre og produsere egen relevant forskning.

Definere

I “Definere”-fasen forsøkes det å rette problemer, forskning, inspirasjon og tanker mot målet med idéen [9]. I denne fasen åpnes det opp for å analysere og evaluere tidligere funn fra “Forstå”-fasen opp mot prosjektets mål. Design Council beskriver en viktig del av denne fasen som et filter hvor designeren identifiserer hvilke ideer som bør bygges på. Krav, utfordringer og kvaliteter identifiseres og brukes for å redusere mengden idéer, for å så spisse idéene mot ønsket formål.

Utvikle

I “Utvikle”-fasen brukes idéene fra “Definere”-fasen til å utvikle ulike konsepter [9]. Verktøy som skisser, fysiske og digitale modeller eller prototyper kan produseres for å illustrere konseptene. Denne fasen utføres ofte best i tverrfaglige grupper, der flere interessenter kan komme med innspill og samles for å produsere produkter med høy kvalitet. Hensikten med denne fasen er å produsere, teste og innhente tilbakemeldinger for å re-designe og komme så nære ferdig produkt som mulig.

Levere

“Levere” er siste delen av Double Diamond designprosessen hvor produktet, som skal svare på problemet i første fasen, ferdigstilles [9]. Produktet presenteres, leveres og promotes ved bruk av bildesynteser, modeller og fysiske produkter. Siste delen av denne fasen kommer i form av tilbakemeldinger fra brukerne av det ferdige produktet. Disse kan brukes til å gjøre endringer for senere utvikling av produktet.

3.2. MCDA – Analyse

Multi-criteria decision analysis (MCDA), som direkte oversatt til norsk er Multi-kriterie beslutningsanalyse, er en metode som brukes for å ta beslutninger når man står ovenfor komplekse utfordringer der flere kriterier må vurderes opp mot hverandre [11]. Verktøyet er veldig nyttig i situasjoner hvor man står ovenfor flere løsninger eller alternativet, og det ikke nødvendigvis finnes en enkel riktig løsning. MCDA-analyse kan brukes for å hjelpe beslutningstakere med å strukturere informasjon, identifisere alternativer og deretter vurdere alternativene opp mot hverandre basert på deres evne til å oppfylle de ulike kriteriene [12].

Første steg er å identifiseres de relevante kriteriene som beslutningen skal vurderes ut fra [13]. I et omfattende prosjekt kan de ulike kriteriene ha ulik grad av viktighet og relevans for det aktuelle prosjektet. Hvert kriterium tildeles en numerisk vekt som indikerer viktigheten og relevansen for prosjektet. Denne vurderingen gjør det mulig å kvantifisere kriterienes betydning og deres bidrag til beslutningsprosessen. En vanlig tilnærming innen MCDA er å bruke numeriske skalaer for scoregiving, der kriteriene vurderes på en skala, fra for eksempel 1 til 3, der 1 indikerer lav ytelse eller viktighet, mens 3 indikerer høy ytelse eller viktighet. Denne skalaen kan tilpasses etter behov, for eksempel ved å bruke en skala fra 1 til 10 eller en skala med enda flere intervaller. Vektingen av kriteriene bør være transparent og begrunnet, slik at beslutningstakere kan forstå grunnlaget for vektingen og stole på resultatene av analysen.

Når kriteriene er satt og vektet, identifiseres de tilgjengelige alternativene som skal vurderes. Deretter samles informasjon om hvert alternativs ytelse på de ulike kriteriene [13]. Dette kan innebære å innhente data, utføre analyser eller vurdere eksisterende kunnskap. Basert på informasjonen, evalueres alternativene i forhold til hverandre på tvers av de ulike kriteriene. For hvert alternativ vurderes kriteriene basert på deres ytelse eller egenskaper i henhold til den valgte skalaen. For eksempel kan et alternativ få en score på 2, på en skala fra 1 til 3, for kriteriet "estetikk", hvis estetikken anses som gjennomsnittlig i forhold til de andre alternativene.

Når alle alternativene er vurdert for hvert kriterium, summeres scorene for å få en totalscore for hvert alternativ [12]. Dette gjøres ved at scoren for hvert kriterium multipliseres med kriteriets vekt. Den multipliserte scoren for hvert kriterium summeres og gir en unik totalscore for de ulike alternativene. Totalscoren viser hvor godt alternativene utfyller de satte kriteriene. Det alternativet som er best ifølge MCDA-analysen vil få den høyeste totalscoren. Analysen gir en god pekepinn på hvilken løsning som er best tilpasset det aktuelle formål, og derfor det foretrukne valget.

Fordelen med MCDA er at analysen har et stort omfang, og evner å ta for seg et mangfold av faktorer som er med på å påvirke sluttresultatet [12]. Ved å inkludere flere kriterier gir analysen en omfattende forståelse av problemet og bidrar til å hjelpe beslutningstaker med å ta gode beslutninger. Analysen skaper et rammeverk som er med på å minimere subjektiv og partisk påvirkning. Det er en verdifull metode som ved å sammenligne alternativer kan støtte beslutningstakere i å ta velinformerte valg som tar hensyn til alle relevante faktorer.

3.3. Brotyper

Det finnes flere ulike måter å klassifisere en bro på. Hovedsakelig er det snakk om bevegelig- og fast bro, hvor sistnevnte deles videre inn etter hvilket bæresystem som blir tatt i bruk. En bevegelig bro er en bro som har bevegelige elementer for å kunne tilpasse trafikk passerende under broen, ofte brukt over kanaler der båter passerer regelmessig [14]. Når det kommer til bevegelige broer er det sving- og klaffebro som er de vanligste brotypene.

3.3.1. Klaffebro

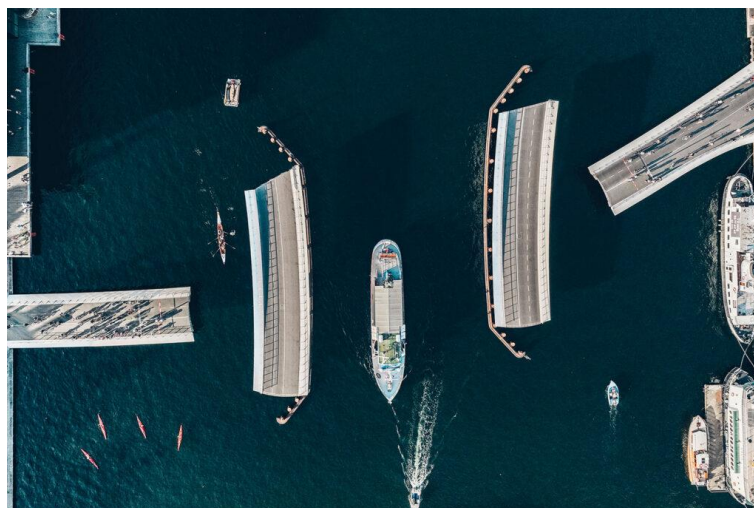
Klaffebroer er broer hvor en del av broen hever seg fra en horisontal akse mot en vertikal akse [15]. Denne brotypen fungerer ved at den bevegelige klaffen har en motvekt, som er med på å balansere klaffen i det den skal roteres rundt sin egen akse. Klaffebroen kan dermed løftes hurtig og representerer en god løsning for en bevegelig bro. Kaldnes bro i Tønsberg er et eksempel på klaffebro i Norge.



Figur 3-2 Kaldnes bro i Tønsberg i åpen posisjon [16]

3.3.2. Svingbro

En svingbro kategoriseres som en bevegelig bro. Svingbroen består av en bevegelig del, og en motvekt, som i mange tilfeller er symmetrisk til den bevegelige delen [15]. En avansert og nøyaktig motor er plassert ved broens roterende fundament, slik at den kan rotere langs den horisontale akse, til ønsket posisjon. Svingbroer trenger regelmessig vedlikehold for å kunne operere etter ønsket bruk.



Figur 3-3 Lille Langebro i åpen posisjon [17]

3.4. Universell utforming

Universell utforming handler om å skape et design som er inkluderende for alle mennesker i samfunnet, spesielt mennesker med nedsatt funksjonsevne [18]. Det kan for eksempel være nedsatt syns- og hørselsevne, og nedsatt mobilitet. Formålet er derfor at alle skal ha enkel og fri tilgang på ulike funksjoner og omgivelser uten å bli hindret. Den faglige definisjonen fra Miljøverndepartementet lyder som følgende:

“Universell utforming er utforming av produkter og omgivelser på en slik måte at de kan brukes av alle mennesker, i så stor utstrekning som mulig, uten behov for tilpassing og en spesiell utforming. Hensikten med konseptet universell utforming er å forenkle livet for alle ved å lage produkter, kommunikasjonsmidler og bygde omgivelser mer brukbare for flere mennesker, med små eller ingen ekstra kostnader. Konseptet universell utforming har som målgruppe alle mennesker; i alle aldre, størrelser og med ulike ferdigheter.” [19]

Det kan være fordelaktig å sette seg inn i kravene til universell utforming før man starter planlegging av prosjekter, ettersom at flere av kravene kan være omfattende [18].

3.5. Statens vegvesens håndbøker

Statens vegvesen deler håndbøkene sine i vegnormaler, veiledninger og retningslinjer [5]. Vegnormalene er kravdokumenter og blir omtalt på følgende måte på Statens vegvesen sin hjemmeside: *“Vegnormalene er et viktig styringsverktøy og et hjelpemiddel ved utforming og dimensjonering av offentlig veg- og trafikkanlegg”* [5]. Veiledninger består av mer utdypende fagstoff, og understøtter vegnormalene. Retningslinjer gjelder kun for riksveg.

Under vegnormaler finner man håndbok N100 og N101. Vegnormal N100 stiller krav til utforming av veger og gater, mens vegnormal N101 bygger videre på vegnormal N100 ved å stille krav til trafiksikkerhet rundt sideterreng og vegsikringsutstyr [20] [21].

Tabell 3-1 viser bredder for gang- og sykkelveg, og sykkelveg med fortau, eksklusive skuldre [20]

Tabell 3-1 Tilpasset versjon av Tabell 4.2.1.1-1 i N100, med mål oppgitt meter [3] [20]

Syklende per time	Gående per time			
	< 15	15 - 100	100 - 200	> 200
< 15	Gang- og sykkelveg=2,5	Gang- og sykkelveg=3,0		
15 - 300	Gang- og sykkelveg=3,0	Sykkelveg=2,5 Fortau=1,5		Sykkelveg=2,5 Fortau=2,0
300 - 1500	Sykkelveg=3,0 Fortau=1,5	Sykkelveg=3,0 Fortau=2,0		
> 1500	Sykkelveg=4,0 Fortau=1,5	Sykkelveg=4,0 Fortau=2,0		Sykkelveg=4,0 Fortau=2,5

Tabell 3-2 viser maksimal stigning for gang- og/eller sykkelveg. [20]

Tabell 3-2 Tilpasset versjon av Tabell 4.2.1.2-1 i N100 [3] [20]

Stigningens lengde (m)	I tettstedsområder	Utenfor tettstedsområder
< 3 m	8 %	8 %
3-35 m	5 %	8 %
35-100 m	5 %	7 %
> 100 m	5 %	5 %

Tabell 3-3 viser geometrikrav til gang- og sykkelrekkeverk [21]

Tabell 3-3 Tilpasset versjon av Tabell 4.5.1-1 i N101 [3] [21]

Vegforhold	Rekkeverkets høyde	Frie åpninger
Skråninger slakere enn 1:2	$H \geq 0,9$ m	Ingen krav
Skråninger 1:2 og brattere	$H \geq 1,2$ m	Etter en trafiksikkerhetsvurdering $\leq 0,12$ m (DS 120)
Nær vertikale kanter	$H \geq 1,2$ m	$\leq 0,12$ m (DS 120)

Tabell 3-4 viser dimensjonerende mål for myke trafikanter. [20]

Tabell 3-4 Tilpasset versjon av Tabell 5.1.1-1 i N100 [3] [20]

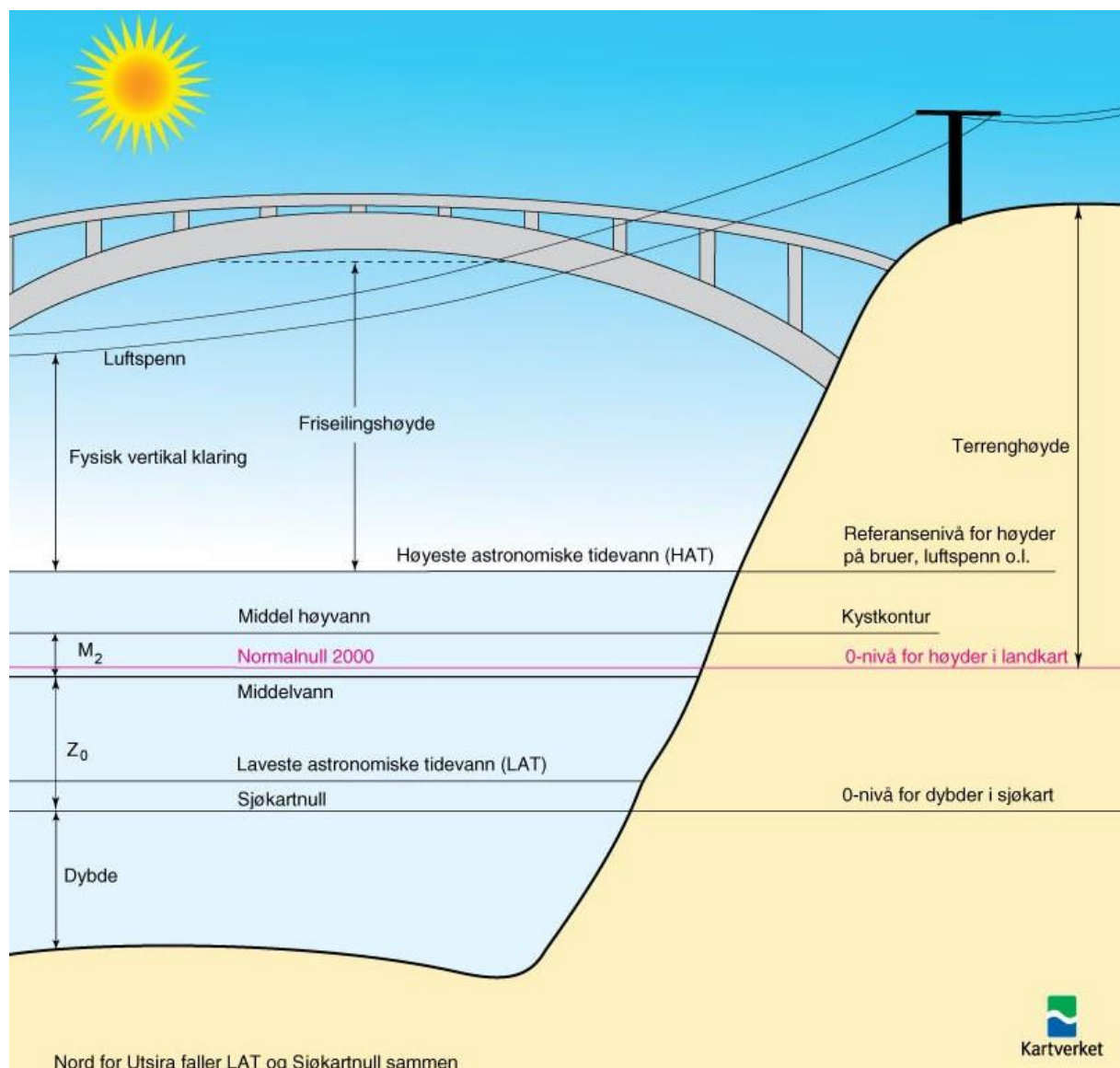
Kategori	Bredde (m)
Syklende	0,75
Gående/stående	0,7
Gående med barnevogn	0,7
Gående med førerhund eller ledsager	1,2
Rullestolbruker	0,9

3.6. Byggteknisk forskrift (TEK17)

TEK17 er produsert av Direktoratet for byggkvalitet, som beskriver den på følgende måte: *Forskrift om tekniske krav til byggverk trekker opp grensen for det minimum av egenskaper et byggverk må ha for å kunne oppføres lovlig i Norge* [22].

3.7. Friseilingshøyde

I sjøkart blir “friseilingshøyde”, vist i Figur 3-4, brukt for å informere skip og andre båter om de kan ferdes trygt under broer eller andre objekter som potensielt kan være til hinder. Friseilingshøyde er definert etter Høyeste Astronomiske Tidevann (HAT), som Kartverket definerer slik: “Høyeste Astronomiske Tidevann (HAT) er den høyeste mulige vannstanden uten værrets virkning (altså uten påvirkning fra blant annet vind, lufttrykk og temperatur). HAT er referansenivå for høyder på broer, luftspenn og lignende i sjøkart” [23]. Laveste Astronomiske Tidevann (LAT) og sjøkartnull er to andre faktorer som benyttes ved beregning av friseilingshøyde. Kartverkets definisjon av LAT er som følgende: “Laveste Astronomiske Tidevann (LAT) er den laveste mulige vannstanden uten værrets virkning (det vil si uten påvirkning fra blant annet vind, lufttrykk og temperatur)” [23]. Sjøkartnull er et nivå vannstanden sjelden kommer under og fungerer som et nullnivå for dybder i sjøkart. Det er derfor satt som Laveste Astronomiske Tidevann.



Figur 3-4 Illustrasjon av friseilingshøyde [23]

3.8. Arkitekturteori

Arkitektur og arkitekturprinsipper har gjennom historien blitt tolket og uttrykt gjennom et mangfold av meninger og teorier. Marcus Vitruvius Pollio er mest kjent for sine grunnleggende arkitekturprinsipper som han publiserer gjennom sitt verk “De Architectura Libri Decem” [24]. Han var ingeniør og arkitekt og levde i Romerriket rundt år 70 fvt. Vitruvius uttrykker prinsipper for utforming av, og hensikten til, arkitektur. Selv flere århundrer etter Vitruvius blir hans prinsipper brukt som inspirasjon for nyskapende teorier.

På 1900-tallet populariseres modernismen, som er et moderne syn på arkitekturprinsippene, der Le Corbusier står som en sentralfigur gjennom sin funksjonalistiske tilpasning til arkitektur [25]. Som en reaksjon til den rent funksjonsrettete modernismen, utviklet retningen post-modernismen seg rundt 1960-tallet, med søkelys på å se tilbake til fortiden [26]. Post-modernismen uttrykker hvordan arkitekturs utsmykning ikke skal være kun funksjonell, og hvordan arkitekturen skal samspille med omgivelsene, noe som Christian Norberg-Schulz sine arkitekturteorier speiler. Disse arkitektenes ideer og prinsipper for arkitektur representerer en forståelse av arkitekturteorier fra tre ulike historiske perioder, med et spekter som strekker seg fra de tidligste stadiene av arkitekturen til mer moderne tid.

3.8.1 Vitruvius’s arkitekturprinsipper

I Vitruvius sitt verk, “De Architectura Libri Decem”, skriver han om arkitekturprinsipper han mener er viktig for design i arkitekturen: firmitas, utilitas and venustas, eller på norsk: styrke, funksjonalitet og skjønnhet [24].

Firmitas er prinsippet for hvordan et bygg sin styrke og stabilitet skal fremmes i byggverket [27]. Stryken til et bygg er et kritisk element innen arkitektur fordi det bestemmer om bygget er i stand til å stå oppreist, og derfor mener Vitruvius at de statiske kvalitetene skal komme gjennom valget av materialer og byggeteknikk.

Utilitas representerer byggets funksjon og hvilken hensikt bygget har [27]. Optimal funksjonalitet uttrykkes gjennom i hvilken grad arkitekturen tar hensyn til komfort og sitt formål. Først og fremst skal byggets design formes etter hovedbrukerens ønske, men bør også tilpasses etter involverte interessenter. Byggets komfort baserer seg på i hvilken grad byggets funksjon klarer å tilpasse seg slik at hver bruker kan ta nytte av bygget på samme måte, og i tillegg hvordan bygget tilpasser seg omgivelsene.

Venustas beskriver hvordan byggets skjønnhet uttrykkes [27]. For at et bygg skal oppleves som skjønt eller estetisk, skal arkitekturen være harmonisk og proporsjonalt med omgivelsene, i tillegg til at byggets elementer skal være symmetriske. Vitruvius mener at en bygnings proporsjoner skal baseres på menneskets proporsjoner. Dette ble i senere tid visualisert gjennom Leonardo da Vincis “Homo Vitruvianus”.

3.8.2 Le Corbusiers funksjonalistiske tilpasning til arkitektur

Corbusiers arkitektur brøt med tradisjonelle syn på skjønnhet og funksjon, der skjønnheten til et bygg ble uttrykt gjennom harmoni og elegant utsmykning [25]. Gjennom Le Corbusier sine verk skinner funksjonalisme frem. I arkitektur baserer funksjonalismens prinsipper seg på at arkitekturen skal designes og formes etter byggets funksjon og se bort fra overfladisk utforming [28]. Arkitekturens estetikk skal stamme fra dens effektivitet og enkelhet.

Le Corbusier og maleren Amédée Ozenfant gikk sammen og dannet pursime, som er en dekorativ variant innenfor kunststilen kubisme [29]. Purisme ønsker å fremme det rene og presise med geometriske former, og fremme estetikk gjennom å redusere byggets elementers design ned til de grunnleggende geometriske formene som kuber, linjer og sirkler.

I den oversatte artikkelen “Toward a New Architecture” (1923) står det skrevet sitater fra Le Corbusier som uttrykker hans syn på viktigheten av funksjonalitet [25]. Et av hans mest kjente sitater er “a curved street is a donkey track, a straight street, a road for men”. Første del av sitatet, “a curved street is a donkey track”, referer til eldre buede gater som ofte var en del av dårlig byplanlegging. Le Corbusier mente at disse gatene var ineffektive og upraktiske for den moderne utviklingen av samfunnet. I motsetning mente han at rette gater hadde enkle funksjonelle design som var mer tilrettelagt for utviklingen som foregikk i samfunnet. Bedre synlighet, navigasjon og en mer effektiv trafikkflyt var noen av de funksjonelle fordelene som kom med en rett gate, og derav sitatet “a straight street, a road for men”.

3.8.3 Norberg-Schulz post-modernistiske syn på arkitektur

Christian Norberg-Schulz var en norsk arkitekt og arkitekturteoretiker som, i etterkrigstiden, kom med flere nyskapende tanker om arkitekturens betydning i samfunnet [30]. Norberg-Schulz mente at arkitekturen er en del av et større bilde, hvor stedets ånd og identitet må analyseres og forstås. I tillegg mente han at estetikken til en bygning skulle sanses gjennom opplevelsen av rommet, men også fremme stedets identitet. Designen til byggene istedet for å fokusere på ren funksjonalitet og minimalt materialbruk som modernismen fremmet, skulle bygget designes med detaljer som har hensikten i å gripe oppmerksomheten til brukeren for opplevelsen av stedets helhet. Norberg-Schulz sine teorier om arkitektur ligger parallelt med post-modernismen, og på 1970-tallet stiller han seg positivt til retningen.

3.9. Forbildeprosjekter

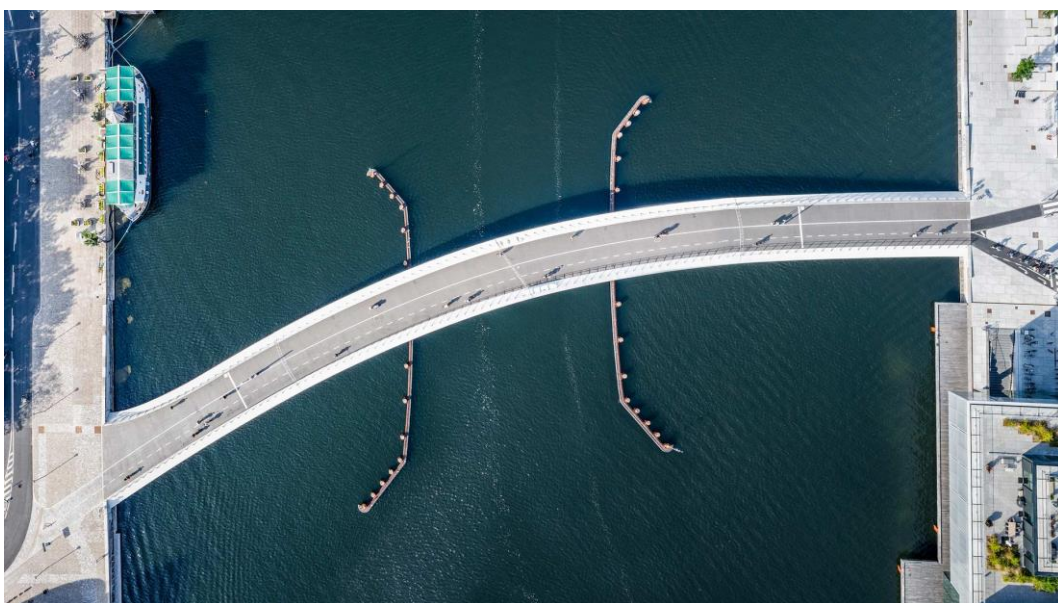
Basert på forbildeprosjekter kan man trekke frem ulike kvaliteter og inspirerende aspekter. De syv forbildeprosjektene som beskrives i dette kapittelet er: Lille Langebro, Cirkelbroen, Christian Quartsbroa, Skansen Svingbro, Adolph Tidemands bro, Håhammeren bro og Friedrich Bayer Bridge.

3.9.1. Lille Langebro

Lille Langebro er en gang- og sykkelbro som har opp imot 10 000 daglige brukere, og har sin hensikt i å knytte sammen sentrum og Christianshavn i København [31]. Prosjektet er designet av WilkinsonEyre og har vunnet flere priser for deres kreative design [32]. Broen er ikke en tradisjonell bro som følger en rett linje, men har en myk kurvatur som gir en behagelig stigning for syklist og fotgjengere [31]. Den er samtidig høy nok til at fritidsbåter og turistbåter kan kjøre under. Når større skip eller seilbåter kommer, kan broen roteres 90 grader, ved to holdepunkter, slik at de kan passere uten problemer.

I dag går havnen i København gjennom en forvandling fra å være industrihavn til å bli en havn med store rekreasjonsområder. Her skal det komme nye kulturtilbud, attraktive boliger og arbeidsplasser, samtidig som at det skal prioriteres veier for fotgjengere og syklist [31]. København kommune hadde en gang- og sykkelbro i kommuneplanen siden 2001, og på grunn av ønsket om utvikling i dette området, ble prosjektet iverksatt i 2014. Lille Langebro er en gave fra Realdania som ønsker å bedre gang- og sykkeltilbudene i København.

Hovedmålet med prosjektet er å gi mer rom for syklist og fotgjengere, men også skape attraktive grøntområder [31]. I tillegg skal det styrke identiteten til området ved å skape et design som glir inn i det historiske området, samtidig som det tar hensyn til miljø- og bærekraftige løsninger. Noen eksempler på konkrete tiltak i prosjektet er: Utvidelse av fotgjenger- og sykkelstier, tilrettelegging av grønt områder langs broen, et design som legger vekt på det estetiske og kreative.



Figur 3-5 Lille Langebro [31]

3.9.2. Cirkelbroen

Cirkelbroen er en gangbro i København som har et roterende element og tillater dermed gjennomseiling for maritim trafikk [33]. Broen ble ferdig konstruert i 2015 og ble designet av Studio Olafur Eliasson. Cirkelbroen strekker seg over en kanal i Christianshavn området som er et travelt område, hvor opp mot 5000 benytter seg av broen daglig. Broens design er slankt og enkelt, og er bygget opp av fem sirkler med ulik størrelse. I tillegg har hver sirkel en mast stikkende opp fra midten. Disse skal representere individuelle båter med seil, noe som fremmer den marinrike fortiden til Christianshavn. Broens sikksakk-design og vide sirkler er i tillegg designet med den hensikt å senke farten til trafikantene og gi dem muligheten til å stoppe opp og ta inn atmosfæren og utsikten.



Figur 3-6 Cirkelbroen i København [33]

3.9.3. Christian Quartsbroa

Christian Quartbroa er en gang- og sykkelbro som strekker seg fra Kvadraturen over til Lund, i Kristiansand. Broen er en statisk betongbro som har en bredde på 4 meter, og blir dermed sett på som slank og enkel. Broen er imøtekommende med en halvsirkel av betong på hver sin ende, som trekker besøkende inn på broen. Rekkverket til broen er delt opp i to nivåer. Det første håndtaket på rekkverket ligger på 90 centimeter fra bakken til toppen av håndtaket. Det andre håndtaket ligger 120 centimeter fra bakken. Under de nederste håndtakene strekker det seg LED-striper som lyser opp passasjen over hele broen. Det er også plassert lyskastere rundt hvert bærende element ved vannet for å tydeliggjøre disse for gjennomseilende båter på kvelden.



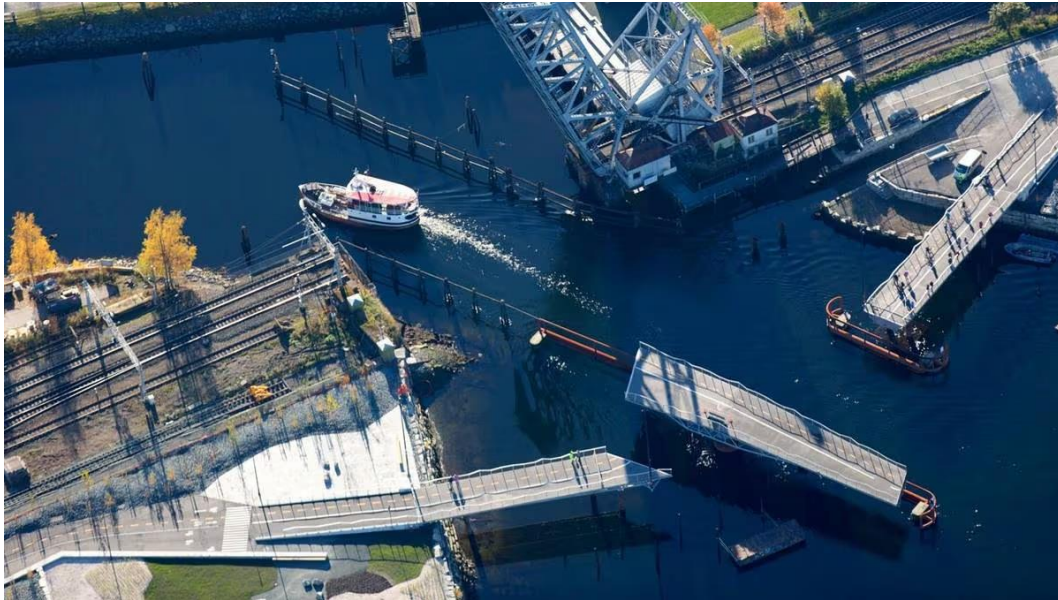
Figur 3-7 Christian Quartsbroa [3]

3.9.4. Skansen Svingbro

Langs Nordre avlastningsvei på Brattøra og i Ila, Trondheim, ble det mellom 2012 og 2014 bygget en gang- og sykkelbro. Oppdragsgiveren var Statens vegvesen som ønsket en gang- og sykkelbro med mulighet til å svinge seg åpen for båttrafikk. Broen er cirka 5 meter bred og har et buet design som strekker seg over 100 meter. Svingbroen åpner for maritim trafikk inn og ut av Skansen cirka 1500 ganger i året [34].

Svingbrua på Skansen er den første brokonstruksjonen i Norge til å ta i bruk svingmekanisme [34]. Den midterste delen av broen, som er konstruert på en roterende stolpe, svinger seg 90 grader og åpner opp på begge sidene av midten. På den ene siden gir broen en åpen passasje på 20 meter. Broens mekanisme fungerer parallelt med jernbane klaffebrua slik at begge åpnes for trafikk inn og ut av kanalen samtidig. Svingbrua har en horisontal underside som har lik fri høyde som klaffebrua.

Broens design prøver bevisst å gjemme seg vekk i landskapet rundt ved å utnytte en tynn konstruksjon som bæres av stolpeelementer. Helningen til broen er slak og tilpasser seg universell utforming som optimaliserer broens funksjon som gang- og sykkelbro.



Figur 3-8 Skansen svingbro [35]

3.9.5. Adolph Tidemands bro

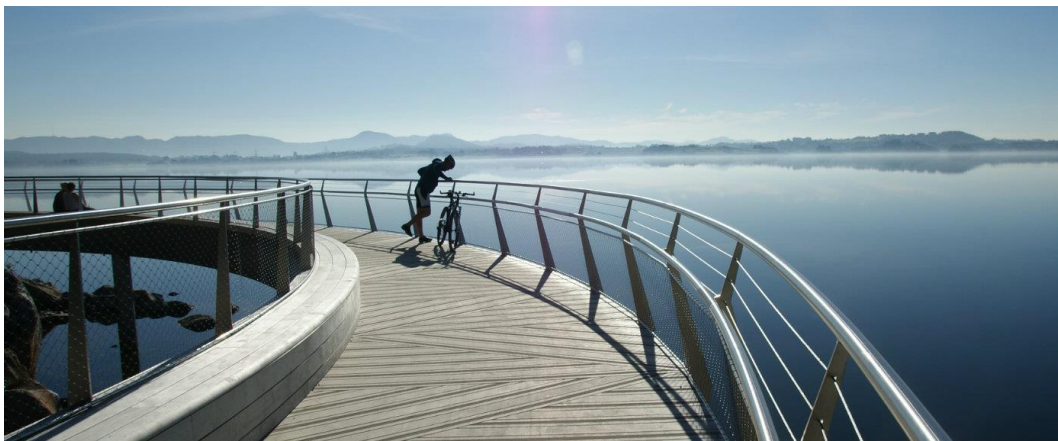
Adolph Tidemands bro er en gang- og sykkelbro som krysser elva Marna fra Bryggegate i Mandal sentrum, og over til Buen kulturhus. Midt på broen er det et tilrettelagt rekreasjonsområde hvor man kan se utover vannet, uten å være i veien for trafikkflyten over broen. Formålet med broen er å kunne ha gjennomgående båttrafikk for båter med en høyde over 3,5 meter, og designet inkluderer derfor en åpne/lukke mekanisme [36]. I dette tilfellet er det en broklaff som løftes i vertikal retning plassert rundt midtpunktet i elva. Av sikkerhetsmessige årsaker er det to tilsynspersoner involvert i åpning og lukking av klaffen. En fra Mandal Parkering, og en havnevert som skal passe på at folk ikke kommer i kontakt med klaffen under åpning og lukking. Broen åpnes på forespørsel fra gjennomseilende, som må bestille åpning en dag i forkant. Prisen varierer ut ifra tidspunkt på døgnet og ligger på mellom 1000-2000 kr. Det er også satt opp faste tidspunkt hvor klaffen er åpen for gjennomseilende.



Figur 3-9 Adolph Tidemands bro [37]

3.9.6. Håhammeren bro

Håhammeren er en slank og buet gangbro som forlenger en populær tursti i Stavanger [38]. Broen og turstien var konstruert og ferdigstilt, av Multiconsult, i midten av 2016. Broen stikker opp og ut av fjellsiden som gir følelsen av at den svever over fjorden. Broens rekkverk er designet i syrefast stål, og på siden fra fjellveggen er det integrert sittebenker. Broen gir turgåere mulighet til å sitte langs fjellveggen og nyte utsikten utover fjorden.



Figur 3-10 Håhammeren [38]

3.9.7. Friedrich Bayer Bridge

I Sao Paulo, Brazil, ligger Friedrich Bayer Bridge [39]. Dette er en av få gang- og sykkelbroer i byen Sao Paulo. Broen er designet av LoebCapote Arquitetura e Urbanismo og er en slank svingbro som kan åpnes og lukkes for gjennomseiling av båter. Broen strekker deg i en rett linje, og består av to sirkulære metalløyer på hver side av kanalen. Disse er dekket av gress og vegetasjon og har som funksjon å være bærende elementer for den 90 meter lange broen. Den har muligheten til å dele seg i midten og rotere med samme dreieretning. Dreiepunktet og de elektroniske motorene befinner seg i midten av hver sin metalløy. Sett ovenfra, består broen av grønne sirkler som flyter på vannoverflaten. Dette kan ligne på vannliljer, noe som har vært en inspirasjon for designet.



Figur 3-11 Friedrich Bayer Bridge [39]

4. Forskerspørsmål

Forskerspørsmålet er formulert for å lede og veilede arbeid, som en rød tråd, gjennom hele forskningsprosessen. Denne bacheloroppgaven har som mål å besvare følgende forskerspørsmål:

På hvilken måte bør en gangbro fra Lagmannsholmen til Odderøya i Kristiansand utformes?

For å utforske og besvare forskerspørsmålet er det formulert delmål som vil bidra til å bygge opp under forskerspørsmålet. Følgende delmål er satt:

- Identifisere krav og ønsker til aktuelle interessenter
- Finne relevante forbildeprosjekter og hente inspirasjon fra dem
- Undersøke lokale forhold og omgivelser
- Lage og vurdere ulike alternativer til brotype og utforming av bro
- Illustrere bro og detaljer med 3D-illustrasjoner

4.1. Avgrensninger

Et broprosjekt er omfattende og kan inkludere mange elementer og aspekter som kan betraktes. For å oppnå tilstrekkelig fokus og grundig utforskning av ønskede temaer er det satt noen avgrensninger for oppgavens omfang. Avgrensningene er i samsvar med ønsker fra Kristiansand kommune og veileder. Disse avgrensningene blir ikke direkte betraktet og påvirker heller ikke resultatet i oppgaven. Følgende avgrensninger er satt:

- Dimensjonering av last og bæreevne for brokonstruksjon
- Materialvalg for brokonstruksjonen
- Økonomi
- Frakt og montering av broen
- Broens klimagassutslipp

5. Case/Materialer

I dette kapittelet presenteres først casen til oppgaven, samt analyser som danner grunnlaget for utviklingen av prosjektet. Videre presenteres materialer som er brukt i gjennomføringen av oppgaven.

5.1. Case

I casen beskrives utgangspunktet for oppgaven, inkludert et illustrerende bilde av området. Vi presenterer også Kristiansand Kommunes ønsker og krav til oppgaven, da de er vår oppdragsgiver. Casen tar også for seg omfattende analyser, som inkluderer et Power/interest-diagram, en tabell med krav og ønsker, analyse av forbildeprosjekter og en stedsanalyse. Disse analysene danner grunnlaget for videre arbeid og utvikling av prosjektet.

5.1.1. Utgangspunkt for oppgaven

Denne oppgaven tar for seg utformingen av en gangbro som skal forbinde Odderøya med Lagmannsholmen i Kristiansand. Som en del av fornyelsen av Lagmannsholmen har Kristiansand kommune, vår oppdragsgiver, identifisert et behov for en gangbro som vil fungere som en viktig forbindelse mellom disse to områdene. Broen skal strekke seg fra mellom Kilden og Kunst-siloen på Odderøya til sørøst-delen av Lagmannsholmen. Figur 5-1 illustrer det aktuelle området med Lagmannsholmen til venstre og Odderøya til høyre.



Figur 5-1 Aktuelt område for implementasjon av gangbro [3] [4]

Kristiansand kommune har bedt om forslag til utforming av gangbroen og brodesign, med spesifikk instruksjon om å utelate hensyn til dimensjonering av last og bæreevne. Oppmerksomheten er derfor rettet mot hvordan broens silhuett vil se ut. Hovedfokuset i denne oppgaven er broens utforming, med spesiell vekt på funksjonalitet, estetikk og integrasjon i det omkringliggende miljøet. Kristiansand kommune ber spesifikt om en gangbro utelukkende for myke trafikanter. Broen må samtidig oppfylle kravene til universell utforming for å sikre trygg ferdsel for disse trafikantene. Oppgaven skal vurdere detaljer som rekkverk, stigning og høyder knyttet til broen. Kommunen ønsker at ulike designalternativer for broen skal utforskes, med inspirasjon fra forbildeprosjekter, særlig fra København.

I tillegg til selve designprosessen, vil oppgaven også involvere identifisering av relevante interessenter og kartlegging av deres krav og ønsker. Dette er viktig for å tilpasse broen etter deres behov og interesser. Gjennom grundig utforskning av ulike broalternativer og designkonsepter, er målet å velge den mest passende løsningen for dette spesifikke området. Dette bidrar til å sikre at broen ikke bare oppfyller de nødvendige funksjonelle kravene, men også at den blir integrert i det lokale miljøet.

5.1.2. Power/interest - diagram

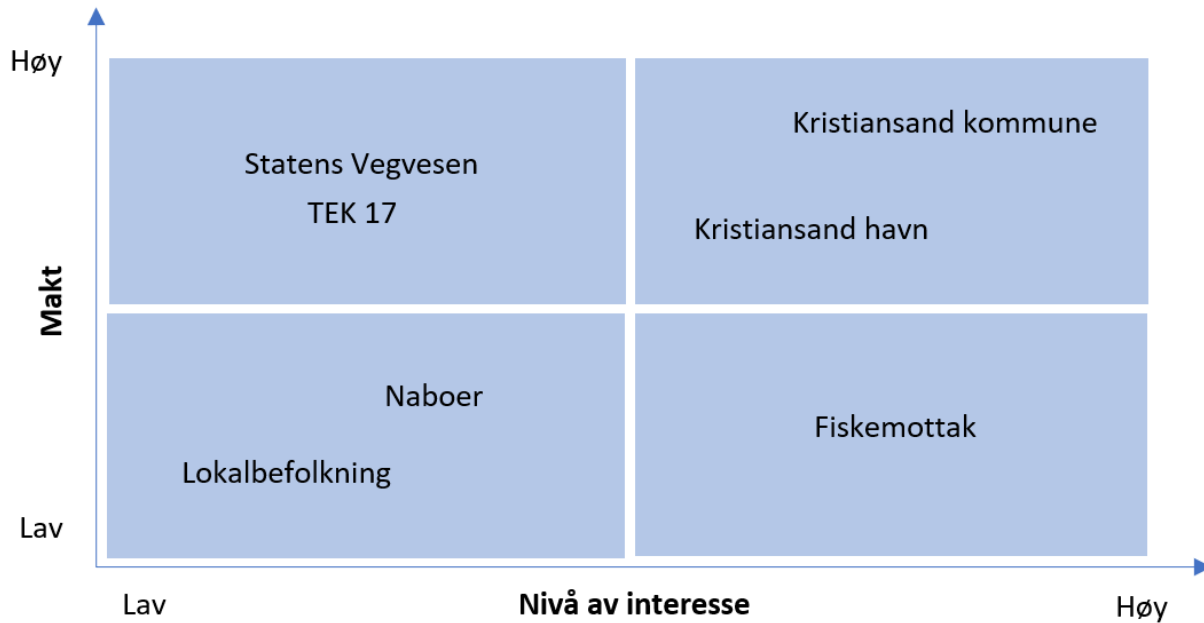
Gjennom et Power/interest-diagram, som oversatt til norsk er makt/interesse-diagram, identifiseres interessentene og deres posisjon i forhold til makt og nivå av interesse [40]. Kristiansand kommune og Kristiansand havn fremstår som de mest innflytelsesrike interessentene, med høy grad av makt og interesse. Som oppdragsgiver for prosjektet, er Kristiansand kommune sentral for planleggingen og gjennomføringen av broen. Samtidig har Kristiansand havn overordnet ansvar for havneinfrastrukturen der broen skal bygges, og deres krav og behov må tas i betraktning.

Statens vegvesen representerer en annen viktig interessent med betydelig makt på grunn av sine nasjonale krav og retningslinjer for brokonstruksjon. Statens vegvesen viser ikke like høy interesse i prosjektet som Kristiansand kommune og Kristiansand havn, men det er viktig å følge deres krav for utforming fra de tekniske håndbøkene.

Byggeteknisk forskrift, TEK 17, likestilles med Statens vegvesen da de presenterer krav og grenser knyttet til byggverk. Ved å følge TEK 17s retningslinjer sikrer man et prosjekt som er i samsvar med plan- og bygningslovgivningen [41].

Fiskemottaket er en interessent med høyt nivå av interesse, da broprosjektet vil ha betydelig innvirkning på tilgangen til mottaket for fiskebåtene. Selv om de kanskje ikke har like mye makt som andre interessenter, er det avgjørende å tilfredsstille deres behov for å sikre en vellykket gjennomføring av prosjektet.

Naboer og lokalbefolkningen er også interessenter som må tas hensyn til. Disse har ikke like stor grad av makt og interesse som andre aktører, men der er likevel viktig å vurdere deres synspunkter selv om de ikke har noen direkte påvirkning på utformingen av broen.



Figur 5-2 Power/interest-diagram [3]

Samlet sett illustrerer Power/interest-diagrammet dynamikken mellom de ulike interessentene og deres innflytelse på prosjektet. Basert på diagrammet kan man si at Kristiansand kommune og Kristiansand havn er nøkkelspillere for prosjektet. Fiskemottaket er en viktig interessent, og selv om de ikke har direkte makt i utførelsen er det viktig å holde dem informert gjennom prosessen. Statens vegvesens håndbøker og TEK 17 må følges for å sikre et vellykket prosjekt. Naboer og lokalbefolkning har lavest viktighet men bør overvåkes. Kommunikasjon, samarbeid og evnen til å balansere ulike interessenters krav er avgjørende for å oppnå et vellykket prosjekt.

5.1.3. Krav og ønsker

For å optimalisere utformingen av broen på rette premisser, er det utarbeidet en tabell som systematisk organiserer alle krav og ønsker fra de ulike interessentene. Disse interessene er kategorisert som enten "Krav" eller "Ønske" i Tabell 5-1.

Kravene og ønskene fra Kristiansand kommune ble identifisert gjennom et nært samarbeid, da de fungerer som veiledere og oppdragsgivere for prosjektet. Videre har vi etablert kontakt med Kristiansand havn via en kontaktperson som ble formidlet av kommunen, og vi har kartlagt deres spesifikke interesser. For å sikre at prosjektet møter relevante standarder og retningslinjer, har vi benyttet oss av Statens vegvesens håndbøker og TEK 17 for å fastsette passende krav i samsvar med plan- og bygningslovgivningen.

Gjennom et intervju med en representant fra fiskemottaket har vi innhentet deres krav og ønsker til prosjektet. Videre har deltakelse på konferanse om Lagmannsholmen, se *Vedlegg 1* for deltagerliste, gitt oss verdifull innsikt i lokalsamfunnets og naboers synspunkter og ønsker for prosjektet. Synspunkter fra konferansen er dokumentert i *Vedlegg 2*. Dette har bidratt til å sikre at våre planer er i tråd med de lokale behovene og forventningene.

Tabell 5-1 Krav og ønsker fra ulike interessenter [3]

Interessenter:	Interesser:	Type:
Kristiansand kommune	Tilrettelegges for gjennomseiling av fiskebåter	Krav
	Universell utforming	Krav
	Helårsbruk	Krav
	Sikkerhetstiltak	Krav
	Maksimum stigning på 4%	Ønske
	Lite vedlikehold og drift	Ønske
	Minimere potensiell fallhøyde	Ønske
	Tilpasset til omgivelser	Ønske
	Maritimt industripreg	Ønske
	Enkel silhuett	Ønske
	Hente inspirasjon fra forbildeprosjekter i København	Ønske
Kristiansand havn	Ikke lavere friseilingshøyde enn laveste bro i kanalen (2,5 m)	Krav
	Økt friseilingshøyde i forhold til andre borer i kanalen	Ønske
Statens vegvesen	Brobredde minimum 3 m [20]	Krav
	Rekkverk høyde 1,2 m [21]	Krav
	Ikke klatrevennlig rekkverk [21]	Krav
	Maksimum 120 mm mellom horisontale eller vertikale elementer mellom stolper	Krav
	Minst 2,5 meter bredde for å gi plass til maskinell snørydding [20]	
	Stigning maksimum 5% (fra 3-35 m) [20]	Krav
TEK 17	Platå på 1,5 m etter hver meter vertikalt [42]	Krav
Fiskemottak	Ikke hindre fiskebåters tilgang til fiskemottak	Krav
	Fiskebåter må kunne legges til kai 1-10 ganger per dag	Krav
	Minimum størrelse på fiskebåt som må kunne passere er opp til 100 fot lang, opptil 9 m bred og opp til 15 m høy	Krav
	Ikke flytte fiskemottak	Ønske
	Ikke skape unødvendige forstyrrelser	Ønske
Lokalbefolkning	Lik tilgang for fritidsbåter inn til Fiskebrygga	Ønske
	Rekreasjonsmuligheter	Ønske
	Universell utforming	Ønske
	Estetisk pent	Ønske
	X-faktor på broen	Ønske
Naboer	Hindre minst mulig utsikt	Ønske
	Rekreasjonsmuligheter	Ønske
	Estetisk pent	Ønske

Tabellen gir en god oversikt over relevante interesser for det aktuelle prosjektet. For å sikre et vellykket prosjekt er det viktig å tilfredsstille interessentenes krav og ønsker på best mulig måte.

5.1.4. Analyse av forbildeprosjekter

I analysen er det utarbeidet en tabell som tar for seg ulike designstrategier og kvaliteter i forhold til utformingen av de syv forbildeprosjektene: Lille Langebro, Cirkelbroen, Christian Quartsbroa, Skansen Svingbro, Adolph Tidemands bro, Håhammeren bro og Friedrich Bayer Bridge. Disse broene er valgt på grunn av deres varierte bakgrunn og de ulike kvaliteter og funksjoner de representerer. Formålet med tabellen var å identifisere og forklare ulike kvaliteter og aspekter fra de forskjellige forbildeprosjektene.

Tabellen gir en systematisk oversikt over ulike karakteristiske trekk fra forbildeprosjektene som er relevante for broutforming. Hvert prosjekt blir nøye undersøkt for å trekke ut spesifikke egenskaper og designelementer som kan være relevante for vår egen bro.

Tabell 5-2 Analyse av forbildeprosjekter [3]

Forbildeprosjekter:	Karakteristikk:	Effekt:
Lille Langebro	Buet form	En buet form på broen skiller seg ut fra en tradisjonell lineær bro, og kan betraktes som unik og attraktiv. Den buede profilen kan gi en følelse av bevegelse og flyt.
	Knytter sammen by og et gammelt havneområde som er omgjort til et "kultursentrum"	Enklere og innbydende overgang til det som kalles "kultursentrum" i København.
	Svingbro	Svingbroen har en åpne/lukke-mekanisme som skaper rom for gjennomseiling for maritim trafikk.
Cirkelbroen	Sirkel-former	Broen er satt sammen av sirkel-formede elementer. Dette skaper en X-faktor på broen samtidig som at sirklene danner et område som kan brukes til rekreasjon, eller som et vente-område ved åpning og lukking av broen.
	Sikksakk-design	Den unike sikksakk-formen kan skape økt oppmerksomhet rundt broen. Skarpe svinger på en sikksakk-bro, kan føre til redusert hastighet.
	Slank silhuett	En slank silhuett reduserer broen sin visuelle påvirkning på omgivelsene. Kan også være visuelt tiltalende og harmonisere bedre med omgivelsene enn en massiv struktur.

	Svingbro	Svingbroen har en åpne/lukke-mekanisme som skaper rom for gjennomseiling for maritim trafikk.
Christian Quartsbroa	LED-lys under håndlist	Lyser opp broen både på og utenifra, gjør det lettere å se broen i mørket og lyser opp konstruksjonen.
	Slank silhuett	En slank silhuett reduserer broen sin visuelle påvirkning på omgivelsene. Kan også være visuelt tiltalende og harmonisere bedre med omgivelsene enn en massiv struktur.
	Rett linje	Krysser over elva i en lineær linje som skaper et enkelt og effektivt design.
Skansen Svingbro	Buet form	Broen er satt sammen av flere rette deler som sammen og skaper en buet form. En buet form på broen skiller seg ut fra en tradisjonell lineær bro, og kan betraktes som unik og attraktiv. Den buede profilen kan gi en følelse av bevegelse og flyt.
	Svingbro	Svingbroen har en åpne/lukke-mekanisme som skaper rom for gjennomseiling for maritim trafikk.
Adolph Tidemands bro	Utsiktsplass på broen	Et sted man kan stoppe opp for å se på utsikten uten å være i veien for trafikkflyten over broen, samt et sted hvor man kan vente når broen er åpen.
	Knytter sammen by og kulturhus	Enklere tilgang til kulturhus, som skaper en innbydende passasje.
	Klaffebro	Klaffebro har en åpne/lukke-mekanisme som skaper rom for gjennomseiling for maritim trafikk.
Håhammeren bro	Rekkverk	Åpent, men sikkert rekkverk som en kan se gjennom mens en sitter på broen. Dette gjør at man kan nyte utsikten og samtidig som rekkverket sikrer trygge omgivelser på broen. Flettverksgjerdet i stål skaper et maritimt industripreg.
	Slank silhuett	En slank silhuett reduserer broen sin visuelle påvirkning på omgivelsene. Kan også være visuelt tiltalende og harmonisere bedre med omgivelsene enn en massiv struktur.

	Buet	En buet form på broen skiller seg ut fra en tradisjonell lineær bro, og kan betraktes som unik og attraktiv. Den buede profilen kan gi en følelse av bevegelse og flyt.
Friedrich Bayer Bridge	Sirkeløy	Åpne/lukke-mekanisme foregår på en sirkeløy. Sirkeløyen er et sirkel-formet element med en søyle i midten som er festet i havbunnen under broen. Sirkeløyen skaper en X-faktor for broen og et areal i sirkelen som kan brukes til noe annet enn gangvei.
	Rett linje	Krysser over elva i en rett linje som skaper et enkelt og effektivt design.
	Slank silhuett	En slank silhuett reduserer broens visuelle påvirkning på omgivelsene. Kan også være visuelt tiltalende og harmonisere bedre med omgivelsene enn en massiv struktur.
	Svingbro	Svingbroen har en åpne/lukke-mekanisme som skaper rom for gjennomseiling for maritim trafikk.

Ved å analysere disse kvalitetene og strategiene på tvers av forbildeprosjektene, kunne vi identifisere hvilke som var mest relevante og ønskelige for vår egen bro. Dette dannet grunnlaget for utviklingen av våre egne designforslag, der vi ønsket å integrere og optimalisere disse kvalitetene.

Denne tilnærmingen sikret at våre designforslag ikke bare var inspirert av, men også bygget videre på de beste elementene fra de forskjellige forbildeprosjektene. På denne måten kunne vi skape et design som var funksjonelt og estetisk tiltalende, men også unikt tilpasset våre spesifikke behov og ønsker.

5.1.5. Stedsanalyse

Ved å gjennomføre en stedsanalyse legger vi grunnlaget for å vurdere hvordan broen kan tilpasses det spesifikke området og identifisere faktorer som kan påvirke broens utforming. Stedsanalysen gjennomføres for planlagt plassering av bro, som er plassert mellom byggene Kilden og Kunstsilo på Odderøya, og over til sørøst-delen av Lagmannsholmen.

Odderøya har en utbredt militærhistorie [43]. Her ligger det igjen gamle bunkere, kanon stasjoner og andre minner fra militære perioder. Odderøya er i dag dekket av turstier og andre aktiviteter som Klatresenter, teater og konserthus, kunstmuseum, kulturskole og barnehage. I nyere tid har det kommet flere boliger til Odderøya gjennom prosjektet "Kanalbyen" [44]. Det er ikke planlagt mye

endringer på Odderøya, bortsett fra utviklingen av Kanalbyen, og det skal fortsette å fungere som et kultursenter for Kristiansand.

Lagmannsholmen blir hovedsakelig brukt som en container- og cruiseskiphavn, men består også av et trafikkert fiskemottak [1]. I tillegg kan man finne det historiske Krutthuset, som ble plassert på Lagmannsholmen som en forsikring for at Kvadraturen ikke skulle bli påvirket om Krutthuset skulle eksplodere. Som en del av utviklingen av Kristiansand by, er det tiltenkt store planer for Lagmannsholmen. Oppbevaringen av alle containere skal flyttes, og etterlater seg dermed mye bruksareal. Dette kan bli brukt til boliger, parker og andre offentlige tilbud som allerede er planlagt for den nye Lagmannsholmen. Identiteten til Lagmannsholmen skal skapes gjennom fokuset på kultur, arkitektur og kunst.

Figur 5-3 viser et aktuelt kart over Kristiansand som inkluderer Lagmannsholmen, Odderøya og tiltenkt broplassering. Kartet viser også lokasjon til omkringliggende bygninger, inkludert fiskemottak, Kilden og Kunstsilo, som er viktige i planleggingen av broen [1]. Disse bygningene er markert i blå. I figuren er Lagmannsholmen markert i gul, og Odderøya markert i grønn. Det området som er markert med lilla viser tiltenkt plassering av bro. Kanalen som ligger mellom disse markerte områdene, heter Gravanekanalen.



Figur 5-3 Kart over planlagt broplasseringen (markert i lilla) i forhold til eksisterende område [3] [45].

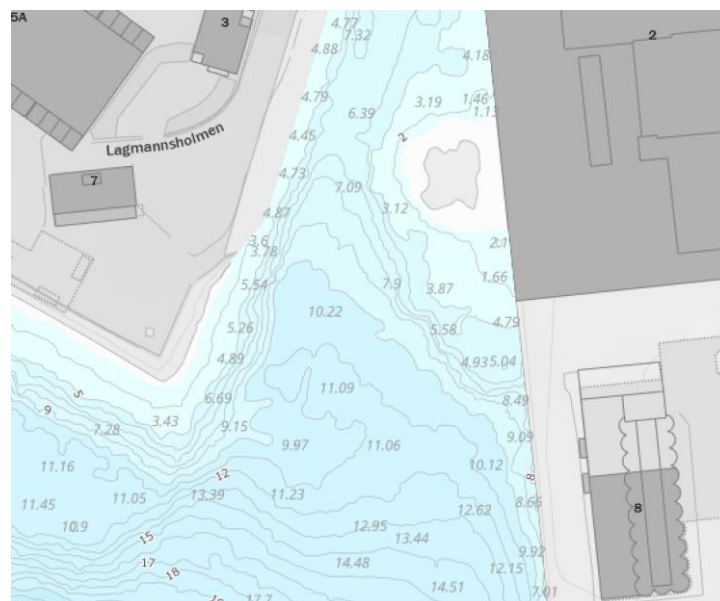
Kaifrontene på Lagmannsholmen og Odderøya har ulik høyde. Sjøkart viser at kaifronten på Odderøya ligger på 2,3 meter over havet, mens kaifronten på Lagmannsholmen er 1,6 meter over havet [46].

Figur 5-4 viser et utsnitt over Lagmannsholmen og Kilden, der store deler av området er markert i blå. Den blå fargen representerer grunnforhold bestående av marin leire [47].



Figur 5-4 Kart over marinleire som grunnforhold ved tiltenkt broplassering (markert i blå) [47]

I Figur 5-5 er topografien til havbunnen illustrert med isolinjer for å vise endring i terrenget [48]. Figuren viser at det er dypest på vestsiden av kanalen, hvor det er omtrent 10 meter opp til havoverflaten fra havbunnen. I tillegg er det en brå stigning av havbunnen ved Lagmannsholmen, og på motsatt side er det en slak stigning opp mot Odderøya.



Figur 5-5 Topografi til havgrunnen [46]

I Gravanekanalen ved broplasseringen ligger det et skjær, som vist i Figur 5-5. På skjæret er det plassert to skulpturer. Den ene er kalt Danseren og er 10,7 meter høy bevegelig skulptur [49]. Ved siden av Danseren ligger havfrueskulpturen Kaja.



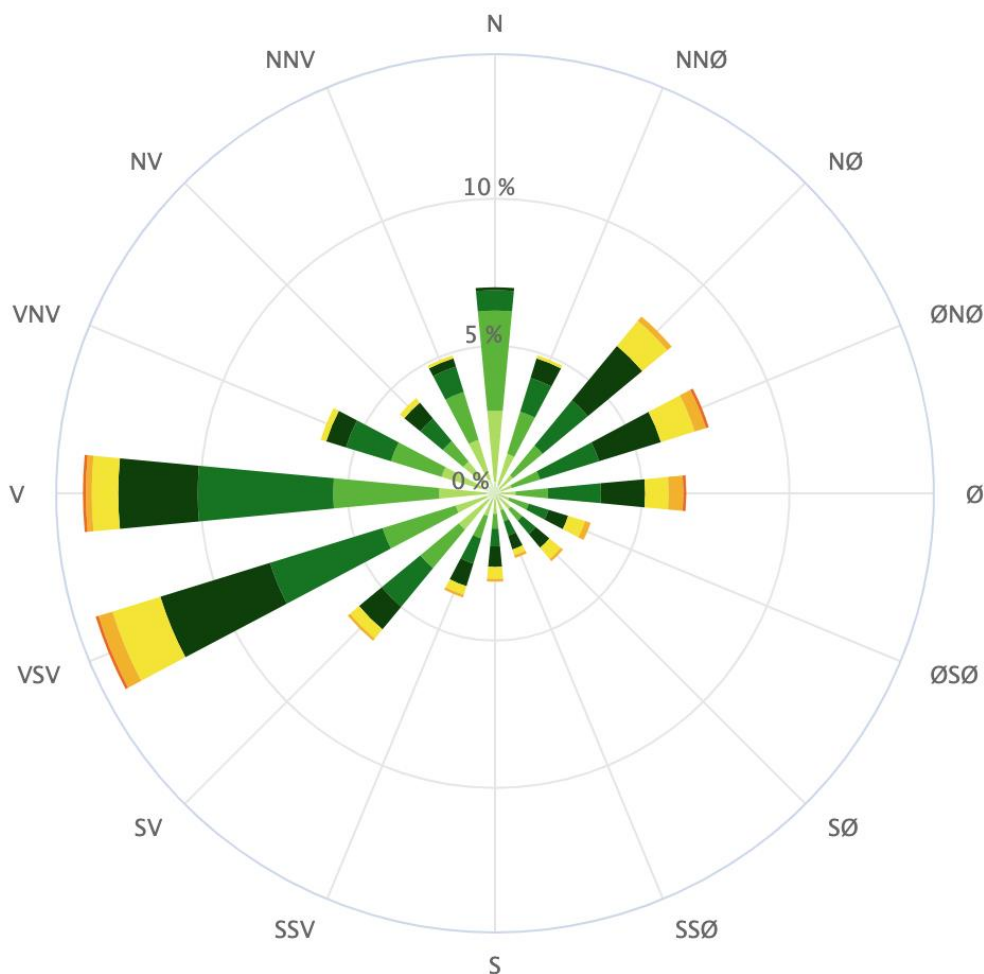
Figur 5-6 Bilde av skjæret i kanalen [3]

For å finne de lokale værholdene er det brukt data fra Norsk Klimaservicesenter, som gjennomfører vindanalyser på utvalgte områder. Med tanke på det aktuelle område for plassering av bro, er Oksøy fyr det nærmeste senteret for vindanalyse. Figur 5-7 viser hvor Oksøy er lokalisert i forhold til området rundt plassering av bro. Her er de aktuelle områdene illustrert med blå og beskrivende tekst.



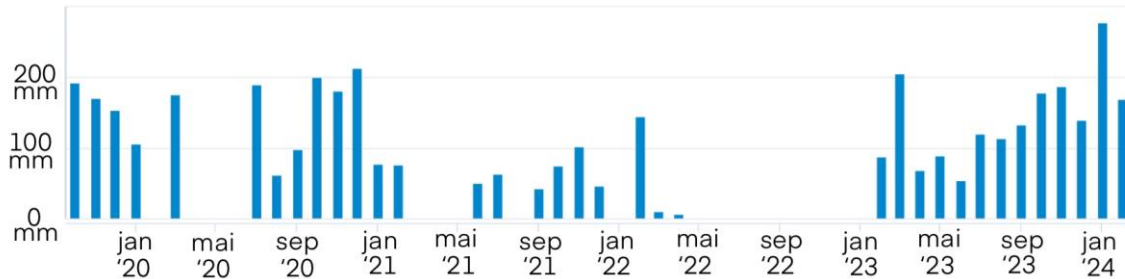
Figur 5-7. Kart over Oksøy i forhold til broplasseringen (Markert i blå) [3] [45]

På Oksøy gjøres det regelmessige målinger av de lokale vindforholdene. Det er samlet målinger i perioden februar 2014 til februar 2024. Disse målingene blir presentert i en vindrose, som viser mengden vind i prosent i de ulike retningene, nord, sør, øst og vest, samt styrken på vinden. Vindstyrken graderes med ulik farge, hvor lys grønn viser lavest, og rød viser sterkest vindstyrke. Figur 5-8 viser at majoriteten av vindstyrken ligger på “læber bris” som har en styrke mellom 5,5 til 7,9 meter per sekund [50]. Det er observert at vinden i området kan nå styrken “Sterk kuling”, som ligger mellom 17,2 til 20,7 meter per sekund. Vinden blåser hovedsakelig fra vest og sørvest.



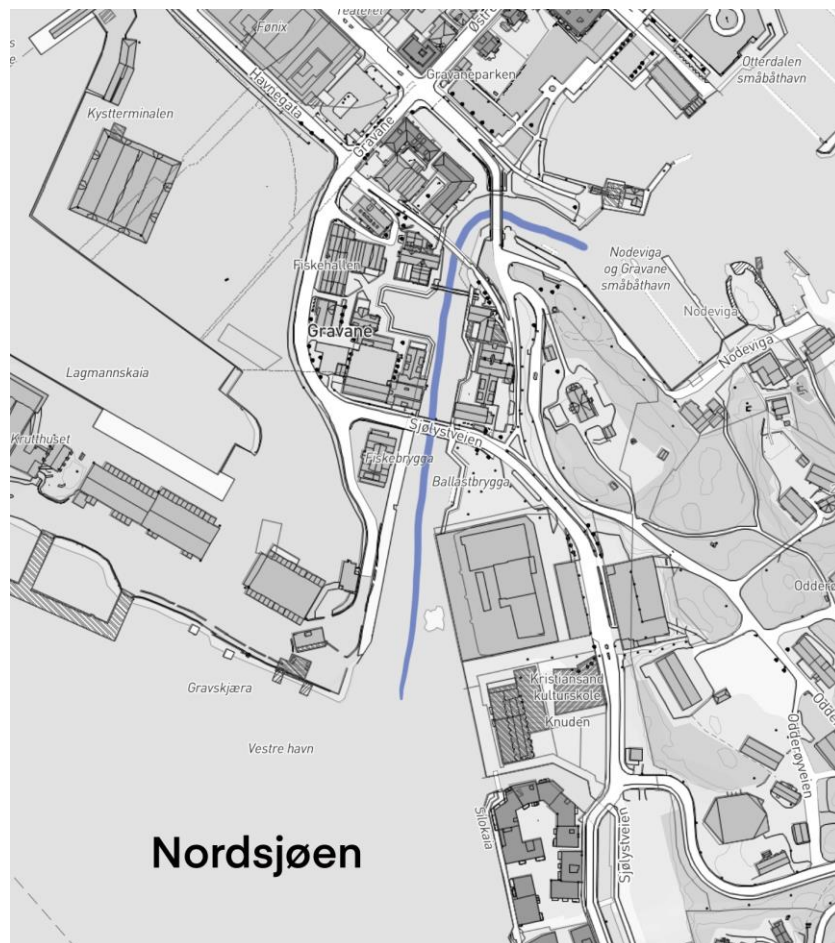
Figur 5-8 Vindrose for Oksøy Fyr i perioden februar 2014 til februar 2024 [50]

For Kvadraturen, i Kristiansand, har Norsk Klimaservicesenter regelmessige observasjoner for nedbør [51]. Figur 5-9 viser månedlig nedbør over en periode på 4 år. Her kan man se en ujevn mengde nedbør over 4-års perioden, hvor den største mengden nedbør var i januar 2024 med totalt 280 millimeter.



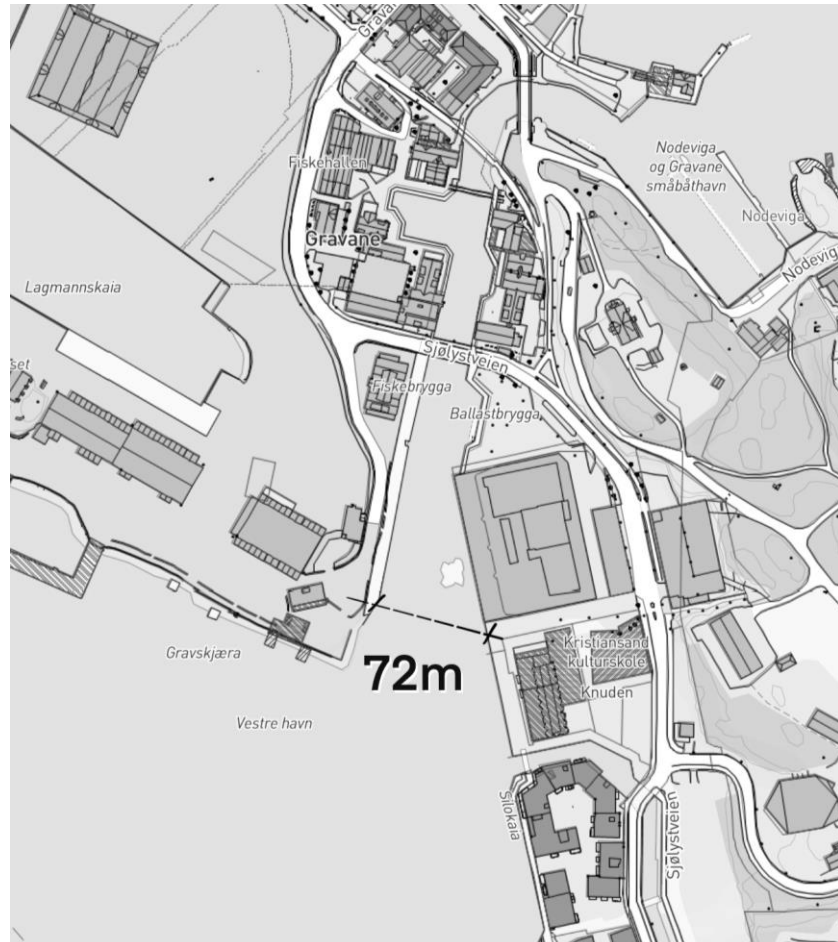
Figur 5-9 Månedlig nedbør over en 4-års periode i Kvadraturen [51]

Ettersom at Kristiansand er en kystby, og det aktuelle området for plassering av bro krysser over en kanal, vil det være naturlig å se på hydrologi. Vannmassen i kanalen er koblet til Nordsjøen, som dekker hele kysten til Kristiansand. I Figur 5-10 er det tegnet inn en blå linje for å demonstrere hvordan vannet strømmer gjennom kanalen.



Figur 5-10 Viser hvordan vannet strømmer gjennom Gravenekanalen [3] [45]

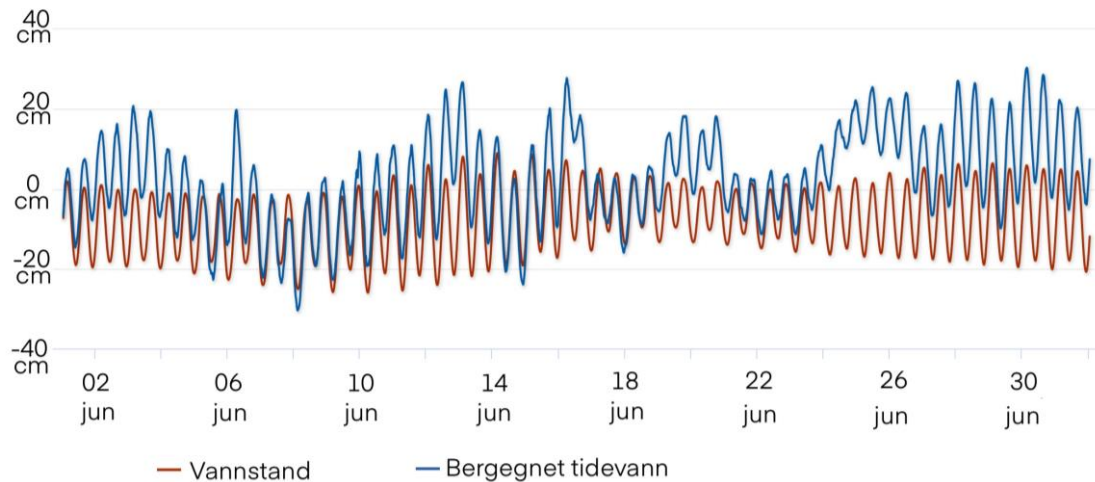
Broen vil krysse Gravanekanalen, fra Lagmannsholmen til Odderøya. Figur 5-11 viser at lengden fra kaifronten på Lagmannsholmen over til kaifronten, mellom Kilden og Kunstsilo, på Odderøya er 72 meter. Dette er basert på måleverktøyet Google Maps.



Figur 5-11 Lengden over Gravanekanalen ved aktuell broplassering [3] [45]

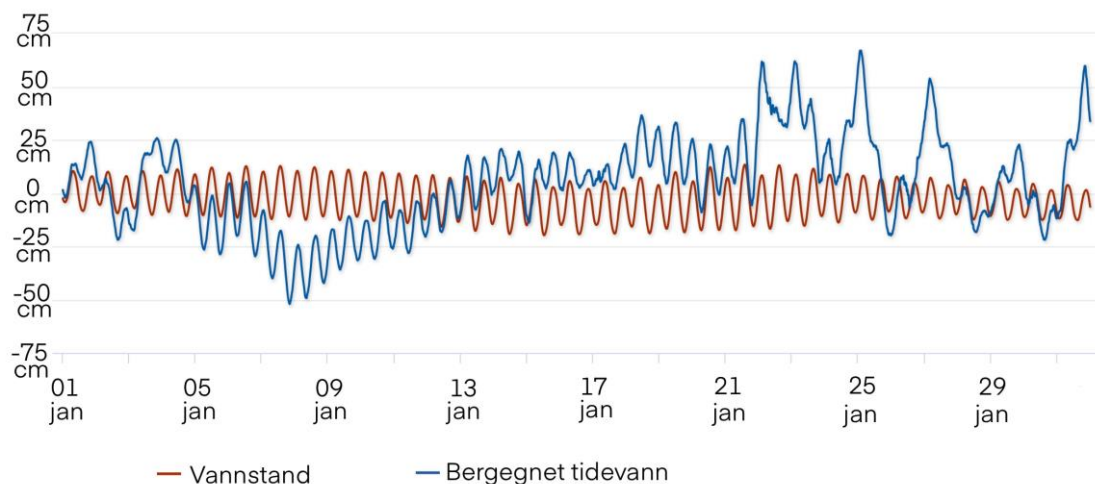
Det tiltenkte området for broplassering vil ikke bli påvirket av flom ettersom at Nordsjøens vannstand ikke påvirkes av nedbør. Havnivået styres av tidskrefter, skapt av månen og sola, og kalles for tidevann. Figur 5-12 og Figur 5-13 viser forskjellen mellom forventet tidevann og målt vannstand ved to forskjellige tider av året, juli 2023 og desember 2024. [52] I begge figurene vises vannstand i blå og beregnet tidevann i rød.

Fra Figur 5-12 kan man se at vannstanden, over perioden 1.juli til 31.juli, er målt til å være mellom +30 centimeter til –30 centimeter, der det beregnede tidevannet holder seg mellom +5 centimeter til –25 centimeter i forhold til normalnullen.



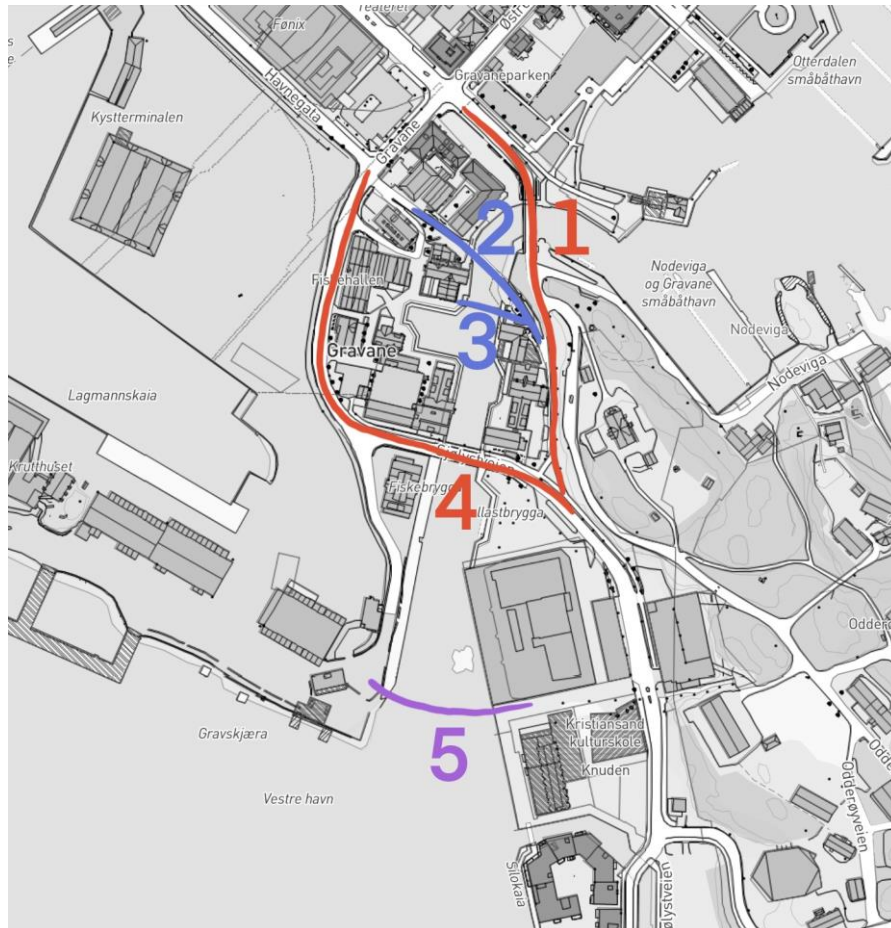
Figur 5-12 Den blå grafen viser vannstand, mens den røde grafen presenterer beregnet tidevann. Begge gjelder for perioden 1.juli til 31.juli 2023 [52]

Fra Figur 5-13 kan man se at vannstanden, over perioden 1.januar til 31.januar 2024, er målt til å være mellom +70 centimeter til –50 centimeter, der det beregnede tidevannet holder seg mellom +20 centimeter til –25 centimeter i forhold til i normalnullen.



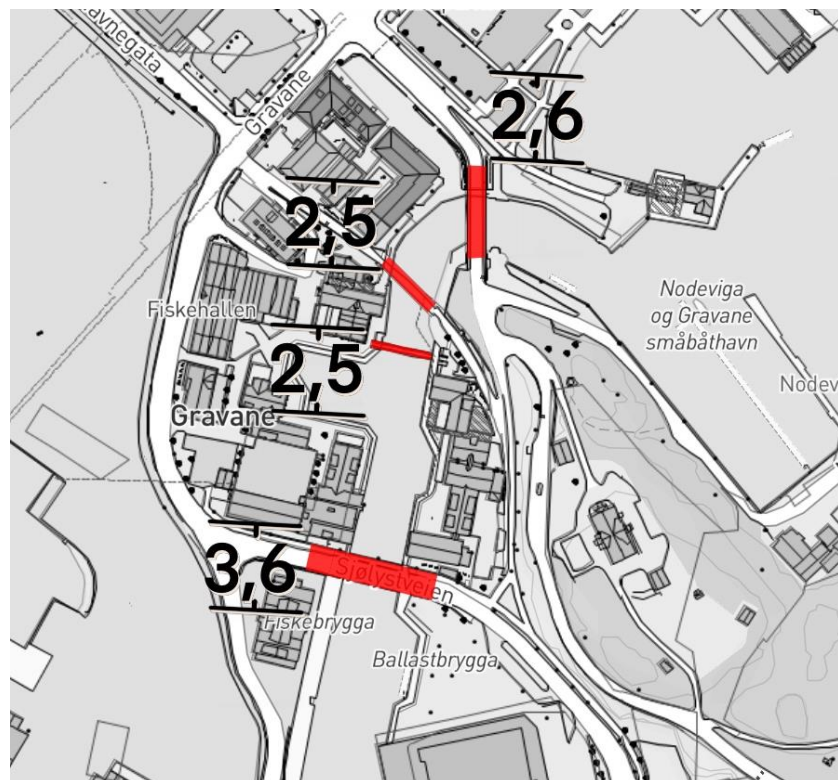
Figur 5-13 Den blå grafen viser vannstand, mens den røde grafen presenterer beregnet tidevann. Begge gjelder for perioden 1.Januar 2024 til 31.Januar 2024 [52]

Figur 5-14 viser eksisterende forbindelser over kanalen for det aktuelle området mellom Lagmannsholmen og sentrum over til Odderøya. Forbindelsene er nummerert og markert i ulike farger ut ifra om det er en gangbro eller bro med bilvei og gangfelt. Gangbroene er nummerert med 2 og 3, og er illustrert med blå farge. De to broene som har bilvei og gangfelt er nummerert med 1 og 4, og er illustrert med rød farge. Bro nummer 5, markert i lilla, er lagt inn for å illustrere den potensielle muligheten for gangbarhet fra Lagmannsholmen over til Odderøya.



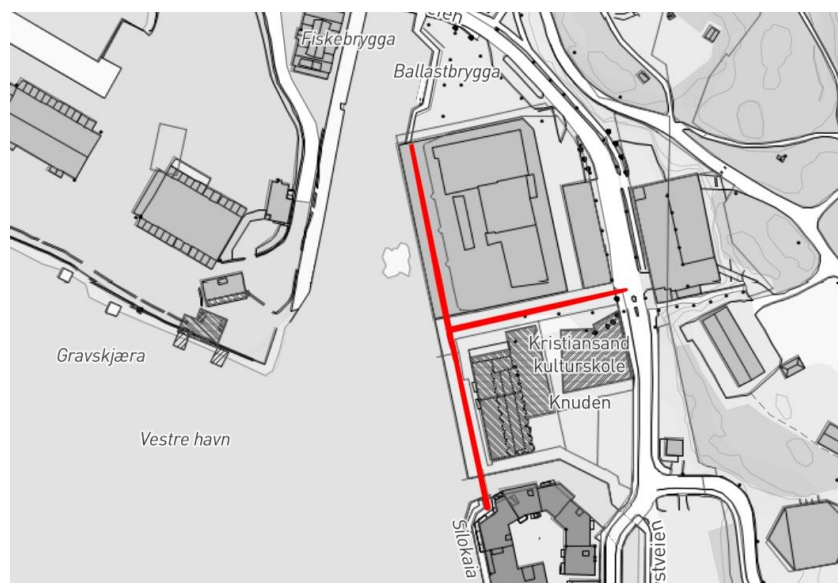
Figur 5-14 Kart med markert gangbarhet mellom Odderøya, Lagmannsholmen og Kvadraturen [3]
[45]

I Figur 5-15 er de eksisterende broene markert i rødt, mens friseilingshøyden, som er hentet fra Norgeskart, er lagt ved siden av broene og oppgitt i meter [46].



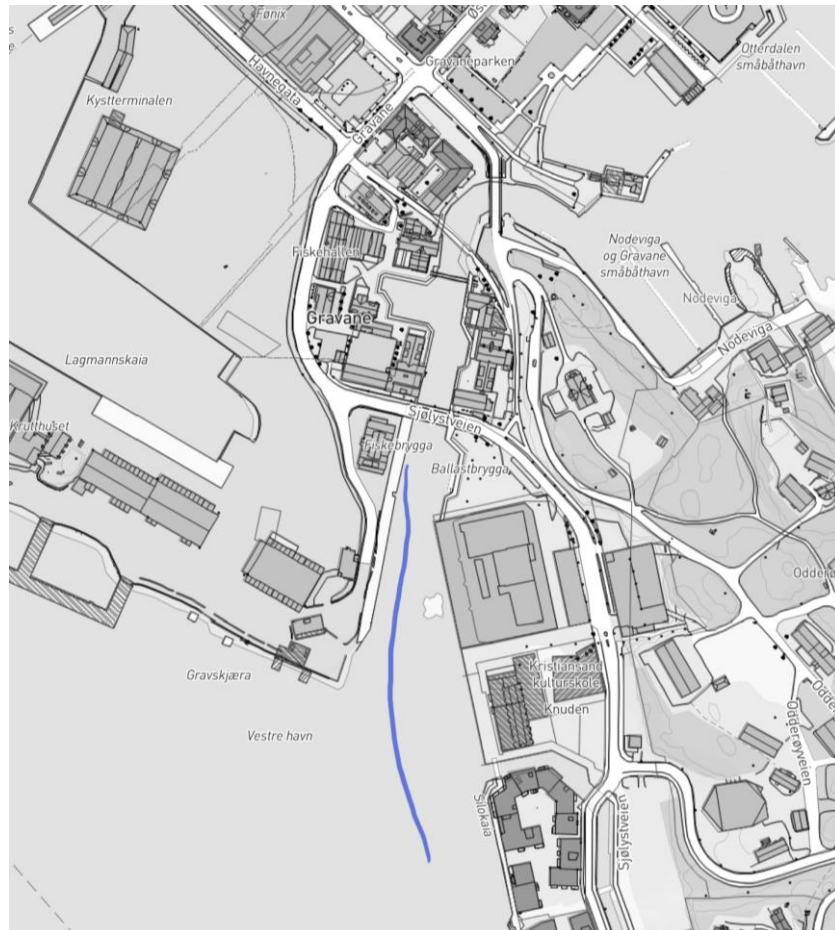
Figur 5-15 Kart over eksisterende broer og brohøyder i det aktuelle området [3] [45]

I Figur 5-14 kan man se et forslag til en potensiell broplassering, vist som bro nummer 5. Figur 5-16 viser ulike gangveier, på Odderøya, som er mulig å benytte seg av for å komme seg til den potensielle broplasseringen. Gangveiene, som strekker seg fra den ene siden av Kilden og forbi Kunstsilo, og mellom de to signalbyggene, er illustrert i rødt.



Figur 5-16 Kart med illustrert gangveier på Odderøya som leder inn til broen (markert i rødt) [3] [45]

I et intervju med fiskemottaket, se *Vedlegg 3* for intervjuet, ble det fremlagt informasjon om fiskebåtenes ankomst til fiskemottaket. Det kommer 1 til 10 fiskebåter på en daglig basis, men ved ulike tidspunkt. Ved bruk av MarineTraffic og en fysisk observasjon, gjennomført 03.03.24, ble det observert at båtene holder seg til den dypeste delen av passasjen når de seiler inn mot fiskemottaket [53]. Den observerte passasjen Figur 5-17, markert i blå, viser at fiskebåtene velger å kjøre midt i kanalen før de legger til kai hos fiskemottaket.



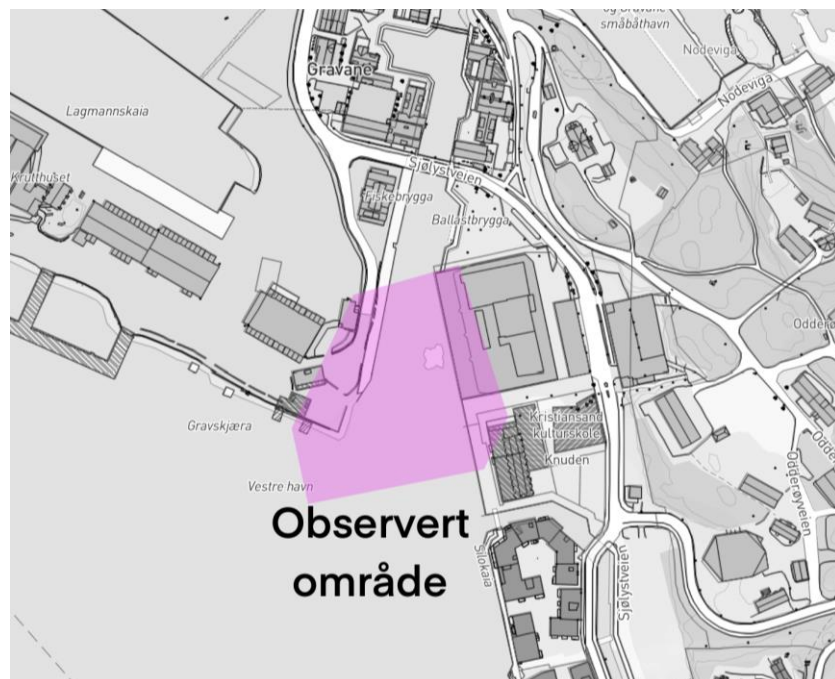
Figur 5-17 Kart med illustrasjon av fiskebåtenes innkjøring til fiskemottaket (markert i blå) [3] [45]

Figur 5-18 viser en typisk Tirsdagskonsert på Fiskebrygga i Kristiansand. Båtene som ble observert i denne figuren er av typene snekke og skjærgårdsjeep. En større type snekke kan være Nidelv 26. Denne har en totalhøyde, fra kjøll til toppen av båten, på 2,4 meter, og vil derfor ha en estimert høyde på 1,8 til 2,0 meter fra vannlinjen [3]. Typiske skjærgårdsjeoper er designet med lav høyde som ligger på rundt 1,5 meter fra kjøll til toppen av båten. Dette gir en estimert høyde på rundt 1,0 meter fra vannlinjen.



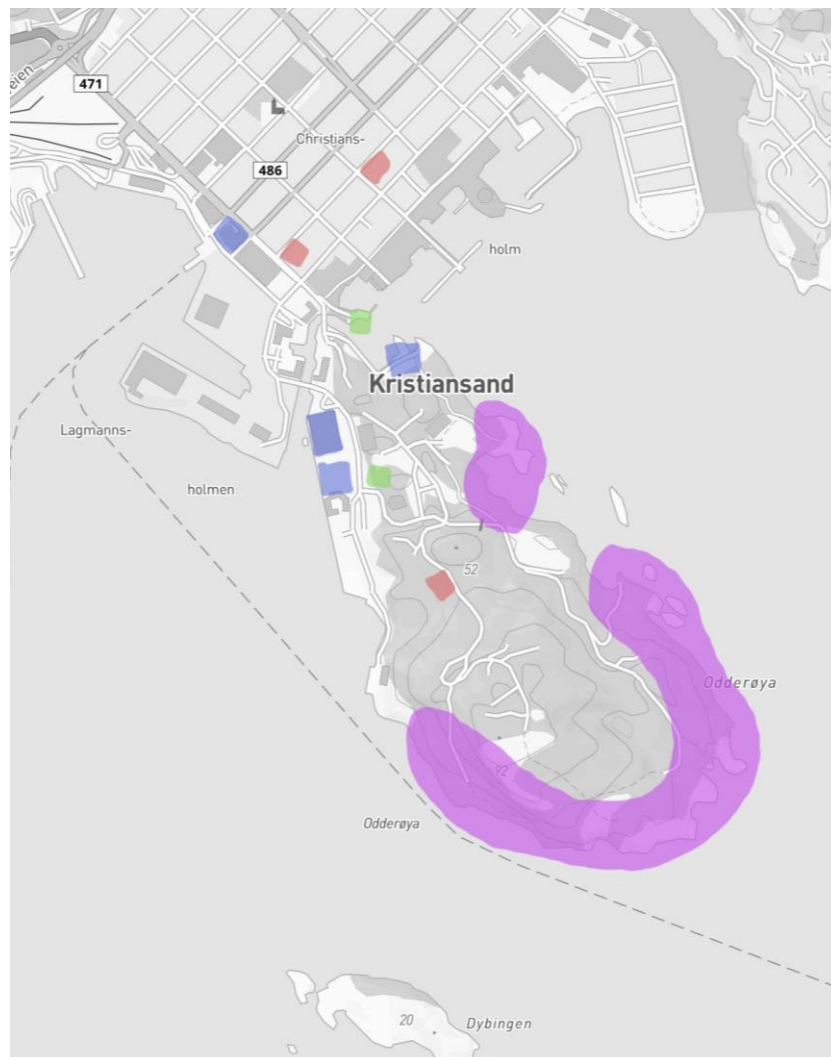
Figur 5-18 Tirsdagskonsert på Fiskebrygga i Kristiansand [54]

Figur 5-19 illustrerer det aktuelle området for broplassering hvor arts-observasjoner er gjennomført [55]. *Vedlegg 4* viser en liste over artene som er observert i det avgrensede området, hvor observasjonene er hentet fra Artsdatabanken. Videre i vedlegget kan man se at området hovedsakelig består av besøkende fugletyper. Karplanten som er observert er livskraftig og er enkel å kompensere for. Det er ikke observert marin fauna for det aktuelle området, men det kan komme av mangel på konkrete observasjoner.



Figur 5-19 Kart med observert områder hvor ulike typer arter befinner seg (markert i lilla) [3] [45]

Figur 5-20 viser hvilke ulike kvaliteter man kan finne rundt det aktuelle området. Kvalitetene som er vist på figuren er markert i ulike farger etter hva kvaliteten innebærer. De markerte kvalitetene for området er: barnehager, sportsaktiviteter, kultur og lokale kulturminner. Alle disse kvalitetene er offentlige tjenester [47]. Det lilla feltet representerer områder hvor lokale kulturminner, som bunkere og kanonposter, befinner seg. Barnehager er markert med rødt, og anlegg til sportsaktiviteter, som klatring og kajakk, er markert i grønt. De blå feltene er kulturaktiviteter, inkludert Kilden, Kunstsilo, kino og museum.



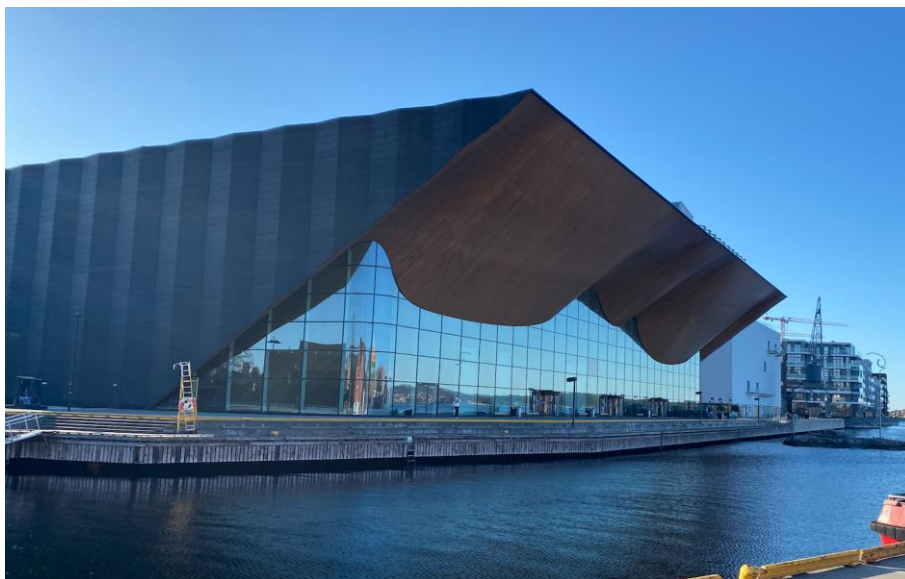
Figur 5-20 Kart med kvaliteter på Odderøya og i Kvadraturen [3] [45]

I området rundt den tiltenkte plasseringen av bro eksisterer det to bygg, “Kilden” og “Kunstsilo”, med høy kulturell og visuell kvalitet. For at designet på broen skal ivareta estetikken i nærområdet, er det gjennomført arkitektoniske analyser av byggverkene.



Figur 5-21 Kart med Kilden og Kunstsilo markert [3] [45]

Kilden er navnet på Kristiansands teater og konserthus. Bygget åpnet for offentligheten i 2012, og ligger på Odderøya, rett ved siden av tiltenkt broplassering.



Figur 5-22 Kilden sett fra fiskemottaket [3]

Kildens design er et kollektivt samarbeid mellom ALA architects Ltd og SMS arkitekter AS [56]. Kilden er plassert ved Gravanekanalen og ligger tett ved nordsiden av Kunstsilo. Fasaden til Kilden er vendt mot Kristiansand havn og Lagmannsholmen, noe som gjør at Kilden står frem som et blikkfang og virker imøtekommende for besøkende som kommer via cruiseterminalen på Lagmannsholmen.

Eksteriøret til Kilden er utformet som et rektangulært byggverk med bølgete vegger. Bygget er omringet av en mørk kledning i tre utenom fasaden. Den består av store vindusflater som avskjæres av et stigende tak i lyst treverk. Den bølgeformede detaljen i taket skaper bevegelse i bygget og gjenspeiler det marine temaet som preger nærområdet.



Figur 5-23 Fasaden til Kilden [3]

Figur 5-23 ser man fasaden til Kilden. Her tydeliggjøres den bølgede fasongen som blir skapt av taket og vinduene.

Formålet til Kilden er å være Kristiansand sentrums teater og konserthus. Kilden rommer totalt fire saler med forskjellige mengder seter i hver sal. I tillegg til salene har Kilden en foajé som brukes som oppholdssted og ulike arrangementer [57]. Kilden har også en indirekte funksjon som turistattraksjon, ettersom at den har et enormt blikkfang som er med på å trekke turister mot Odderøya. Kildens arkitekt blander altså både funksjon og estetikk for å fremme den kulturelle opplevelsen.

Kunstsilo er Kristiansands nyeste kunstmuseum som åpnet 11.mai 2024 [58]. Kunstsilo skal, som Kilden, fungere som et kunstverk og turistattraksjon, men skal også ha flere kunstutstillinger.



Figur 5-24 Kunstsilos fasade sett fra Lagmannsholmen [3]

Hovedarkitekten for Kunstsilo er norsk, og heter Magnus Wåge [59]. Han er medgrunnlegger av firmaet Mesterswåge Architectes som er et arkitektfirma basert i Barcelona, med hovedfokus i urbanisert arkitektur [60].

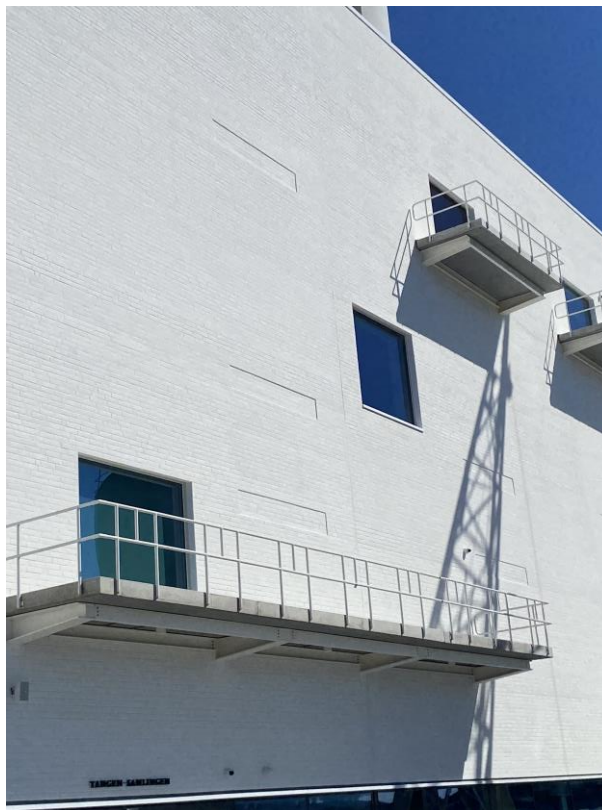
Kunstsilo ligger, som nevnt i Figur 5-21, tett inntil Kilden, på Odderøya. Beliggenheten til Kunstsilo gjorde at bygget fikk flere krav til kvalitet på utforming. Dette skyldes at området rundt bygget er åpent, og veldig synlig for innbyggere og besøkende i Kristiansand. I tillegg har nabobygget Kilden høy estetisk kvalitet, som dermed setter standeren for Kunstsilo.

Kunstsilo er et gjenbruksprosjekt av en gammel kornsilo som har eksistert siden 1935 [58]. Kornsiloen er implementert inn i Kunstsilo som hovedaspektet i bygget design. Rektangulære tilbygg, i forskjellige høyder, omringer kornsiloen for å bryte med det bølgede og sirkulære designet. Effekten blir at de ulike elementene blir fremhevet og mer tydelige. Figur 5-25 viser hvordan arkitektene til Kunstsilo har tatt kornsiloene til nytte, og hvordan det rektangulære tilbygget bryter med de sirkulære kornsiloene.



Figur 5-25 Bildet viser kornsiloene som er gjenbrukt i Kunstsilo [3]

For å oppnå kontinuitet, og industripreg er tilbyggene konstruert i samme materiale og farge som kornsiloen. Det er brukt små vinduer for å få en nøyaktig kontroll over lys i kunstmuseet. Figur 5-26 er et utsnitt av fasaden til Kunstsilo der det er brukt mindre vinduer.



Figur 5-26 Bildet viser fasadedetaljer til Kunstsilo [3]

5.2. Materialer

I dette kapittelet presenteres programmene og de digitale verktøyene som ble brukt i gjennomføringen av prosjektet, sammen med en kort forklaring av deres funksjonalitet og hvordan de ble benyttet i prosjektet.

Rhino

Rhino er en populær programvare for 3D-modellering og design, ofte brukt av arkitekter og ingeniører [61]. Programmet er fleksibelt og støtter flere filtyper som gjør det enkelt å samarbeide med andre programverktøy. I denne bacheloroppgaven ble Rhino brukt til å lage ulike 3D-modeller.

Microsoft Word

Microsoft Word er et program som brukes til å opprette, lese, redigere og dele filer raskt og enkelt [62]. I programmet kan man også lage tabeller og diagrammer. Programmet ble brukt til tekstskriving og –redigering, samt til å lage tabeller og diagrammer.

Microsoft PowerPoint

Microsoft PowerPoint er et program som oftest brukes til å presentere ønsket tema [63]. PowerPoint gir muligheten til å lage oversiktlige og informative lysbilder som en presentasjon kan bla gjennom. Microsoft PowerPoint ble brukt til endelig presentasjon av ferdigstilt bacheloroppgave.

Microsoft Teams

Microsoft Teams er et digitalt samarbeidsprogram med fokus på hurtig kommunikasjon mellom individene i en gruppe [64]. Teams gir muligheten til å dele og oppbevare filer, samt jobbe samtidig på filene. Microsoft Teams ble brukt til å organisere og dele filer mellom gruppemedlemmene, og til å holde møter med veileder.

Microsoft Project

Microsoft Project er et program som gir brukere mulighet til å sette opp en plan for utførelse av prosjekter [65]. Programmet lar brukeren velge hvor detaljert planen skal være ved å la planene kunne variere fra daglig til månedlig aktivitetsvarighet. Microsoft Project ble brukt til å danne en fremdriftsplan for utførelsen av bachelor oppgaven med ukentlig varighet på aktivitetene.

MarineTraffic

MarineTraffic er både en app og et nettsted som har oversikt over flere forskjellige funksjoner innen overvåkning av skipsfart [66]. Blant annet leverer de sanntidsinformasjon om posisjonen til både skip og småbåter. Dette kan bli brukt til ulike formål som: planlegging av ruter og havneplass, redningsaksjoner, og følge med på skip av interesse. Videre kan man også få viktig informasjon som IMO-nummer og bruttotonnasje.

Procreate

Procreate er et illustrasjonsprogram som finnes som en app [67]. Procreate gir muligheten til å tegne og skape tegninger fra blanke ark, men også å redigere eksisterende bilder. Det ble brukt til å visualisere spesifikke elementer til gangbroen. I tillegg ble Procreate brukt til å konkretisere kart ved hjelp av illustrasjoner.

6. Metode

Dette kapitlet tar for seg metoden som er brukt i arbeidsprosessen frem mot det endelige resultatet. I oppgaven har vi benyttet oss av en omfattende designprosess. Denne prosessen blir grundig forklart med alle stegene som er tatt.

6.1. Fremdriftsplan

I oppstartsfasen ble det utarbeidet en omfattende fremdriftsplan for å sikre jevn fremgang gjennom hele prosessen. Programmet, Microsoft Project, ble benyttet til å utvikle denne planen, som identifiserte viktige tidsfrister og fastsatte arbeidsforløpet på ukesbasis. Med et omfattende prosjekt med mange komponenter og detaljer, var en slik plan nyttig for å strukturere og håndtere oppgavene effektivt. Den ga oss også nødvendig oversikt over fremdriften og muligheten til å gjøre endringer ved behov. Fremdriftsplanen presenteres i *Vedlegg 5*.

6.2. SWOT-Analyse

Helt i starten av arbeidet gjennomførte alle gruppemedlemmene en SWOT-analyse. Det er en analyse som kan brukes for å kartlegge styrker (Strengths), svakheter (Weaknesses), muligheter (Opportunities) og trusler (Threats) [68]. Ved å gjennomføre denne analysen fikk vi en god oversikt over gruppemedlemmene og ble oppmerksomme på hverandres evner.

6.3. Designprosess

For å utvikle det endelige brodesignet ble Double Diamond-prosessen benyttet. Denne designmetoden er strukturert i fire faser: “Forstå”, “Definere”, “Utvikle” og “Lever”, som beskrevet i 3.1. Designprosess. Hver av disse fasene representerer et unikt trinn i vår designprosess, som sammen fører fra et problem til den endelige løsningen. I metodekapitlet er hver fase beskrevet, inkludert grundig forklaring av hva som ble gjort i hver fase.

6.4. Forstå

I første fase av Double Diamond-prosessen, kjent som “Forstå”, er hovedmålet å dykke ned i problemet som skal løses og skaffe seg en grundig forståelse av problemområdet. Dette innebærer å utforske relevant litteratur og forskning, samt å finne relevant informasjon om forbildeprosjekter som kan brukes som inspirasjon senere i prosessen. I tillegg gjennomføres en omfattende stedsanalyse for å forstå de unike egenskapene ved det aktuelle området. I denne fasen ble også interessenter identifisert og kontaktet for å samle informasjon om deres krav og ønsker knyttet til prosjektet. Hvert trinn i “Forstå”-fasen er grundig dokumentert og beskrevet i dette kapitlet, og gir et helhetlig bilde av den omfattende innsatsen som er gjort for å forstå problemområdet.

6.4.1. Litteraturstudie

Litteraturstudie gjennomføres med mål om å finne relevant litteratur knyttet til utforming av gangbro. Formålet med litteraturstudien var å skaffe oss mer kunnskap og oppnå en dypere forståelse av ulike perspektiver, teorier og prinsipper som er relevante for emnet. For å sikre tilstrekkelig faglig kvalitet på innholdet, ble Google Scholar valgt som den primære søkemotoren. I tillegg ble Google sin ordinære søkemotor benyttet for å utvide søket, spesielt i tilfeller der relevante artikler ikke var tilgjengelige gjennom Google Scholar. Ved å basere oss på kilder som er publisert senere enn 2018 sikret vi oppdatert litteratur. Selv om 6 år kan virke som lang tid innenfor teknologiens utvikling, er det også verdt å merke seg at mye av grunnleggende prinsipper innen brodesign kan være relativt stabile over tid. Derfor ble eldre kilder også brukt for noen av forbildeprosjektene, spesielt der nyere informasjon ikke var tilgjengelig eller tilstrekkelig. Dette ble ansett som akseptabelt, særlig siden utseendet og funksjonen til broene ikke nødvendigvis har endret seg siden deres opprinnelse. Eldre artikler kan fremdeles gi verdifull innsikt i broenes historie og designprinsipper.

For å luke ut de kildene som var mest relevante for vårt prosjekt ble de 10 første kildene gjennomgått. Da ble sammendragene lest for å finne kildene av høyest kvalitet eller relevans. Ved behov økte vi antall kilder for gjennomgang, til 20 eller 30, i tilfeller der de 10 første kildene ikke ga oss tilstrekkelig informasjon. Søkeord som ble brukt var "Design process", "Double Diamond", "MCDA", "Power/interest grid", "bridge", "bevegelig bro", "klaffebro", "svingbro", "universell utforming". Vi har ved flere anledninger valgt å søke med engelske ord, da dette vanligvis resulterer i mer omfattende og relevante artikler. Dette skyldes at tilgangen til publiserte norske artikler noen ganger kan være begrenset, spesielt når det gjelder spesifikke områder eller emner.

For å ha tilstrekkelig grunnlag til å vurdere de estetiske aspektene ved broen tok vi utgangspunkt i prinsipper og ideer til anerkjente arkitekter. Tre arkitekter anbefalt av vår veileder, som også er foreleser innen arkitektur på UiA. Disse arkitektene er Marcus Vitruvius Pollio, Le Corbusier og Christian Norberg-Schulz, som representerer arkitekturprinsipper fra ulike tidsperioder. Søkeordene for å finne relevant informasjon om de utvalgte arkitektene og deres synspunkter var navnene på arkitektene, "Marcus Vitruvius Pollio", "Le Corbusier" og "Christian Norberg-Schulz".

Se *Vedlegg 6* om Loggbok for en fullstendig oversikt over litteraturstudien. I loggboken er hvert søk dokumentert med søkedato, søkemotor, søkeord og kommentarer til søket. Antall treff og antall sider som ble brukt for hvert søk er også registrert i loggboken.

Kvalitetsprogram for Lagmannsholmen er en fysisk publikasjon som dykker ned i fremtiden til Lagmannsholmen og gir en omfattende innføring i både historien til området og fremtidige planer. Veilederen vår i Kristiansand kommune overleverte dette programmet til oss med håp om at det skulle være til nytte i vår prosess. Programmet for Lagmannsholmen behandler ulike aspekter av planleggingen, inkludert bakgrunnen for planarbeidet, organisering og fremtidige planleggingstiltak, en detaljert beskrivelse av planområdet, sentrale problemstillinger i planarbeidet, samt rammer, premisser og alternativer som skal utredes. Videre inkluderer det forslag til utredning knyttet til miljømessige og samfunnmessige aspekter, samt en utfyllende beskrivelse av planprosessen.

Dette programmet fungerte som en inspirasjonskilde og ga oss et godt innblikk i kommunens ønsker og forventninger for området. Vi gikk gjennom og studerte programmet grundig for å sikre at vi fikk et riktig bilde av kommunens visjoner og sikret tilstrekkelig bakgrunnsinformasjon som kan være nyttig for vårt eget prosjekt.

Statens vegvesens håndbøker og byggeforskrift TEK 17 ble brukt for å innhente tekniske krav og retningslinjer for utforming av broer. Vi har identifisert relevante håndbøker og dokumenter utgitt av Statens Vegvesen. Videre gikk vi gjennom de relevante kapitlene og seksjonene i håndbøkene, og i TEK 17, som omhandler relevant informasjon knyttet til brokonstruksjonen. Det ble hentet informasjon om brobredde, stigning på broen og rekkverk høyde for å imøtekomme nasjonale standarder og sikkerhetsforskrifter. Krav ble dokumentert i kapittelet 5.1.3. Krav og ønsker.

6.4.2. Forbildeprosjekter

Det ble nøye valgt ut forbildeprosjekter som ble brukt som inspirasjon i designprosessen. Vi valgte til sammen syv forbildeprosjekter basert på deres relevans og potensial til å inspirere vårt broprosjekt. Hver av forbildeprosjektene ble grundig studert for å trekke ut relevante elementer som kunne være med i vår designprosess.

Vår oppdragsgiver, Kristiansand kommune, hadde spesifikt bedt oss om å ta inspirasjon fra lignende broprosjekter i København. I den danske hovedstaden er det gjennomført en rekke broprosjekter som krysser de mange kanalene i byen. Et av de første prosjektene vi valgte å se nærmere på var Lille Langebro i København. Denne broen ble anbefalt av vår veileder fra Kristiansand kommune allerede i vårt første møte, og den ble raskt et sentralt referansepunkt for vårt eget prosjekt. Vi søkte etter relevant informasjon om Lille Langebro ved å bruke søkeordet "Lille Langebro". I tillegg til Lille Langebro, valgte vi også å studere Cirkelbroen, også kjent som The Circle Bridge, som et annet inspirerende forbilde fra København. Vi fant denne broen ved å bruke Google Billedsøk med søkeordet "Copenhagen bridge". Cirkelbroen ble valgt på grunn av sitt utradisjonelle design og de unike sirkel-formene broen består av. Denne broen fascinerte oss, og vi så på den som en verdifull kilde til å hente inspirasjon fra.

Tre av forbildeprosjektene ble valgt på grunn av vår personlige kjennskap til dem. Dette inkluderte Christian Quartsbroa i Kristiansand, Skansen svingbro i Trondheim og Adolph Tidemands bro i Mandal. Vår kjennskap til broene ga oss god innsikt som vi kunne ta med oss videre. Broprosjektene er relevante for vårt prosjekt og har inspirerende aspekter vi ønsket å se nærmere på. For å samle relevant informasjon om disse broene ble søkeordene "Christian Quartsbroa Kristiansand", "Skansen svingbro Trondheim" og "Adolph Tidemands bro Mandal" brukt.

Ved å utforske bilderesultatene gjennom Google Billedsøk, med søkeordet "gangbro", ble vi introdusert for det neste forbildeprosjektet. Forbildeprosjektet som ble valgt er Håhammeren bro, et prosjekt fra Multiconsult. Broen var en av de første som kom opp i søkemotoren og skilte seg ut for oss med dens maritime preg og stilrenhet. Det siste forbildeprosjektet vi inkluderte i vår studie var en bro vi fant på arkitektur nettsiden Archdaily.com, med søkeordet "movable bridge".

6.4.3. Stedsanalyse

Det ble utført en stedsanalyse med formål om å evaluere områdets egnethet for broprosjektet med fokus på integrering og funksjonalitet. Kriteriene for analysen inkluderer historie og fremtidsperspektiv, topografi og geografi, lokale værforhold, hydrologi, gangbarhet, lokalmiljø og eksisterende kvaliteter. Aktuell informasjon om topografi, geografi og lokale værforhold samles inn ved hjelp av kart, satellittbilder og klimadata fra lokale meteorologiske kilder. I analysen ble kartdata fra Kristiansand kommune benyttet som illustrasjonsmateriale. Videre ble tegneprogrammet Procreate anvendt for å tydeliggjøre og illustrere ulike elementer på bildene. Vi vurderer gangbarhet og tilgjengelighet i området ved å analysere stier, veier og tilgjengelighetsforhold for ulike brukergrupper.

I tillegg til å vurdere de generelle forholdene i området, tar vi også hensyn til den arkitektoniske konteksten. Dette inkluderer evaluering av design og funksjon av de eksisterende nabobyggene Kilden teater- og konserthus og den nye Kunstsilo. I vurderingene av de to byggene fokuserer vi på fire hovedaspekter: Identifikasjon, Beliggenhet, Form og Materiale, og Funksjon. Vi innhenter relevant informasjon om byggene Kilden og Kunstsilo, inkludert historiske dokumenter, arkitektoniske tegninger, fotografier og publiserte artikler.

MarineTraffic appen ble brukt for å identifisere fiskebåter i kartet som seiler ut og inn fra fiskemottaket. I appen kunne vi se hvor i kanalen båtene lå og når de la til kai. Det ble også gjennomført et fysisk besøk på fiskemottaket, den 03.03.24, for å se en fiskebåt seile ut. Vi kjørte ned til fiskemottaket når vi så i appen at det kom en fiskebåt til kai. Her ventet vi til fiskebåten kjørte igjen. Da kunne vi verifisere at dataene fra MarineTraffic appen var korrekt.

Et bilde fra internett, av en Tirsdagskonsert på Fiskebrygga, ble brukt for å identifisere typiske båter som besøker stedet, Figur 5-18. For å finne høyde på de identifiserte båtene ble det gjennomført fysiske målinger av lignende båter på en båtplass. Dette ble gjort med hjelp av en bekjent til et gruppelem.

Dataene for de ulike kriteriene ble analysert og presentert i 5.1.5. Stedsanalyse, som gir en helhetlig forståelse av områdets egnethet for broprosjektet, både i form av funksjonalitet og integrering.

6.4.4. Møter med Kristiansand Kommune

Gjennom hele prosessen har det blitt gjennomført møter med Kristiansand Kommune, vår oppdragsgiver, for å sikre et tett samarbeid og en gjensidig forståelse av prosjektets mål og krav. Totalt har vi arrangert fire møter på Rådhuskvartalet i Kristiansand med ansatte fra Plan- og byggavdelingen i kommunen, i tillegg til to digitale møter via Microsoft Teams. Videre har vi opprettholdt jevn kontakt med kommunen gjennom e-post for mindre spørsmål og oppdateringer.

Den kontinuerlige dialogen med Kristiansand Kommune har sikret at vi har utført oppgaven i tråd med deres ønsker og intensjoner. Gjennom denne dialogen har vi oppnådd klarhet i deres ønsker og krav til oppgaven, samtidig som vi har forsikret oss om at prosjektet utvikler seg i riktig retning og i henhold til kommunens visjon. Vi har også fått verdifulle tilbakemeldinger og informasjon som har

vært avgjørende for prosjektets fremgang. Disse tilbakemeldingene har gitt oss innsikt og veiledning som har bidratt til å forbedre kvaliteten på vårt arbeid og sørget for at vi har møtt kommunens forventninger på best mulig måte.

6.4.5. Intervju med fiskemottak

For å sikre at fiskemottakets interesser blir ivaretatt, ettersom de er en betydningsfull interessant i utviklingen av broprosjektet, tok vi initiativet til å gjennomføre et intervju med en nøkkelperson fra Fiskebrygga. Etter å ha etablert kontakt med intervjuobjektet via telefon, avtalte vi en møtetid og -sted på Fiskebrygga i Kristiansand. Valg av møtested var strategisk, da det tillot oss å få en mer intim forståelse av konteksten og utfordringene som Fiskebrygga og fiskemottaket står overfor.

Intervjuet ble gjennomført i form av et semistrukturert intervju, også kjent som delvis strukturert intervju, som er en anerkjent metode for å oppnå både dybde og fleksibilitet i intervjuet [69]. Før intervjuet utarbeidet vi nøye en plan med oversikt over de viktige temaene og spørsmålene som vi ønsket å utforske. Denne planen ble utviklet med utgangspunkt i prosjektets problemstilling og ble tilpasset med innspill fra den responderende parten. En kopi av planen, inkludert alle relevante spørsmål, ble sendt til intervjuobjektet på forhånd for å gi dem mulighet til å reflektere og forberede seg til intervjuet. Se *Vedlegg 7* for den fullstendige listen med spørsmål. Ved å benytte denne tilnærmingen kunne vi sikre at intervjuet var godt strukturert og fokusert, samtidig som vi opprettholdt rom for å utforske eventuelle uventede temaer eller bekymringer som kunne oppstå under samtalen.

Under intervjuet var to gruppemedlemmer til stede sammen med intervjuobjektet. Vi, som intervjuere, ledet samtalen og startet med konkrete spørsmål for å etablere en god flyt. Disse spørsmålene, som fokuserte på intervjuobjektets yrke og utdanning, er ikke inkludert her for å beskytte intervjuobjektets identitet. Deretter kom de relevante spørsmålene knyttet til oppgaven vår, inkludert spørsmål om fiskemottakets interesser og bekymringer angående broprosjektet. Svarene ble nøye dokumentert på en iPad av et av gruppemedlemmene, mens det andre medlemmet bidro til å holde samtalen strukturert.

Etter intervjuet gikk vi gjennom svarene grundig for å sikre nøyaktighet og klarhet. Deretter ble svarene sendt til intervjuobjektet for verifisering og ytterligere kommentarer. Dette trinnet var avgjørende for å sikre at informasjonen som ble samlet inn, var korrekt gjengitt og for å unngå misforståelser eller feil tolkninger. En liste med spørsmål og svar er vedlagt finnes i *Vedlegg 3*.

6.4.6. Kontakt med Kristiansand Havn

Kristiansand Havn ble kontaktet for å innhente relevant informasjon om lokale forhold, reguleringer og krav som kan påvirke planleggingen og gjennomføringen av broprosjektet. Kontaktinformasjon til Kristiansand Havn ble gitt av kontaktperson i Kristiansand kommune. Vi utarbeidet en henvendelse på e-post som presenterte formålet med oppgaven. I e-posten spesifiserte vi hva slags informasjon vi ønsket fra dem. Den inkluderte spørsmål om restriksjoner eller krav for vårt spesifikke område, og andre relevante detaljer vi måtte ta hensyn til, som friseilingshøyde og seilings passasje. Vi hadde

god kommunikasjon som besto av flere e-poster frem og tilbake. Kristiansand Havns ønsker, og krav til broprosjektet er presentert i 5.1.3. Krav og ønsker.

6.4.7. Konferanse

Bachelorgruppen deltok på en konferanse om fornyelsen av Lagmannsholmen, etter å ha blitt invitert av Kristiansand kommune. Konferansen hadde temaet "Hvordan forme morgendagens Lagmannsholmen?". Konferansen startet med en innføring i foreløpige planer og ønsker for prosjektet. På scenen fikk vi innslag fra Ordføreren i Kristiansand, Plan og bygningssjef i Kristiansand kommune og Lagmannsholmen Kunstlab.

Etterpå fulgte en workshop, der bordene besto av 6 til 8 personer med variert bakgrunn og kompetanse. Formålet med workshopen var å diskutere fremtidige planer for Lagmannsholmen og identifisere viktige perspektiver og ideer. Vår bachelorgruppe deltok på tre forskjellige bord, noe som ga oss muligheten til å få inntrykk fra et bredt spekter av interessenter. Disse inkluderte politikere, representanter fra Næringslivforeningen, Kilden teater- og konserthus, Kristiansand bibliotek, Pensjonistforeningen, Bystyret, avdelingen for Plan og Bygg i Kristiansand kommune, Mosvold og co, Kristiansand havn, Kulturskolen, Sameiet Vestre Strandgate 2, Seafront, Agder fylkeskommune og Lagmannsholmen Kunstlab. Se full deltakerliste for konferansen i *Vedlegg 1*. Alle disse deltakerne er viktige interessenter i utviklingen av den nye Lagmannsholmen, og deres synspunkter har derfor avgjørende betydning for å evaluere og forme vårt prosjekt.

6.5. Definere

I "Definere"-fasen rettes oppmerksomheten mot å klargjøre problemer, undersøkelser, inspirasjon og tanker i tråd med målet for prosjektet. I denne fasen foretas en nøye analyse og evaluering av funnene fra "Forstå"-fasen i forhold til forskerspørsmålet og delmålene. Det er også i denne fasen at ønsker og krav fra interessenter identifiseres og konkretiseres. Videre gjennomføres det en analyse av forbildeprosjekter basert på informasjon innhentet i "Forstå"-fasen.

6.5.1. Håndtering av Interessenter

I gjennomføringen av prosjektet var det avgjørende å kartlegge alle aktuelle interessenter. Interessentene kan være enkeltpersoner, grupper, selskaper eller organisasjoner som av ulike grunner vil bli påvirket av utfallet eller gjennomføringen av prosjektet. For å få en oversikt over de relevante interessentene i broprosjektet gjennomførte vi et Power/interest diagram, som på norsk oversettes til makt/nivå av interesse-diagram [70]. I diagrammet analyserte vi interessentenes posisjon i prosjektet basert på deres innflytelse og engasjement. Diagrammet ble delt inn i fire deler hvor de ulike interessentene plasseres basert på deres makt og nivå av interesse. Disse fire kategoriene representerer fire ulike grupper interessenter og veileder oss til hvordan vi skal forholde oss til de aktuelle interessentene. De fire ulike kategoriene er "overvåke", som er interessenter med lite makt og lavt nivå av interesse, "hold fornøyd", som har mye makt og lav interesse, "hold informert", som har høy interesse og lite makt, og til slutt "nøkkelspillere" som har mye makt og stor interesse. Ved å evaluere interessentene på denne måten vil vi bedre kunne forstå deres potensielle påvirkning på prosjektet. Power/interest analysen finnes i 5.1.2. Power/interest - diagram

Når interessentene var identifisert måtte vi anerkjenne deres ulike krav og ønsker for å sikre et vellykket prosjekt. Interessentenes krav og ønsker ble dokumentert i en tabell. Denne tabellen fungerte som et viktig verktøy for å kartlegge de ulike interessene og systematisere dem. Tabellen ga oss en grundig oversikt over interessentenes ulike krav og behov, og hjalp oss med å sikre at prosjektet tok hensyn til deres bekymringer og forventninger.

Når tabellen med krav var fullført, ble den sendt til vår veileder i Kristiansand kommune for tilbakemelding og innspill. Dette sikret et riktig grunnlag og luket ut eventuelle misforståelser mellom oss og kommunen. Kravene som ble identifisert dannet et grunnlag for prosjektet, og ble brukt som utgangspunkt til å planlegge og utføre vårt arbeid. Tabellen med krav er presentert i 5.1.3. Krav og ønsker.

6.5.2. Analyse av forbildeprosjekter

For å strukturere relevant informasjon fra forbildeprosjektene presentert i kunnskapsbakgrunn, ble det utarbeidet en tabell der vi identifiserte designstrategier og kvaliteter fra de ulike broprosjektene. Tabellen inkluderer syv forbildeprosjekter: Lille Langebro, Cirkelbroen, Christian Quartsbroa, Skansen Svingbro, Adolph Tidemands bro, Håhammeren bro og Friedrich Bayer Bridge. Hvert av disse forbildeprosjektene ble vurdert individuelt, og vi trakk ut ulike karakteristiske trekk fra hvert broprosjekt. For hvert karakteristiske trekk vurderte vi effekten av dette i forhold til vårt eget prosjekt. Analysen av forbildeprosjektene presenteres i 5.1.4. Analyse av forbildeprosjekter.

6.6. Utvikle

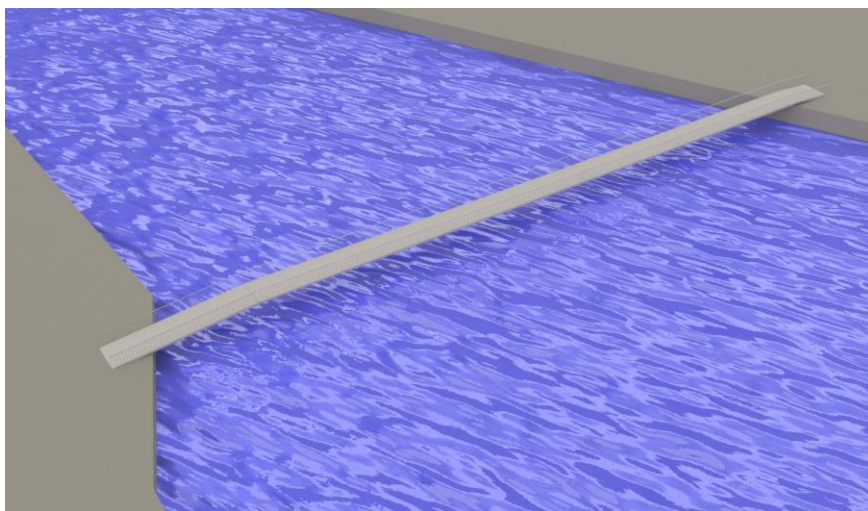
I "Utvikle"-fasen bygger vi videre på ideene fra "Definere"-fasen for å utforske og skape ulike alternativer. Her utvikler vi digitale modeller for å illustrere alternativene. Gjennom en grundig vurdering og sammenligning av disse alternativene, arbeider vi mot å nærme oss det endelige produktet så godt som mulig. MCDA-analyse benyttes for å evaluere alternativene, og de digitale modellene produseres i Rhino. Disse modellene er utformet med utgangspunkt i en tabell som inneholder ønsker og krav, samt analysen av forbildeprosjektene fra "Definere"-fasen

6.6.1. Arbeidsmetodikk og MCDA-analyse

For å finne den best egnede løsningen til bro for prosjektet ble prosessen delt i to steg. Først ble prototype valgt, deretter utforming til broen med den valgte brotypen. Det ble utviklet ulike alternativer for begge stegene som dekker ulike behov fra relevante interessenter. Multi-criteria decision analysis (MCDA) analyse ble brukt som metode til å sammenligne og vurdere alternativene.

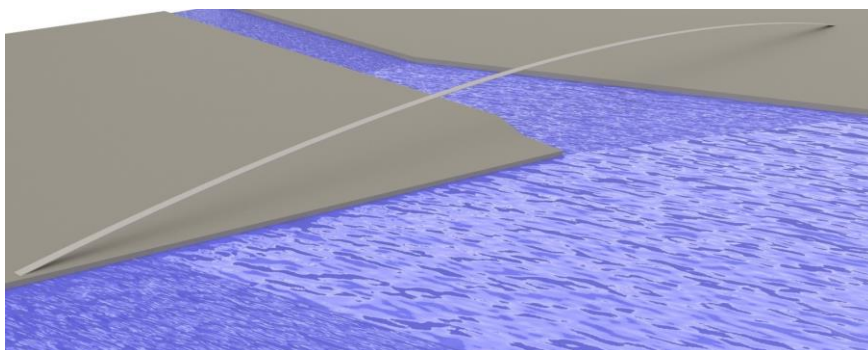
Fiskemottaket er i dag plassert på innsiden av broens plassering. Siden fiskebåtene som skal legge til ved fiskemottaket må passere broen, er kravet fra Tabell 5-1 om tilrettelegging for gjennomseiling av fiskebåter det mest kritiske aspektet i forhold til broens utforming. Med utgangspunkt i dette utforsket vi tre forskjellige muligheter for å svare på dette kravet: Fast bro på 15 meter fra HAT, Klaffebro og Svingbro. I tillegg undersøkte vi en tradisjonell fast bro på 2,5 meter over HAT for sammenligning med de andre alternativene. De fire alternativene presenterer ulike brotyper som inkluderer både faste og bevegelige løsninger.

Alternativ 1 – Fast bro på 2,5 meter fra HAT:



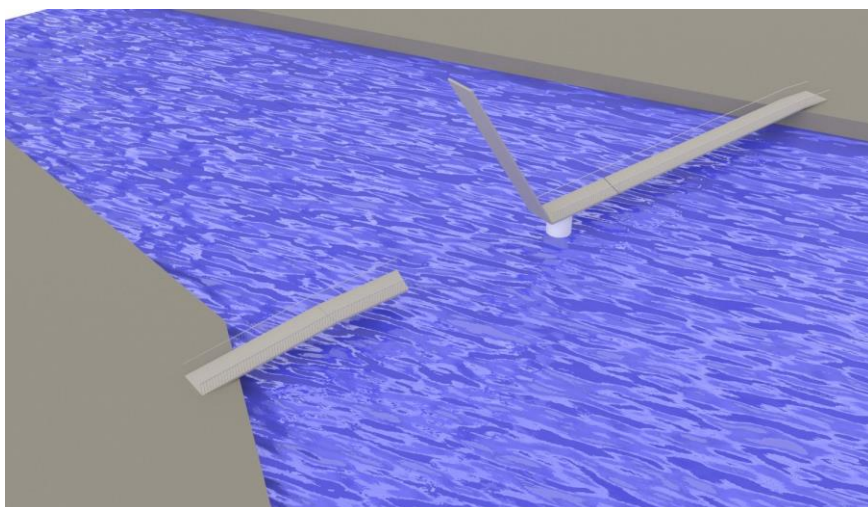
Figur 6-1 Alternativ 1 [3]

Alternativ 2 – Fast bro på 15 meter fra HAT:



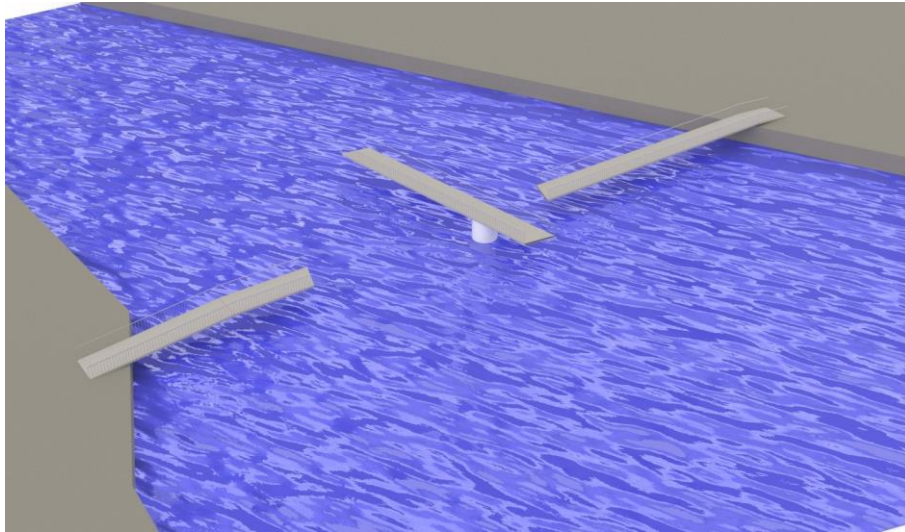
Figur 6-2 Alternativ 2 [3]

Alternativ 3 – Klaffebro:



Figur 6-3 Alternativ 3 i åpen posisjon [3]

Alternativ 4 – Svingbro:

*Figur 6-4 Alternativ 4 i åpen posisjon [3]*

Da fire alternativer for brotype var utviklet var neste steg å identifisere relevante kriterier som beslutningen skulle vurderes ut fra. Kriteriene for analysen ble basert på interessentenes krav og ønsker fra Tabell 5-1. De identifiserte kriteriene for valg av brotype er som følger:

- Tilrettelegging for fiskebåter
- Tilrettelegging for fritidsbåter over 2,5 meter i vertikal høyde
- Potensiell fallhøyde
- Løpemet bro
- Enkel silhuett
- Lite vedlikehold og drift

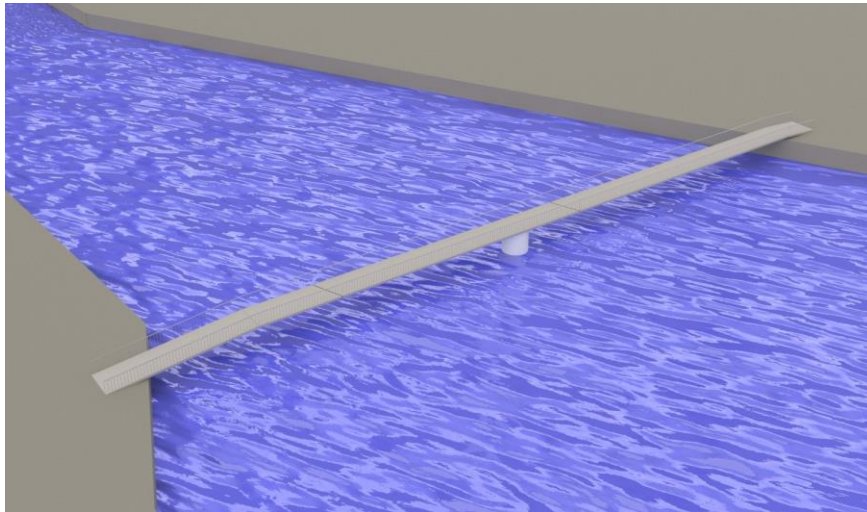
Hvert kriterium tildeles deretter en unik vekt som indikerer viktigheten og relevansen for prosjektet. Vekten til hvert kriterium er et tall mellom 1 og 3, der 1 indikerer lav viktighet, 2 indikerer middels viktighet, og 3 indikerer høy viktighet.

De fire alternativene: Fastbro 2,5 meter fra HAT, Fast bro på 15 meter fra HAT, Klaffebro og Svingbro, vurderes deretter basert på hvor godt de oppfyller hvert enkelt kriterium. Dette ble gjort ved at hvert av alternativene fikk en numerisk score for de ulike kriteriene. Denne scoren er et tall mellom 1 og 3, der 1 indikerer lav oppfyllelse av kriteriet, 2 indikerer middels oppfyllelse, og 3 indikerer høy oppfyllelse. De alternativene som utelukkes fullstendig basert på et spesifikt kriterium markeres i analysen med “-” for kriteriet, og i totalscoren for alternativet.

Det alternativet som får den høyeste totalscoren i MCDA-analysen er det foretrukne alternativet for brotype. Det foretrukne alternativet velges som brotype før det videre undersøkes ulike muligheter for utforming av bro basert på den valgte brotypen.

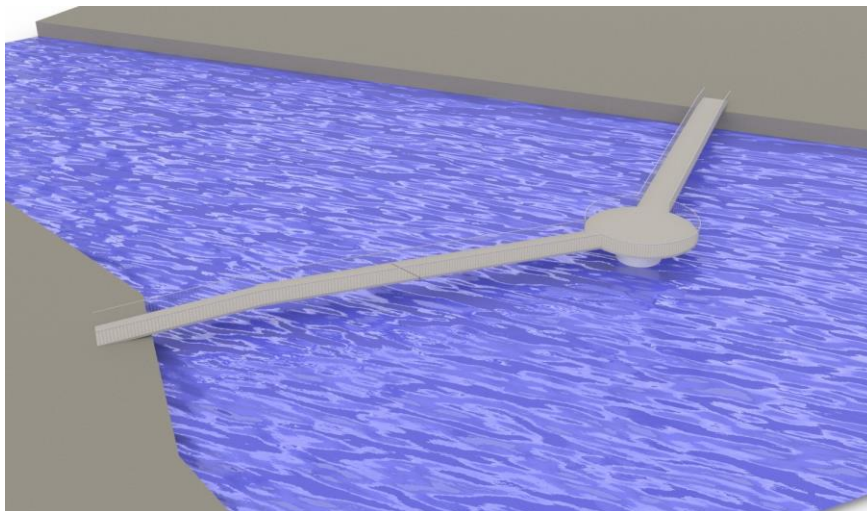
Vi gjennomførte en ny MCDA-analyse for valg av utforming på bro. Med analysen av forbildeprosjekter som referanse, ble det utviklet fire ulike forslag til utforming for broen: Rett linje, Sirkeløy, Sikksakk og Buet. Hvert av disse forslagene integrerer ulike kvaliteter og designstrategier som var identifisert i tabellen basert på forbildeprosjektene, Tabell 5-2. Dette sikret at hvert alternativ tar opp ulike aspekter og kvaliteter fra forbildeprosjektene, som var ønskelig i den endelige broen. De følgende alternativene for utforming av bro ble utviklet:

Alternativ 1 – Rett linje:

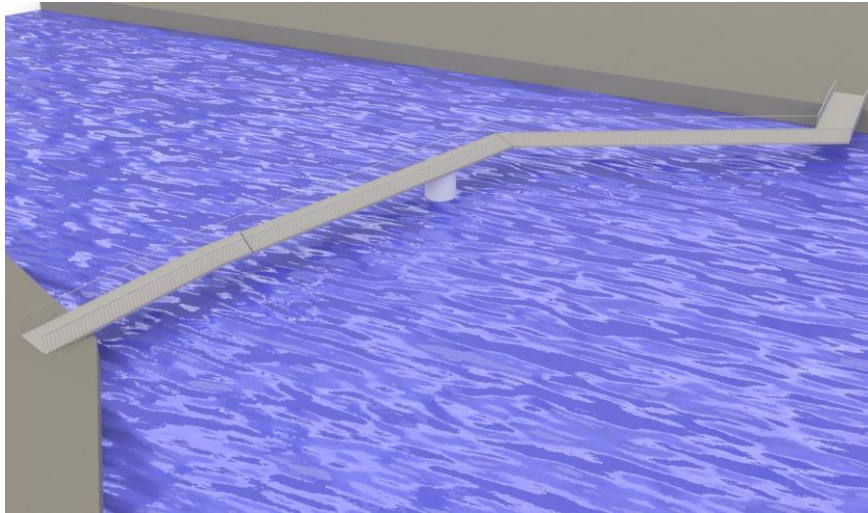
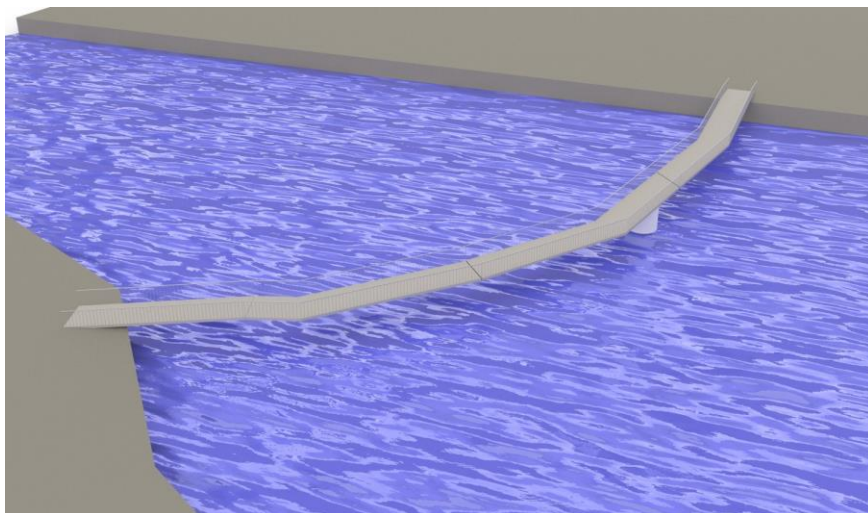


Figur 6-5 Alternativ 1 [3]

Alternativ 2 – Sirkeløy:



Figur 6-6 Alternativ 2 [3]

Alternativ 3 – Sikksakk:*Figur 6-7 Alternativ 3 [3]***Alternativ 4 – Buet:***Figur 6-8 Alternativ 4 [3]*

Nye kriterier ble identifisert for utforming av bro. Kriteriene baserer seg på interessenters krav og ønsker knyttet til utforming av bro, hentet fra Tabell 5-1. Kriteriene er som følger:

- Rekreasjonsmuligheter
- Estetikk
- X-faktor
- Tilpasset til omgivelser
- Effektiv trafikkflyt over broen

Disse kriteriene ble så vektet fra 1 til 3 basert på viktighet for prosjektet. Hvor 1 er lavest viktighet og 3 er høyest viktighet.

De fire alternativene, Rett linje, Sirkeløy, Sikksakk og Buet, ble så vurdert basert på hvor godt de utfylte kriteriene som var satt for utforming av bro. Alternativene fikk en score fra 1 til 3, hvor 1 indikerer lav utfyllelse og 3 indikerer høy utfyllelse.

Det alternativet med den høyeste totalscoren er det foretrukne valget av utforming for broen. Dette alternativet ble videre modifisert og perfektionert for å møte alle krav fra nasjonale standarder, fra Statens vegvesen og tekniske forskrifter, og for å tilfredsstille interessentene til prosjektet.

6.6.2. Utarbeiding av 3D-tegninger

Metoden for utvikling av 3D-tegninger av broen til prosjektet var digital tegning i Rhino. Rhino ble valgt som det foretrukne modelleringsprogrammet for å designe de digitale 3D-tegningene av broen. Dette valget ble basert på Rhino's allsidighet, brukervennlighet og evne til å håndtere komplekse geometriske former, som er karakteristisk for brodesign.

Før arbeidet med modelleringen startet, ble nødvendige data og informasjon samlet inn. Dette inkluderte tekniske tegninger, topografiske kart og relevante krav og spesifikasjoner for utformingen av broen som lengder, brohøyde, stigning og rekkverk høyde fra Tabell 5-1 Krav og ønsker fra ulike interessenter. Denne informasjonen ble brukt som grunnlag for modelleringsarbeidet.

Modelleringsprosessen startet med opprettelsen av en grunnleggende skisser av forslag til utforming av bro i Rhino. Dette inkluderte å definere hovedelementene i broen, som dens form, mål og utforming i forhold til omgivelsene. Da foretrukket broutforming var bestemt ble skissen detaljert, med nødvendige designelementer og funksjoner.

6.7. Levere

“Levere” er siste delen av Double Diamond designprosessen, og her ferdigstilles det endelige bro designet. Den endelige broen ble lagt over et fotografi av området, for å gi et realistisk bilde av hvordan implementasjon av broen ville sett ut og hvordan broen passer inn i omgivelsene. Til slutt ble den endelige modellen av broen dokumentert og rapportert i prosjektrapporten.

7. Resultat

I dette kapitlet presenteres de endelige resultatene av prosjektet. Dette inkluderer fire alternativer for brotype og fire alternativer for broens utforming, alle illustrert med detaljerte illustrasjoner. Disse alternativene er et resultat basert på 5.1.3. Krav og ønsker, 5.1.4. Analyse av forbildeprosjekter, og 5.1.5. Stedsanalyse.

Videre presenteres resultatene av MCDA-analysen for de ulike alternativene basert på de innsamlede kravene og ønskene. Til slutt presenteres den endelige broen og detaljtegninger som beskriver viktige aspekter ved utformingen og designet av broen.

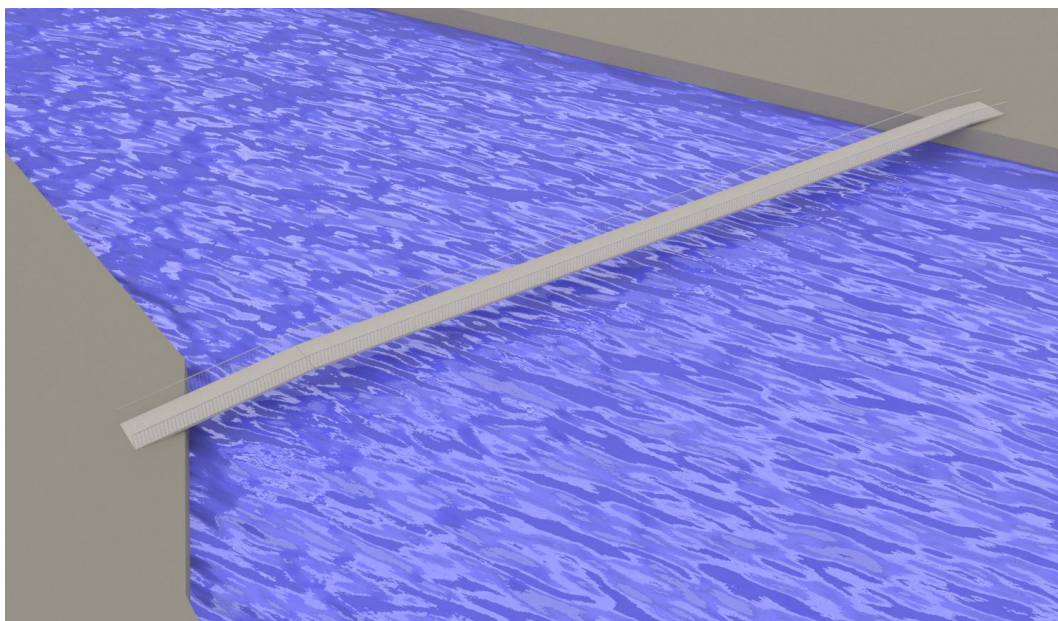
7.1. Alternativer til brotype

Her presenteres fire ulike alternativer til brotype for det aktuelle området. Alternativene er en fast bro med høyde på 2,5 meter fra HAT, en fast bro med høyde på 15 meter fra HAT og to bevegelige alternativer som kan åpne og lukkes for gjennomseiling av større båter. Den første bevegelige broen er en klaffebro og den andre er en svingbro.

Alle fire alternativer for brotype følger Kristiansand kommunes krav til universell utforming, og ønske om stigning på 4%, fra Tabell 5-1. Rekkverkshøyde er satt til 1,2 meter og bredde av bro på 3 meter etter krav fra samme tabell. De fire bro-alternativene har minimum høyde 2,5 meter som er et krav satt av Kristiansand havn.

7.1.1. Fast bro på 2,5 meter fra HAT

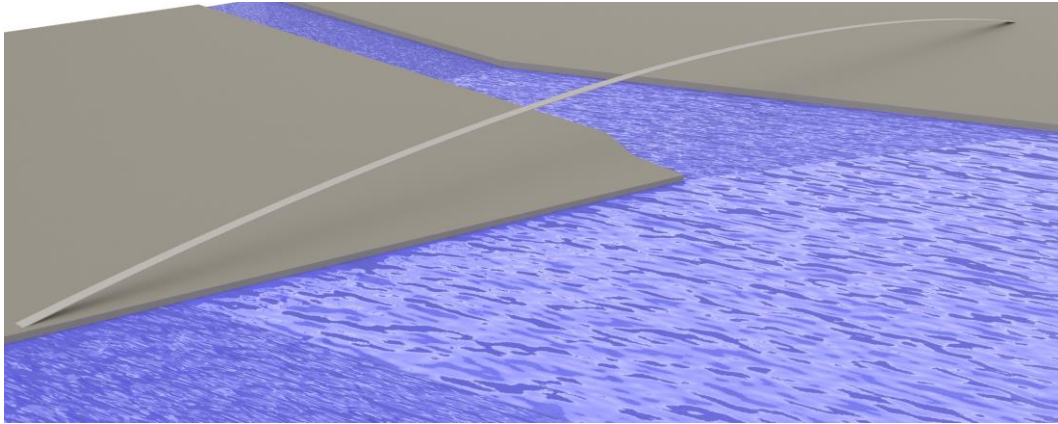
Figur presenterer alternativet av en fast lav bro med høyde 2,5 meter fra høyeste astronomiske tidevann (HAT).



Figur 7-1 Fast bro på 2,5 meter fra HAT [3]

7.1.2. Fast bro på 15 meter fra HAT

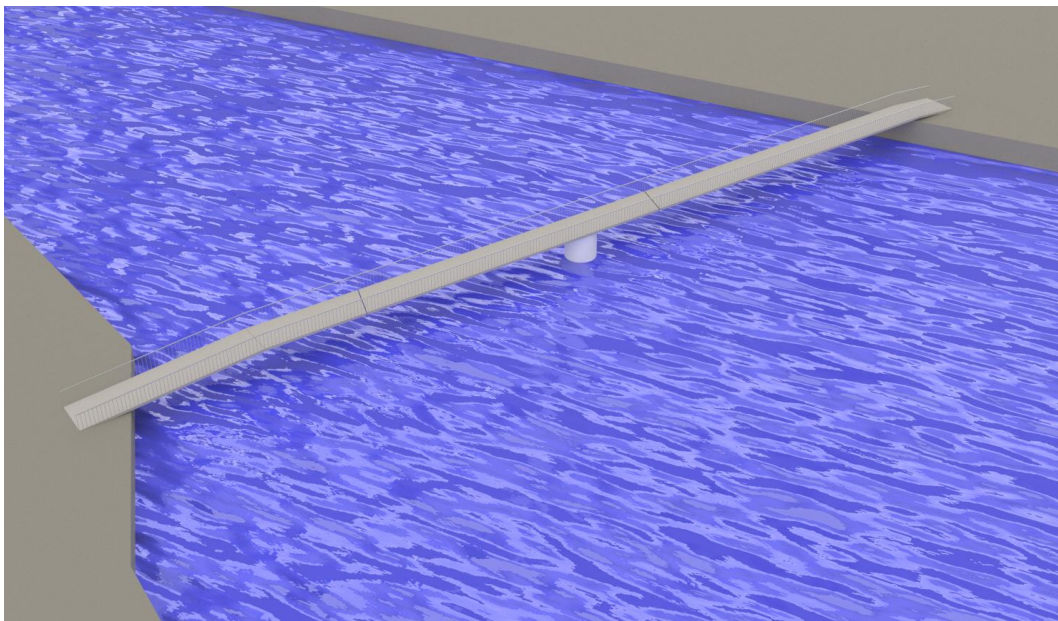
Her presenteres Figur 7-2 som er en fast bro med høyde på 15 meter fra høyeste astronomiske tidevann (HAT).



Figur 7-2 Stasjonær bro på 15 meter fra HAT [3]

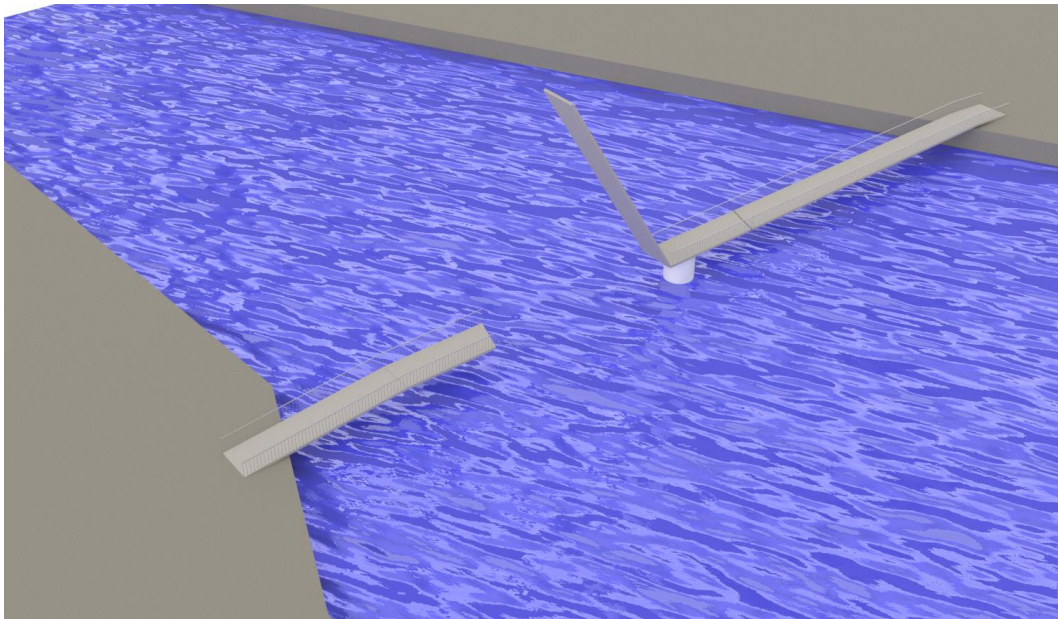
7.1.3. Klaffebro

Her presenteres en bevegelig klaffebro som kan åpnes og lukkes for gjennomseiling av større båter. Figur 7-3 viser broen i lukket posisjon, hvor myke trafikanter kan ferdes trygt over broen.



Figur 7-3 Klaffebro i lukket posisjon [3]

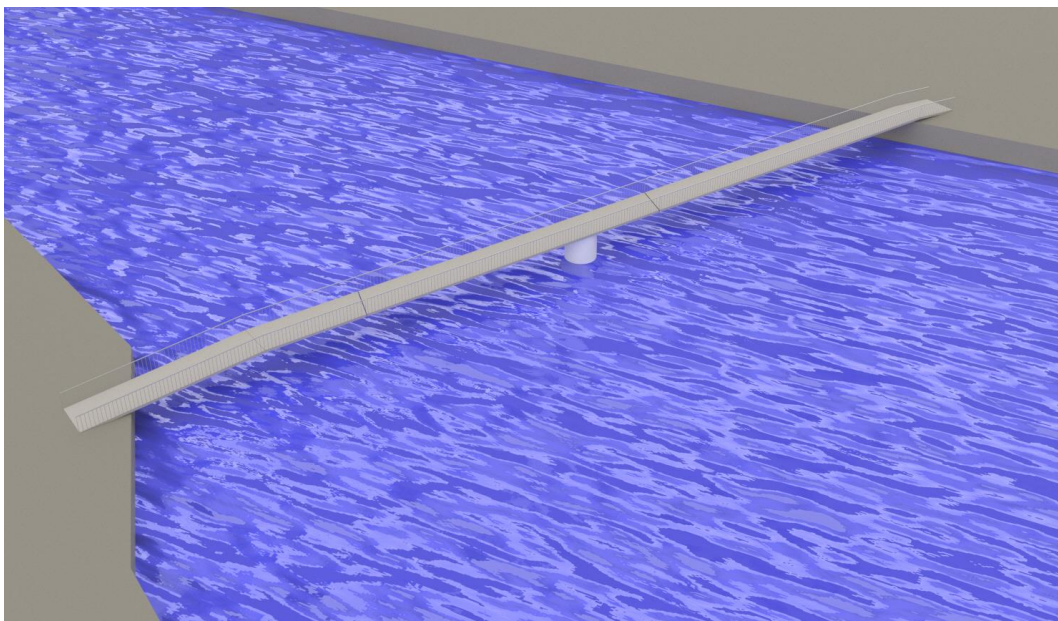
Figur 7-4 viser broen i åpen posisjon. Her kan båter med større vertikal høyde ferdes gjennom åpningen på broen.



Figur 7-4 Klaffebro i åpen posisjon [3]

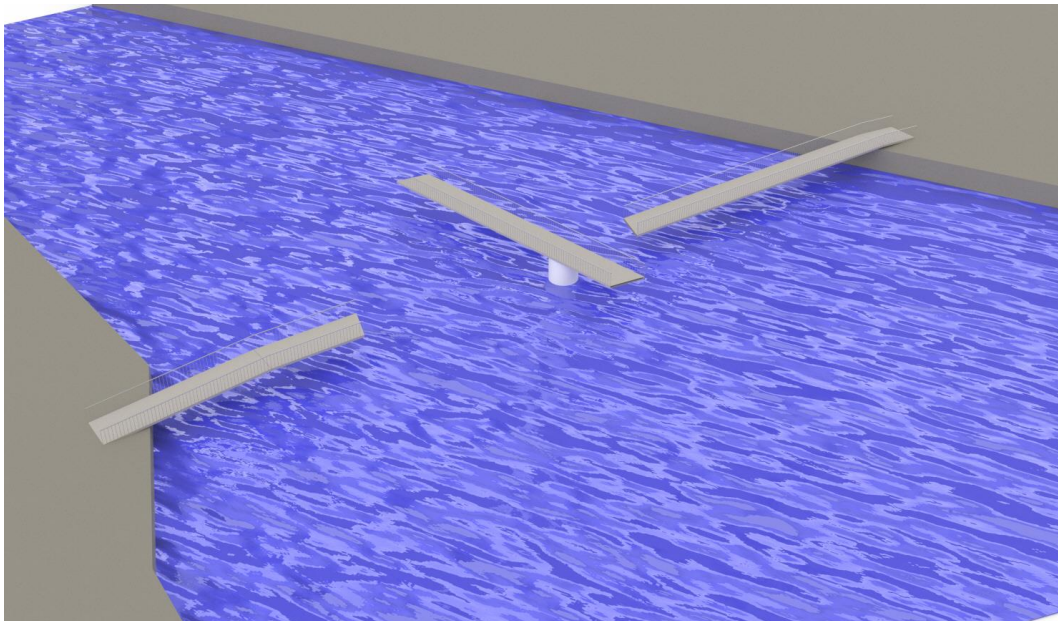
7.1.4. Svingbro

Her presenteres et bilde av en bevegelig svingbro, som sikrer gjennomseiling også for større båter. Figur 7-5 viser broen i lukket posisjon.



Figur 7-5 Svingbro i lukket posisjon [3]

Figur 7-6 viser svingbroen i åpen posisjon, hvor det er mulig for gjennomseiling av båter med større vertikal høyde, som ikke kan seile under broen når den er lukket.



Figur 7-6 Svingbro i åpen posisjon [3]

7.2. MCDA – Brotype

MCDA-analysen, i Tabell 7-1, tar for seg de fire ulike brotypene: “Fast bro på 2,5 meter fra HAT”, “Fast bro på 15 meter fra HAT”, “Klaffebro” og “Svingbro”. Analysen vurderer de fire alternativene opp mot aktuelle kriterier som et satt for valg av brotype. Kriteriene som brukes i analysen er “Tilrettelegging for fiskebåter”, “Tilrettelegging for fritidsbåter over 2,5 meter i vertikal høyde”, “Potensiell fallhøyde”, “Løpemetre bro”, “Enkel silhuett” og “Lite vedlikehold og drift”. Alle kriteriene er vektet mellom 1 og 3 ut ifra viktighet, der 1 indikerer lav viktighet, 2 indikerer middels viktighet, og 3 indikerer høy viktighet.

Analysen viser også alternativenes unike score for hvert kriterium, som er et tall mellom 1 og 3 som indikerer hvorvidt alternativet oppfyller kriteriet. 1 indikerer lav oppnåelse, 2 indikerer middels oppnåelse og 3 indikerer høy oppnåelse. De alternativene som utelukkes, basert på et bestemt kriterium, markeres i analysen med “-” for kriteriet og i totalscoren for alternativet.

Nederst i analysen presenteres de endelige resultatene og hvilket alternativ som har den høyeste scoren.

Tabell 7-1 MCDA for brotype [3]

Kriterier:	Vekting:	Alternativ 1: Fast bro (2,5 m fra HAT)	Alternativ 2: Fast bro (15 m fra HAT)	Alternativ 3: Klaffebro	Alternativ 4: Svingbro
Tilrettelegging for fiskebåter	3	-	3	2	2
Tilrettelegging for fritidsbåter over 2,5 meter i vertikal høyde	1	1	3	2	2
Potensiell fallhøyde	3	3	1	1	3
Løpemetar bro	3	3	-	3	3
Enkel silhuett	2	3	1	2	3
Lite vedlikehold og drift	2	3	2	1	2
Totalt		-	-	26	36

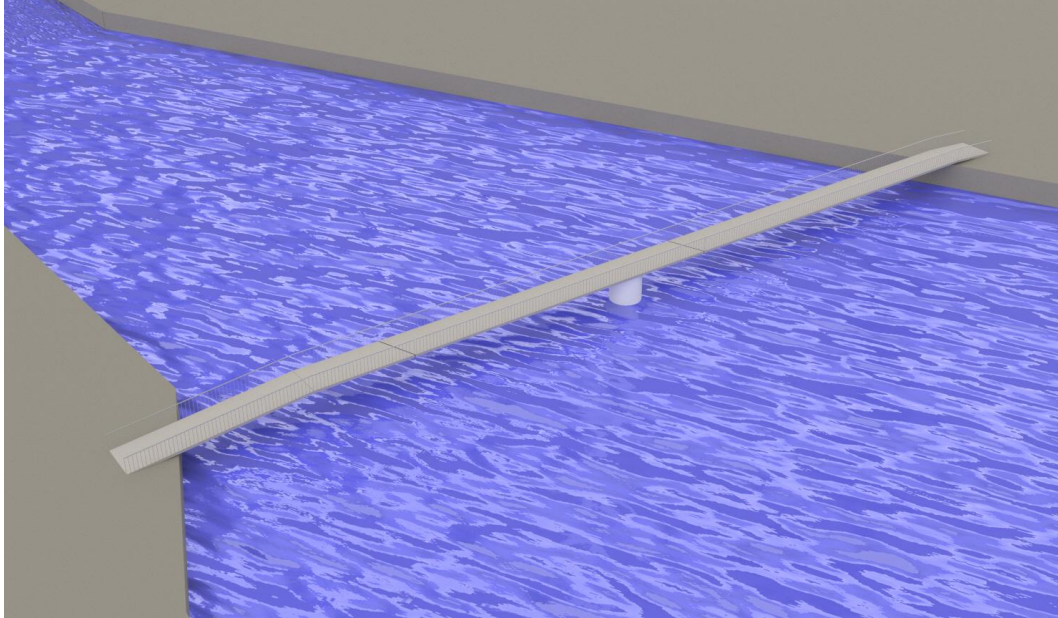
MCDA-analysen viser at Alternativ 4: Svingbro scorer høyest med en total score på 36. Alternativ 1 og Alternativ 2 utelukkes, og Alternativ 3 får en total score på 26.

7.3. Alternativer – Utforming

I dette kapittelet presenteres fire alternativer til utforming av bro, fra Lagmannsholmen, og over til Odderøya. De fire alternativene er plassert i det aktuelle området, og alle er designet med en åpne-/lukkemekanisme, mer spesifikt svingbro. Alternativene som presenteres er kalt “Rett linje”, “Sirkeløy”, “Sikksakk”, “Buet”, og alle tar for seg ulike kvaliteter fra forbildeprosjektene.

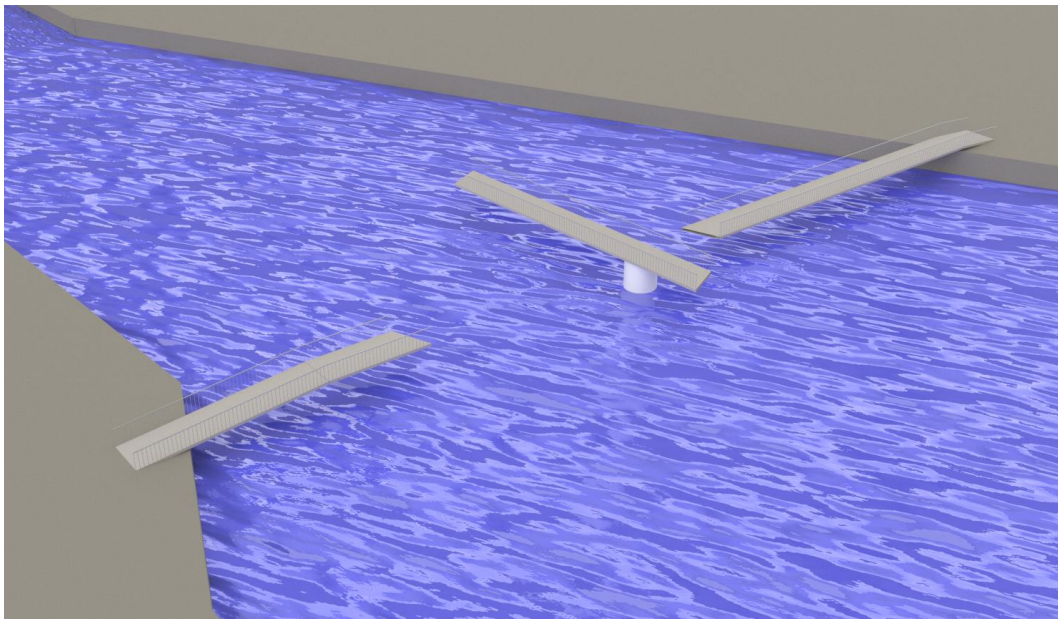
7.3.1. Rett linje

Figur 7-7 presenterer et alternativ til utforming av bro hvor broen krysser over kanalen i en rett linje.



Figur 7-7 Svingbro "Rett linje" i lukket posisjon [3]

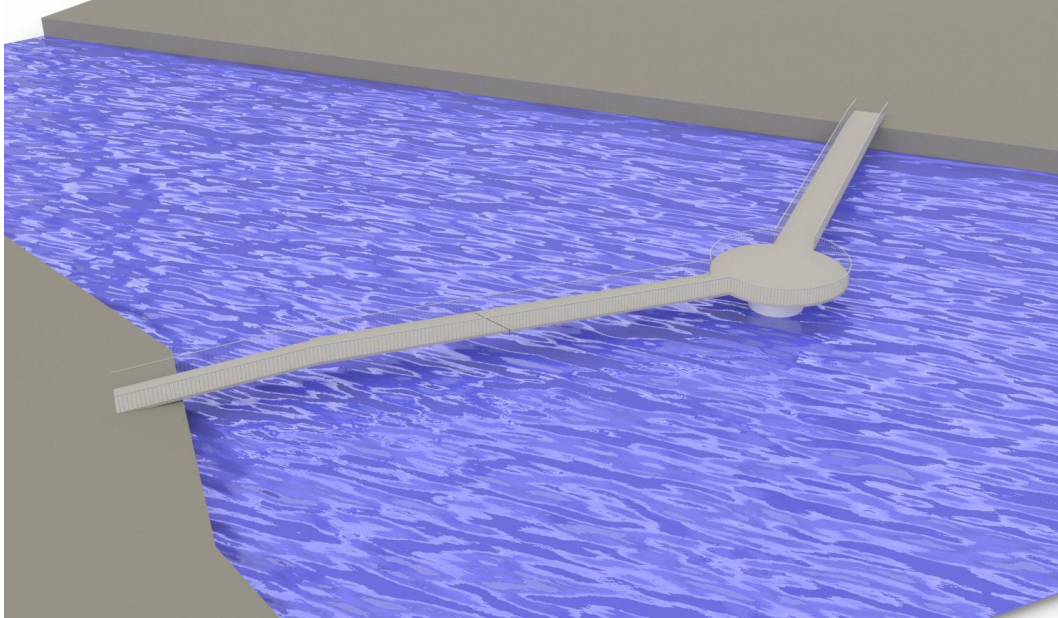
Figur 7-8 presenterer et bilde av alternativet "Rett linje", hvor åpne-/lukkemekanismen for broen er åpen. Her kan man tydelig se hvordan passasjen vil være i åpen posisjon, hvor båter som ikke kommer under broen i lukket posisjon kan seile fritt gjennom.



Figur 7-8 Svingbro "Rett linje" i åpen posisjon [3]

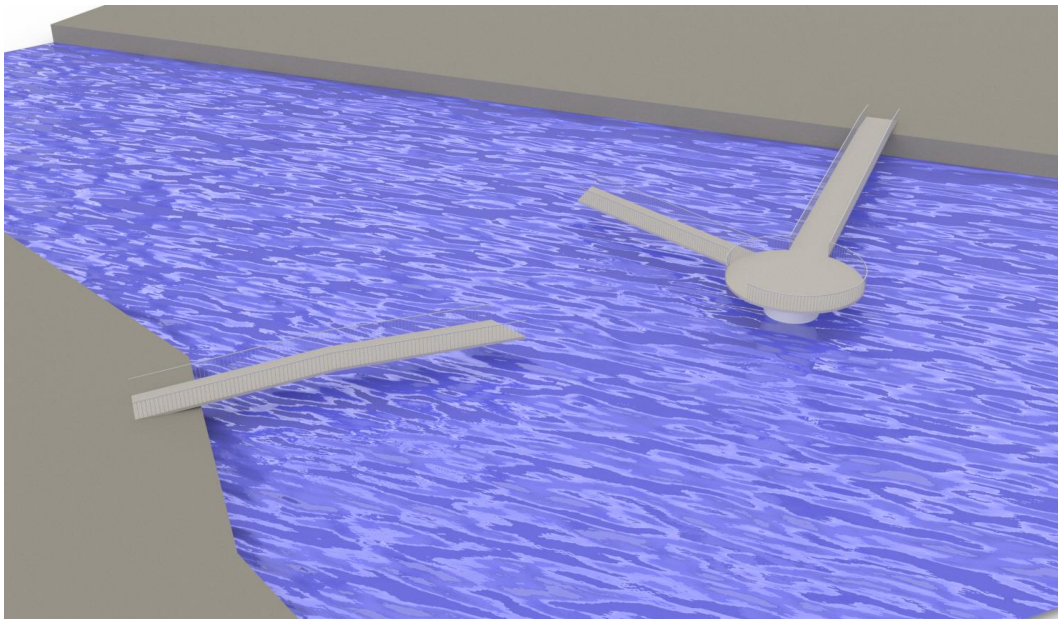
7.3.2. Sirkeløy

“Sirkeløy” er det andre alternativet til utforming av broen. Dette alternativet har en rett linje ut fra Lagmannsholmen, og en rett linje ut fra mellom Kilden og Kunstsilo, som igjen møtes i en sirkeløy.



Figur 7-9 Svingbro "Sirkeløy" i lukket posisjon [3]

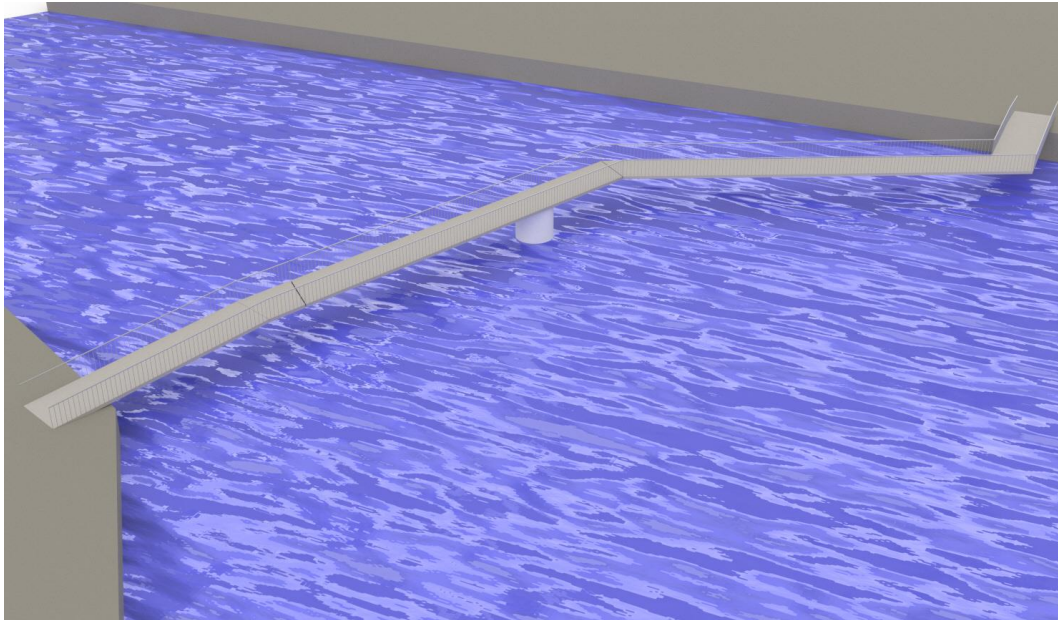
Figur 7-10 viser alternativet “Sirkeløy” i en åpen posisjon. Figuren demonstrerer hvordan åpne-/lukkemekanismen til broen fungerer i åpen posisjon, som tilrettelegger for gjennomseiling av båter som ikke kommer under broen i lukket posisjon.



Figur 7-10 Svingbro "Sirkeløy" i åpen posisjon [3]

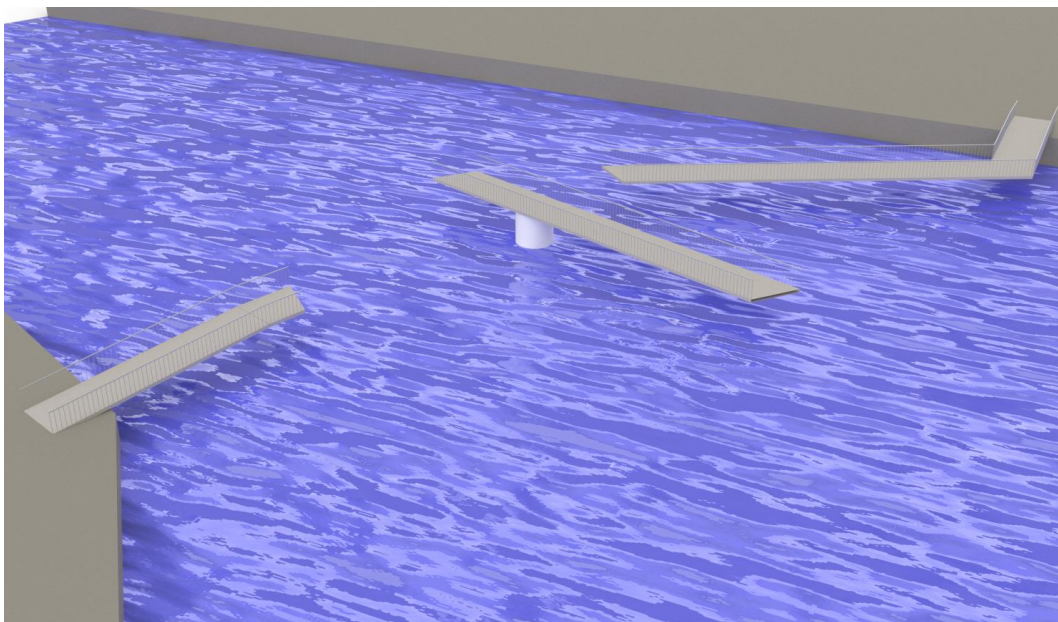
7.3.3. Sikksakk

Figur 7-11 presenterer en utforming av bro som kalles "Sikksakk". Alternativet strekker seg i en rett linje ut fra Lagmannsholmen og en rett linje ut fra mellom Kilden og Kunstsilo, hvor en separat del knytter sammen disse linjene, derav sikksakk-form.



Figur 7-11 Svingbro "Sikksakk" i lukket posisjon [3]

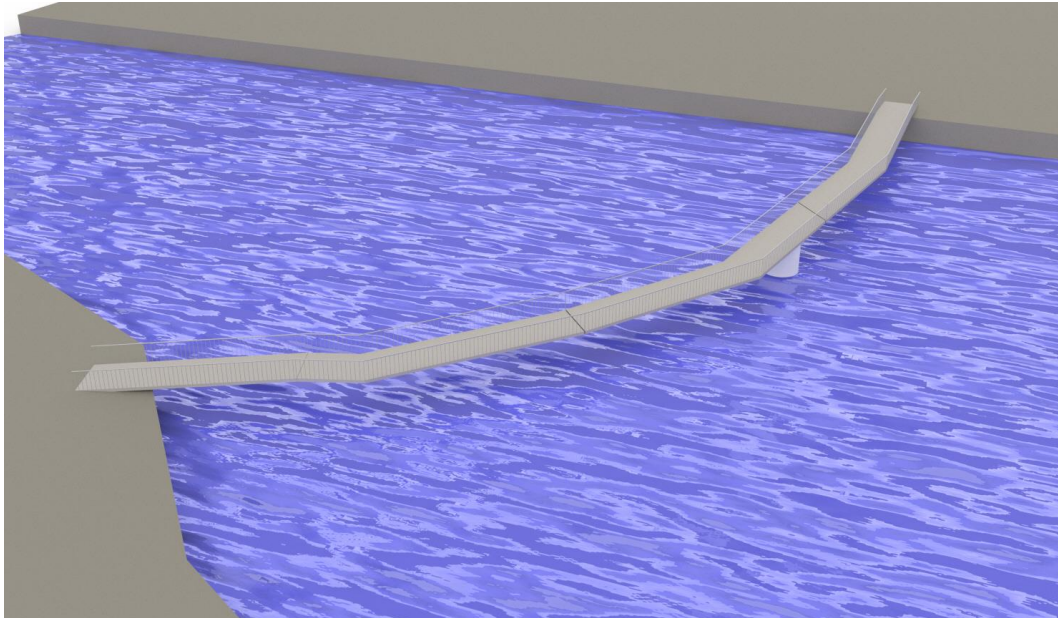
Figur 7-12 viser hvordan broen med åpne-/lukkemekanisme ville sett ut i åpen posisjon.



Figur 7-12 Svingbro "Sikksakk" i åpen posisjon [3]

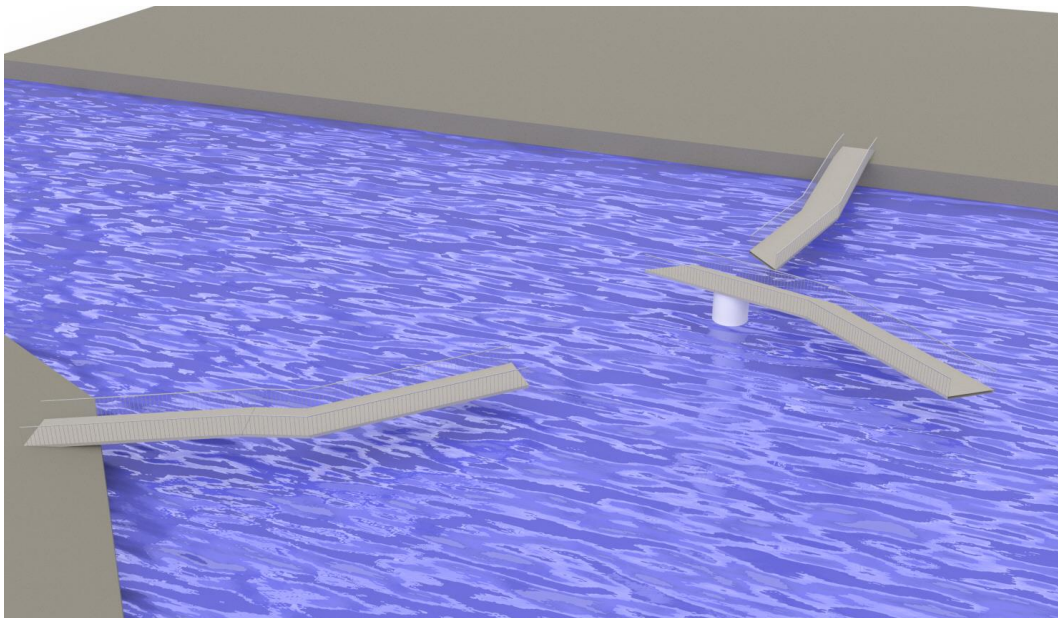
7.3.4. Buet

Alternativet, vist i Figur 7-13, er formet som en bue. Broen har rette linjer, men sett i en helhet får broen en buet form.



Figur 7-13 Svingbro "Buet" i lukket posisjon [3]

Figur 7-14 demonstrerer åpne-/lukkemekanismen til alternativet "Buet" i åpen posisjon.



Figur 7-14 Svingbro "Buet" i åpen posisjon [3]

7.4. MCDA – Utforming

I MCDA-analysen, i Tabell 7-2, blir de fire ulike alternativene for utforming av broen presentert: "Rett linje", "Sirkeløy", "Sikksakk" og "Buet". Analysen gir en oversikt over alternativenes unike score for hvert kriterium, som er vurdert på en skala fra 1 til 3, hvor 1 indikerer lav oppnåelse og 3 indikerer høy oppnåelse. Kriteriene som vurderes er: "Rekreasjonsmuligheter", "Estetikk", "X-faktor", "Tilpasset til omgivelser" og "Effektiv trafikkflyt over broen", har blitt vektet mellom 1 og 3 basert på deres relative viktighet. En vekt på 1 indikerer lav viktighet, mens en vekt på 3 indikerer høy viktighet.

Analysen gir også en sammenfatning av de endelige resultatene, som viser hvilket alternativ som har oppnådd den høyeste totalscoren og dermed scorer best i henhold til de definerte kriteriene.

Tabell 7-2 MCDA for utforming av bro [3]

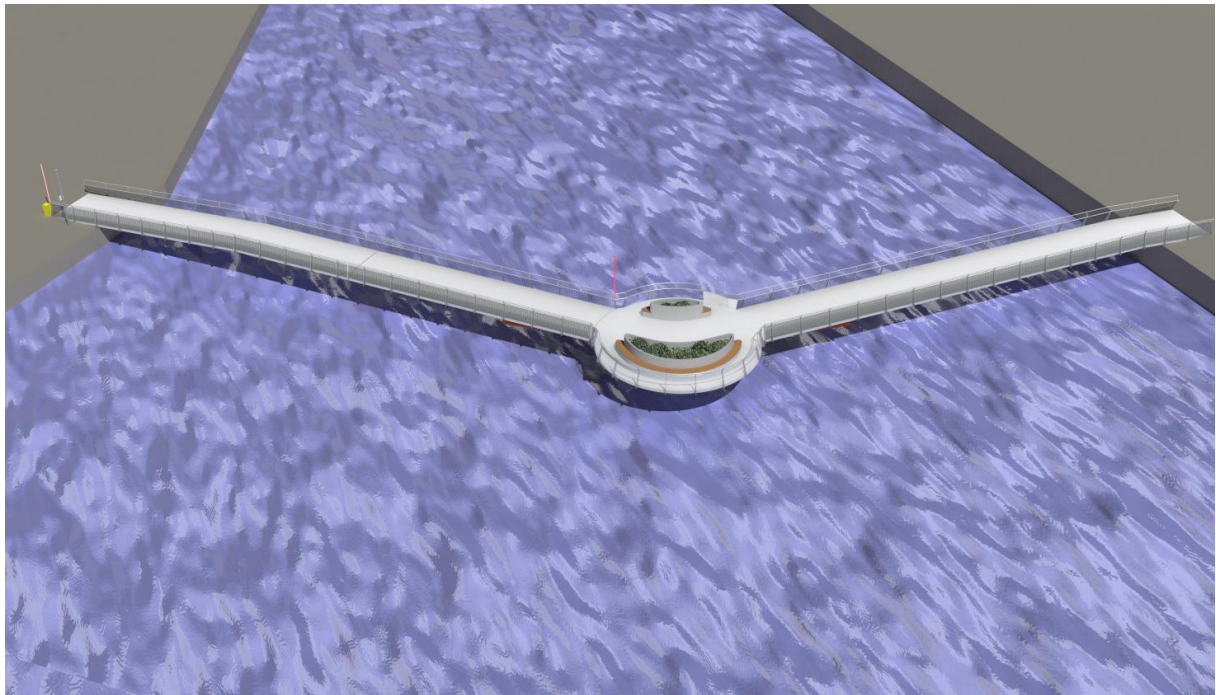
Kriterier:	Vekting:	Alternativ 1: Rett linje	Alternativ 2: Sirkeløy	Alternativ 3: Sikksakk	Alternativ 4: Buet
Rekreasjonsmuligheter	2	1	3	1	1
Estetikk	3	2	3	2	2
X-faktor	1	1	3	3	1
Tilpasset til omgivelser	3	1	3	3	3
Effektiv trafikkflyt over broen	1	3	2	1	2
Totalt		15	29	21	20

Analysen, i Tabell 7-2, viser at alternativ 2 har fått den høyeste totalscoren på 29. Alternativ 3 fikk totalscore på 21, og alternativ 4 fikk totalscore på 20. Den viser også at alternativ 1 har den laveste totalscoren med bare 15 poeng.

7.5. Endelig bro

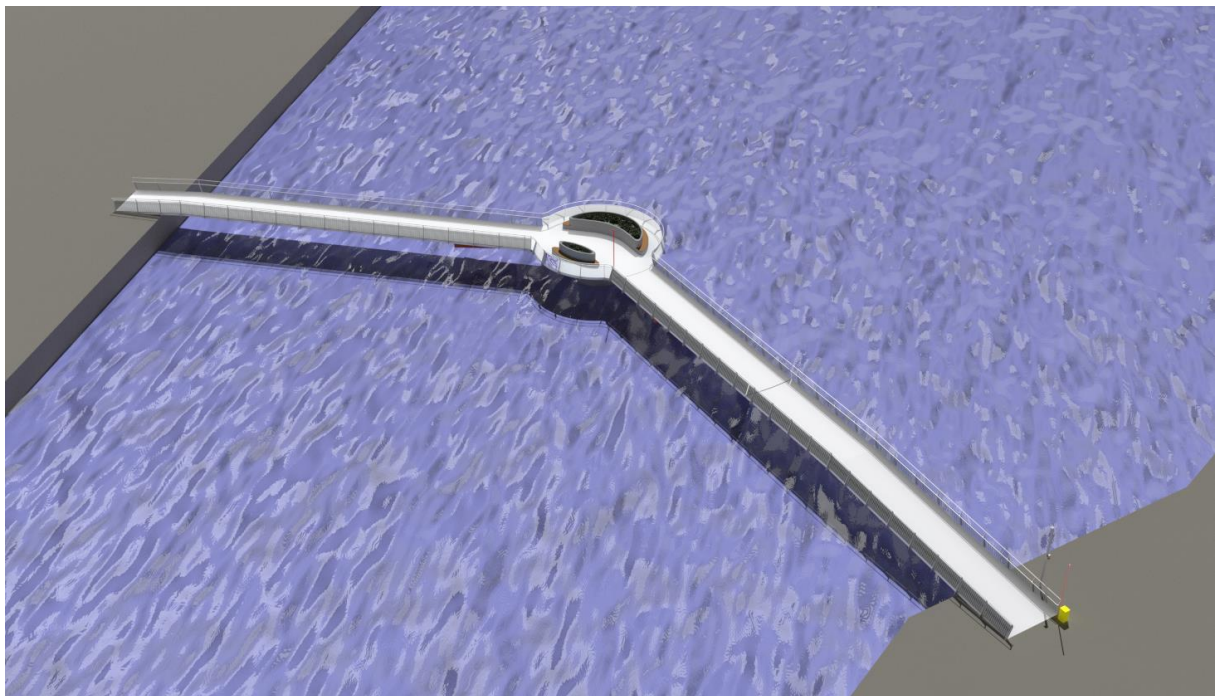
I dette kapittelet presenteres den endelige broen for prosjektet med et omfattende utvalg av illustrasjoner. Dette inkluderer bilder fra ulike vinkler for å gi en helhetlig forståelse av broens utseende, samt realistiske bilder av broen plassert i det aktuelle miljøet. Disse illustrasjonene gir en detaljert visuell fremstilling av broens utforming og hvordan broen passer inn i omgivelsene. Illustrasjonene av den endelige broen er hentet fra *Vedlegg 8*.

Figur 7-15 illustrerer et bilde av den endelige broen, som er en svingbro med «Sirkeløy»-utforming. Bildet viser kaifronten på begge sider og broen strekker seg over Gravanekanalen.



Figur 7-15 Endelig bro i "Rendered view" i Rhino [3]

Figur 7-16 illustrerer den endelige utformingen av broen, som strekker seg over kanalen, sett fra en annen vinkel.



Figur 7-16 Endelig bro i "Rendered view" i Rhino [3]

Figur 7-17 viser svingbroen satt på et fotografi av det aktuelle området. Her ser man broen implementert i realistisk omgivelser, fra kaifronten på Odderøya til Lagmannsholmen med den nåværende containerhavnen. Dette bildet illustrerer broen i lukket posisjon.



Figur 7-17 Endelig bro i lukket posisjon, lagt på et perspektivbilde tatt fra Kunstsilo [3]

Figur 7-18 viser også et realistisk bilde av svingbroen satt på et fotografi av det aktuelle området. Bildet illustrerer broen i åpen posisjon slik at båter, som ikke kommer under broens opprinnelige høyde, kan seile gjennom.



Figur 7-18 Endelig bro i åpen posisjon, lagt på et perspektivbilde tatt fra Kunstsilo [3]

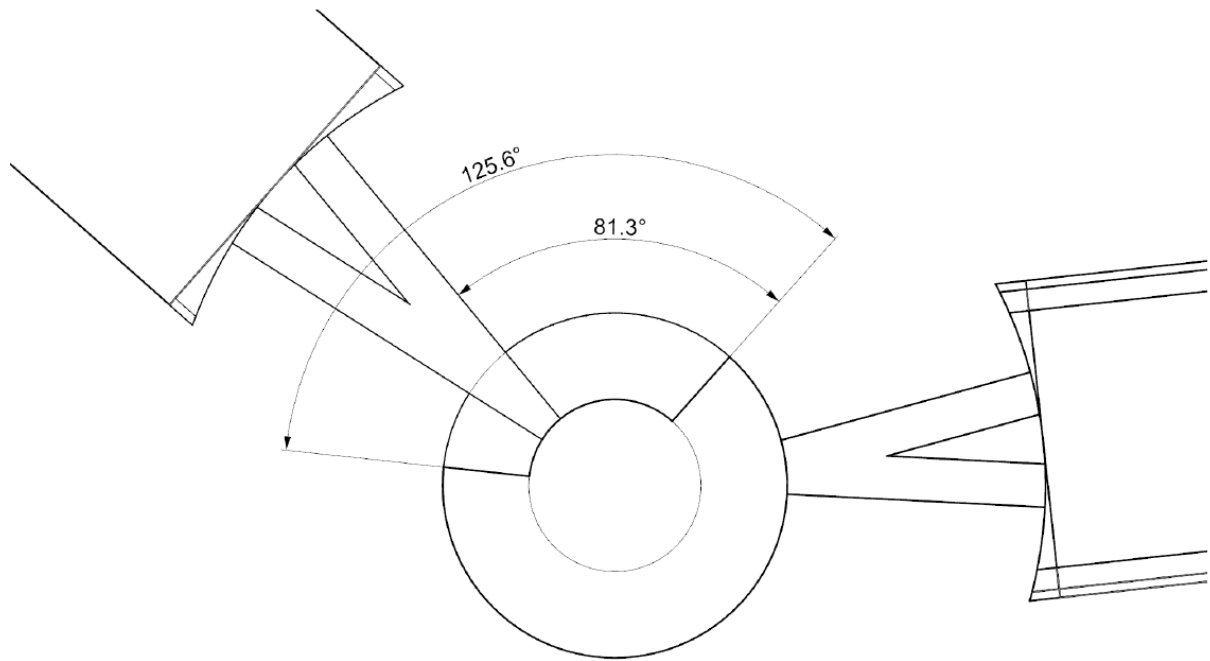
Figur 7-19 viser et flyfoto av det aktuelle området med den endelige broen implementert. Her kan man se broen i en sammenheng med omgivelsene rundt, inkludert de andre broene i kanalen.



Figur 7-19 Endelig bro lagt på oversiktsbilde fra det aktuelle området [3] [4]

7.5.1. Svingmekanisme

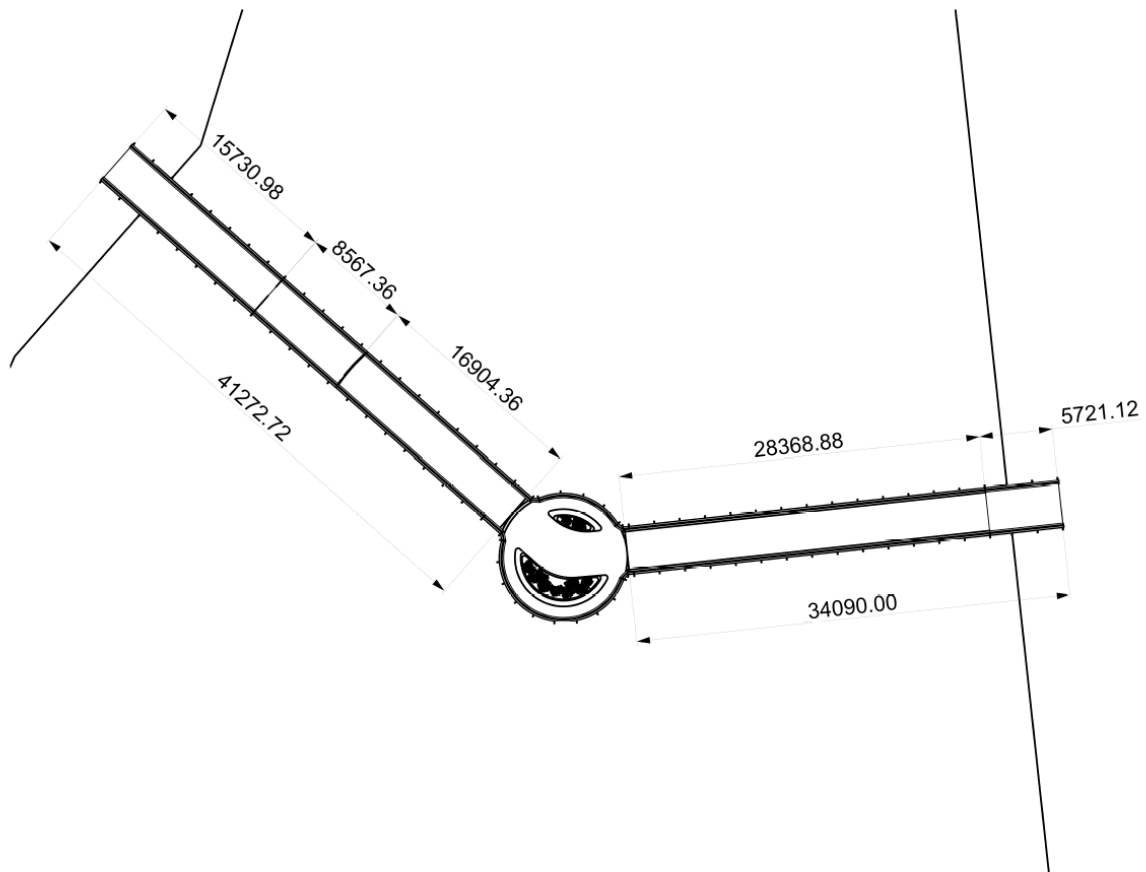
Figur 7-20 demonstrerer svingmekanismen til den bevegelige broen, med maksimal svingradius. Den roterende delen av broen følger omkretsen til den ytterste sylindren, og har mulighet til å rotere maksimalt 125,6 grader. Ved åpning av broen roterer det bevegelige elementet innover. I denne retningen kan det rotere 81,3 grader.



Figur 7-20 Svingmekanisme med rotasjonsspenn [3]

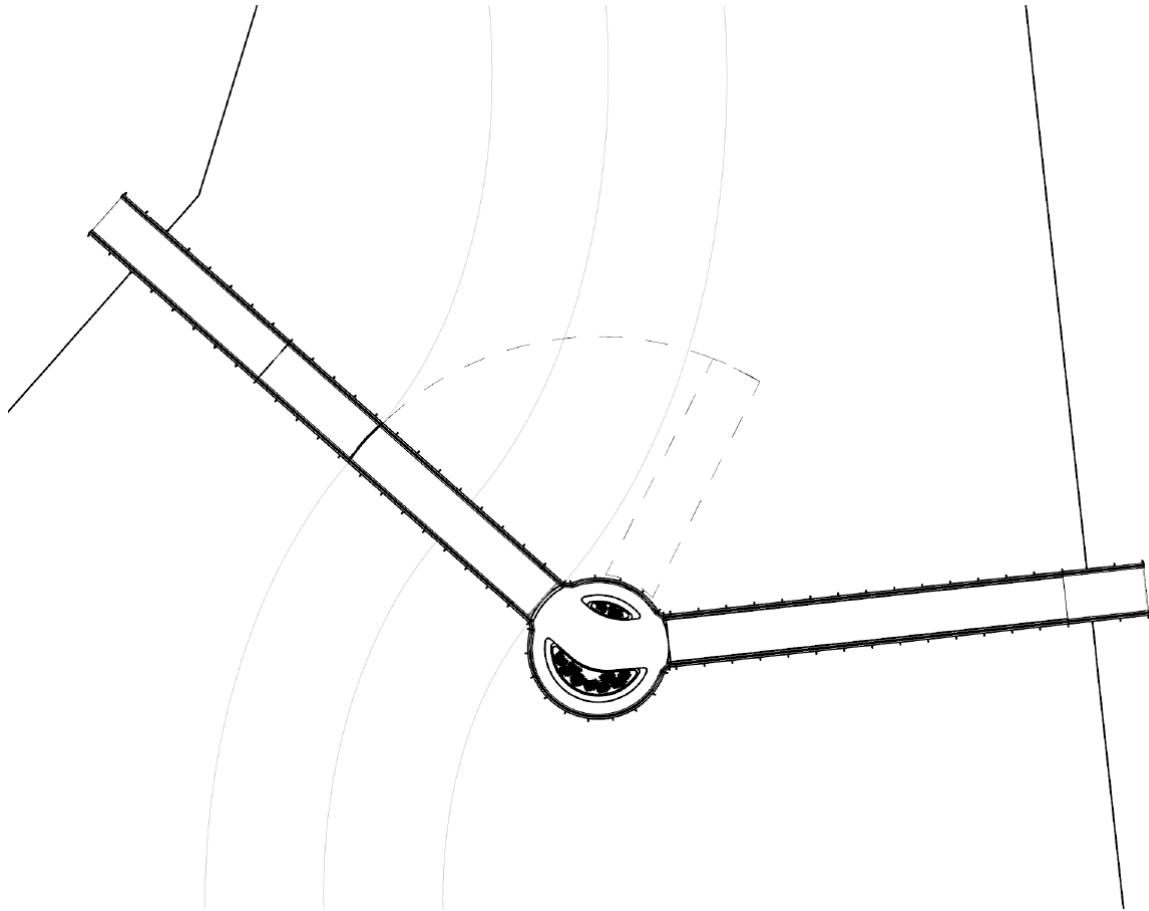
7.5.2 Lengde over kanalen og seilingsmønster

Figur 7-21 illustrerer broen i Gravanekanalen med diverse lengder. Broen står vinkelrett på kaifronten på begge sidene av kanalen. Fra hver sin kaifront møtes broen i et punkt midt i kanalen, hvor sirkeløyen er plassert. Avstanden fra Lagmannsholmen til sirkeløyen er 41,3 meter og avstanden fra Odderøya til sirkeløyen er 34,1 meter. Det bevegelige elementet som roterer rundt sirkeløyen har en total lengde på omtrent 16,9 meter og er plassert fra sirkeløyen, og mot Lagmannsholmen.



Figur 7-21 "Top view" av bro med lengder oppgitt i millimeter [3]

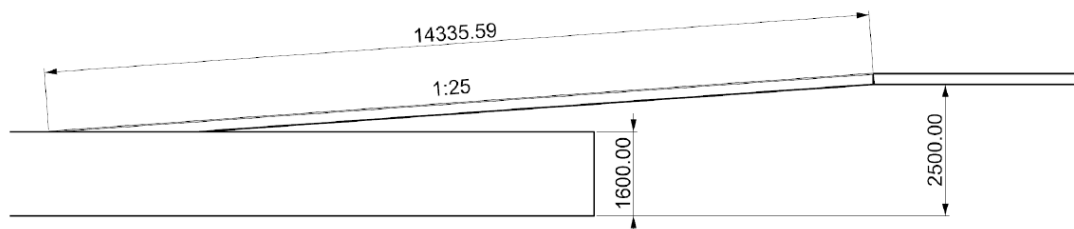
Figur 7-22 illustrerer svingbroen og seilingspassasjen, som svingbroen skaper, demonstrert med grå linjer gjennom kanalen. Broen vises i lukket posisjon, hvor de stiplede linjene demonstrerer det bevegelige elementet i åpen posisjon.



Figur 7-22 "Top view" av bro med illustrert seilingspassasje når den bevegelige delen er i åpen posisjon, vist stipla linjer [3]

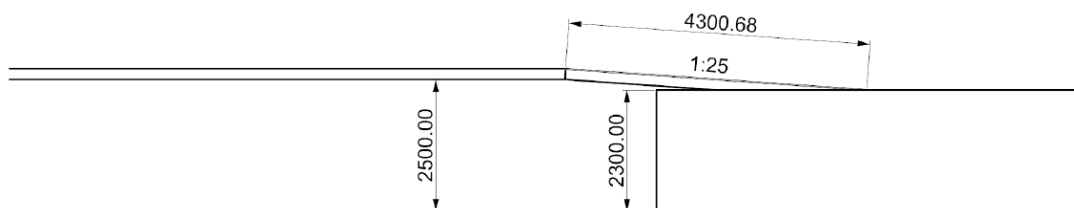
7.5.3 Brohøyde og rampe

Figur 7-23 illustrerer broens rampe på Lagmannsholmen med relevante mål. Kaifronten på denne siden av kanalen har en høyde på 1,6 meter fra HAT, og broens høyde settes til 2,5 meter fra HAT. Med en stigning på 1:25, eller 4%, blir rampens lengde 14,3 meter.



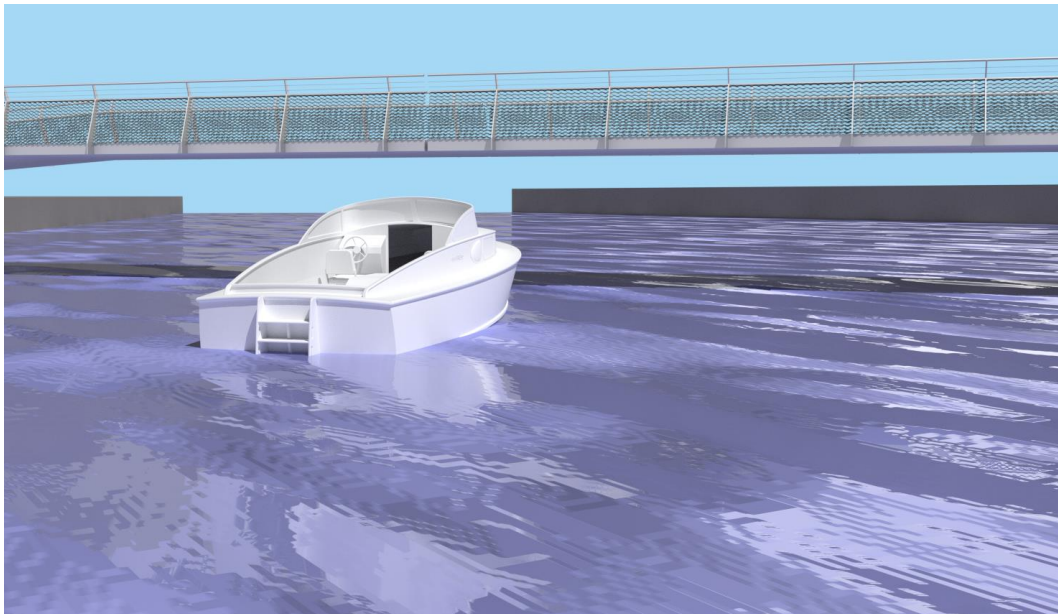
Figur 7-23 Rampe på Lagmannsholmen oppgitt i millimeter [3]

Figur 7-24 illustrerer broens rampe på Odderøya med relevante mål. På denne siden er kaifronten 2,3 meter fra HAT. Med en brohøyde på 2,5 meter og en stigning på 1:25, eller 4%, blir rampens lengde 4,3 meter.



Figur 7-24 Rampe på Odderøya oppgitt i millimeter [3]

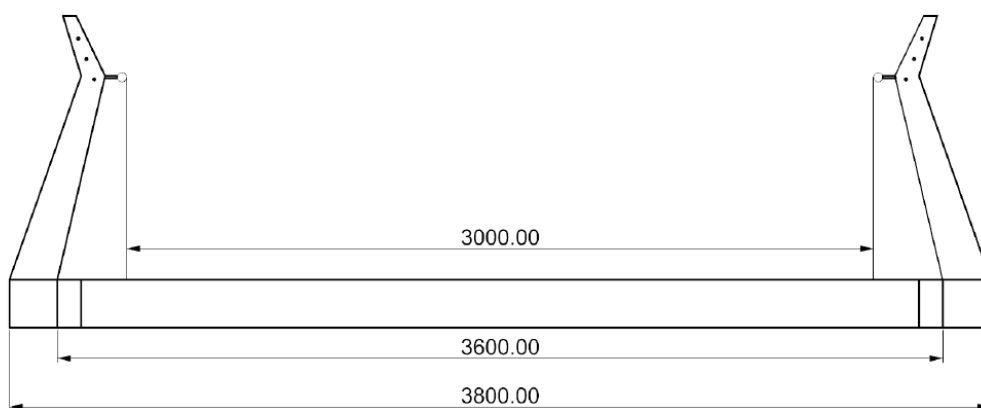
Figur 7-25 illustrerer broens høyde sammenlignet med en fritidsbåt, for å demonstrere at fritidsbåter med inntil 2,5 meter i vertikal høyde kan seile under broen.



Figur 7-25 Innseilende båt i forhold til brohøyde [3]

7.5.4 Brobredde

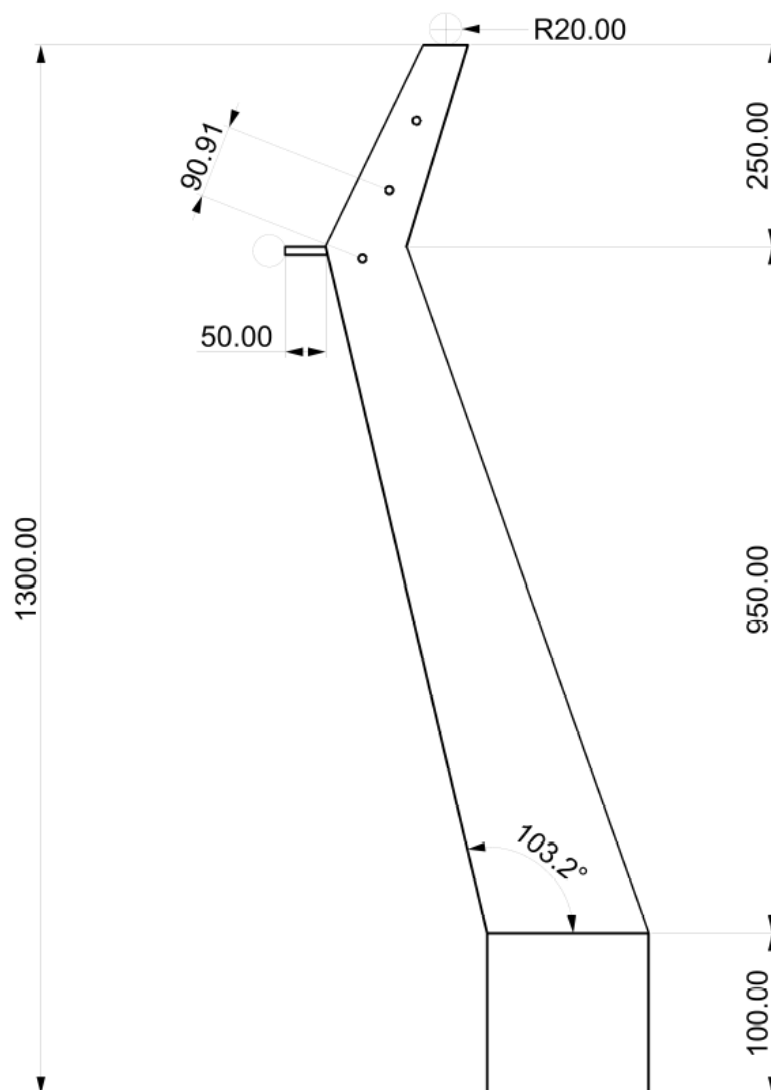
Figur 7-26 illustrerer broens totale bredde med relevante mål. Den frie bredden mellom håndlistene på hver side er 3,0 meter. Bredden av underlaget er 3,6 meter og den totale bredden inkludert rekkverk og håndlister er 3,8 meter.



Figur 7-26 Brobredde med lengder oppgitt i millimeter [3]

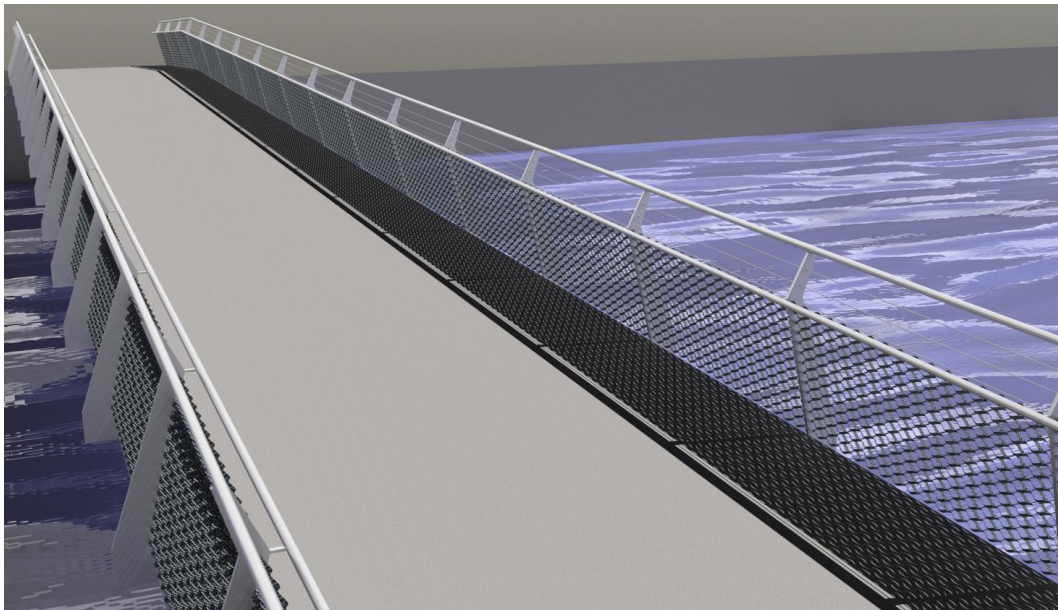
7.5.5. Rekkverk

Figur 7-27 illustrerer broens rekkverk med mål. Rekkverket er plassert på en kvadratisk kloss med høyde på 100 millimeter. Videre skrås rekkverksstolpen innover med en vinkel på 103 grader. Denne delen av stolpen har en høyde på 950 millimeter. Her er det plassert en håndlist som går 50 millimeter horisontalt ut fra rekkverket. Den siste delen av rekkverksstolpen skrås utover igjen og har en høyde på 250 millimeter. Den er også plassert en håndlist på toppen av rekkverket. Begge håndlistene er formet som sylindere, og har en radius på 50 millimeter. Mellom håndlistene er det tre horisontale vaiere som har en avstand på 91 millimeter. Rekkverket får en total høyde på 1300 millimeter, eller 1,3 meter. Ekskluderer man klossen i bunnen av rekkverksstolpen blir høyden 1,2 meter.



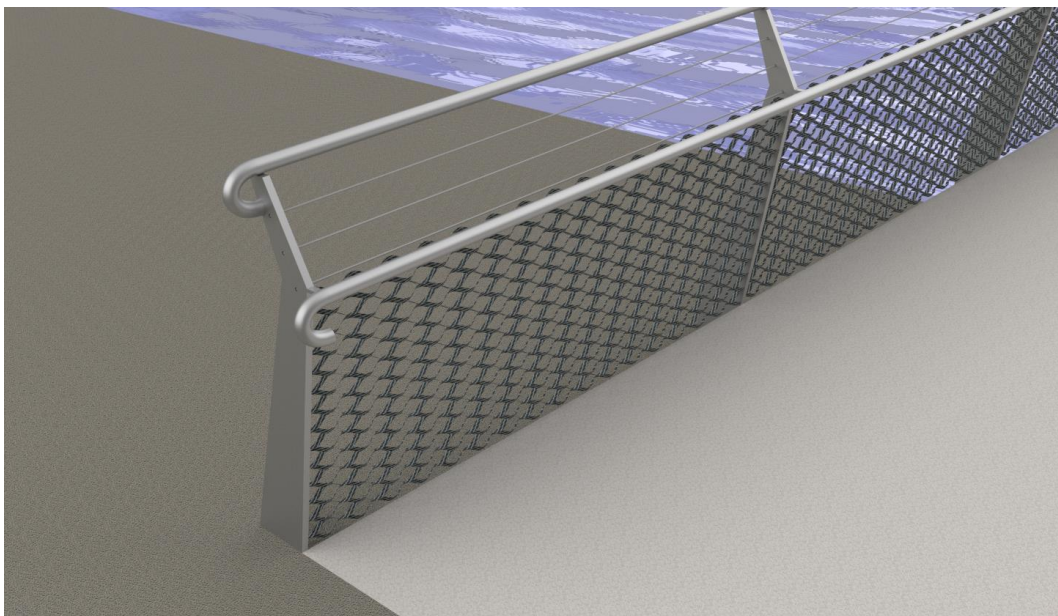
Figur 7-27 Samtlige mål av rekkverksstolpe oppgitt i millimeter [3]

Figur 7-28 illustrerer strekkmetallplater, som er brukt som rekkverk på broen, samt håndlister og vaiere mellom håndlister.



Figur 7-28 Detalj som viser strekkmetallplater, håndlister og vaiere [3]

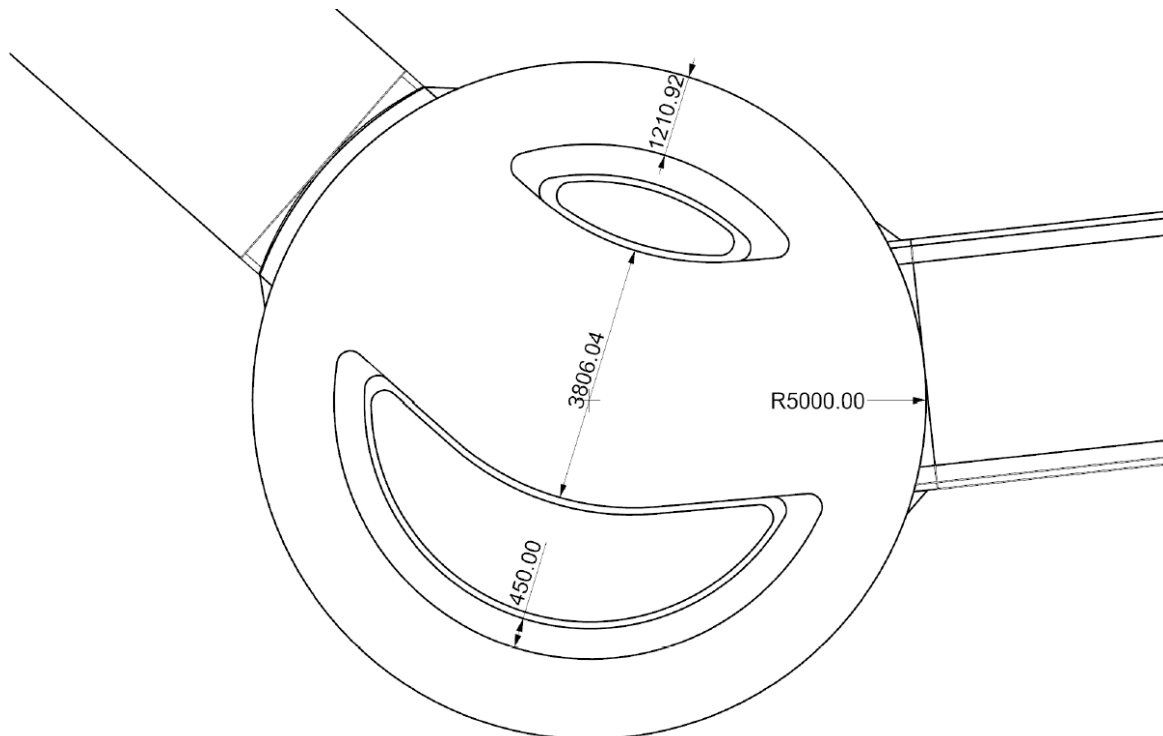
Figur 7-29 illustrerer buet endeavslutning på håndlistene på broen.



Figur 7-29 Endeavslutning på håndlistene [3]

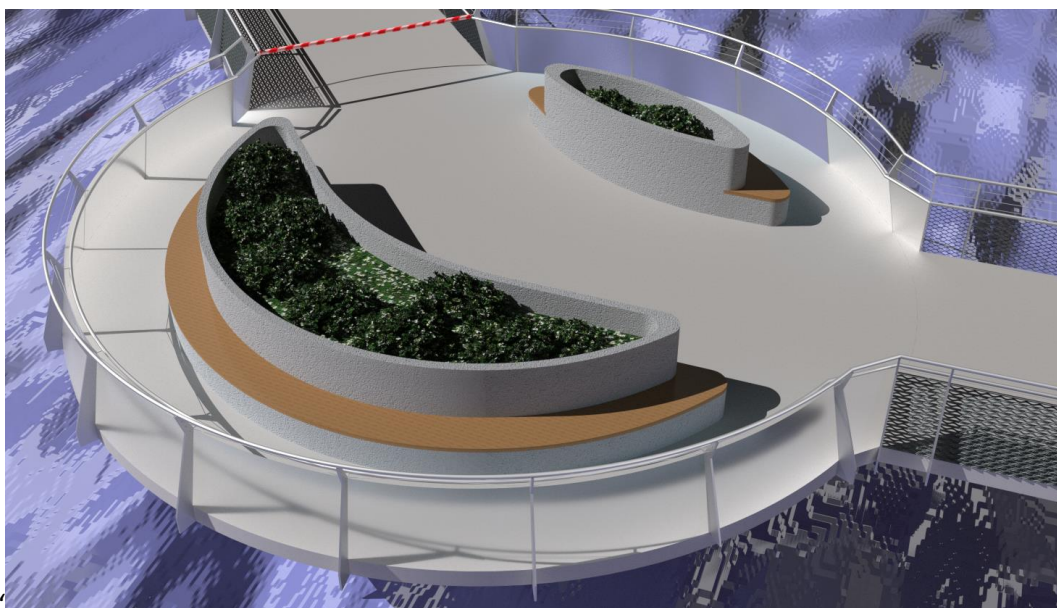
7.5.7. Sirkeløy

Figur 7-30 illustrerer broens sirkeløy med relevante mål. Sirkeløyen har en radius på 5 meter og en passasje som er 3,8 meter bred. Benkene på hver side har en bredde på 0,45 meter og passasjen rundt sirkeløyen er 1,2 meter bred.



Figur 7-30 Mål av sirkeløyen oppgitt i millimeter [3]

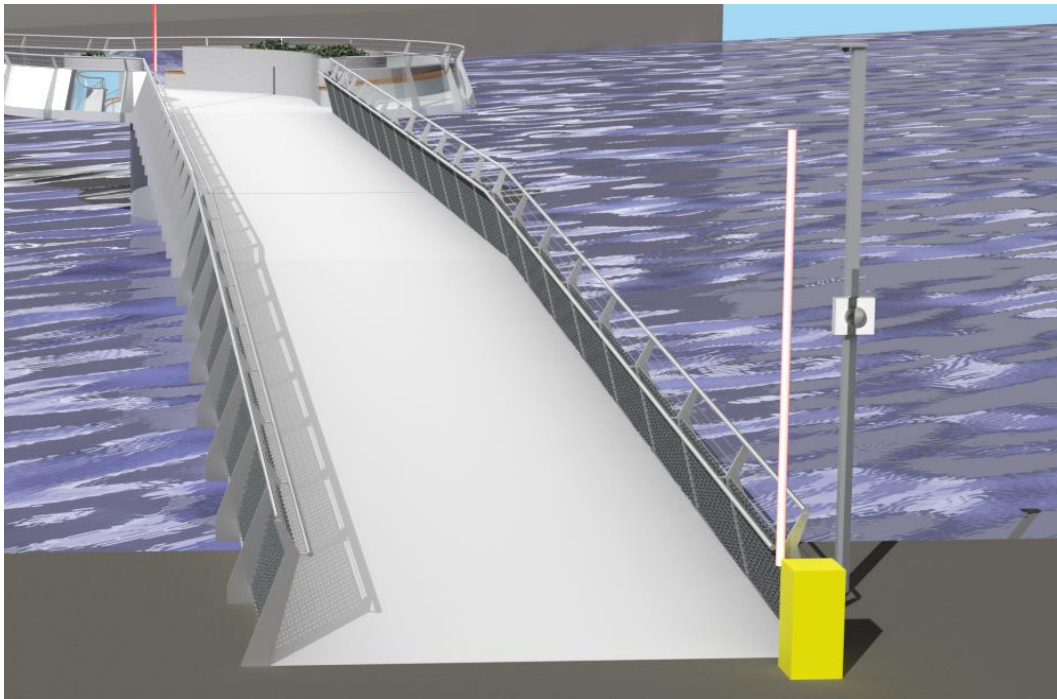
Figur 7-31 illustrerer en passasje gjennom og rundt sirkeløyen, samt glassrekkverk, benker og grøntområder.



Figur 7-31 Perspektivbilde av sirkeløyen [3]

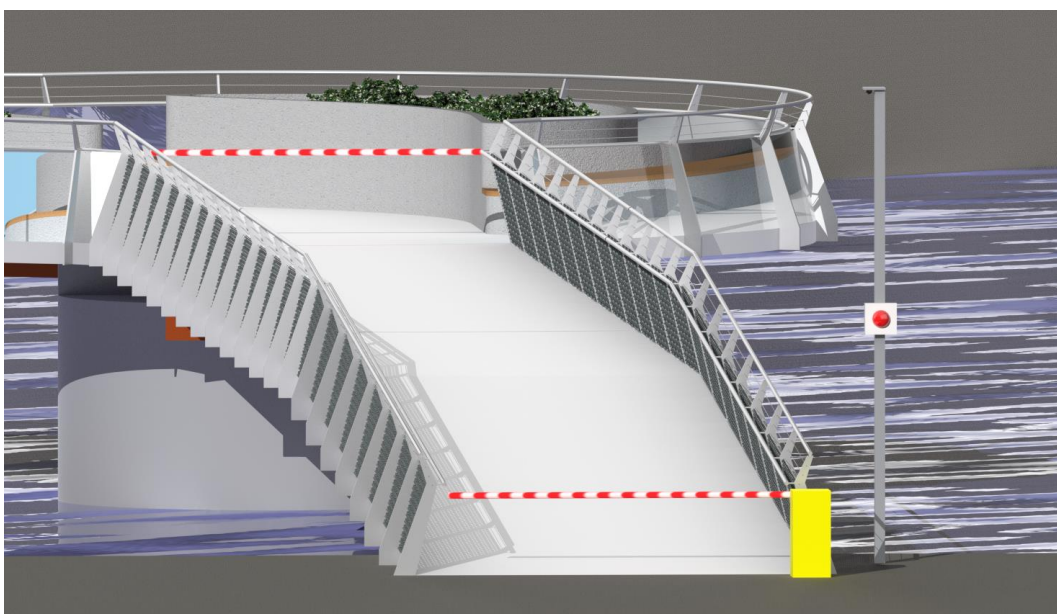
7.5.8. Sikkerhetstiltak

Figur 7-32 Illustrerer broens sikkerhetstiltak inkludert to horisontale bommer, varsellys og lyd, og sikkerhetskamera. Bildet illustrerer broen når den er i lukket posisjon og åpen passasje for fotgjengere. Figuren er sett fra Lagmannsholmen mot sirkeløyen.



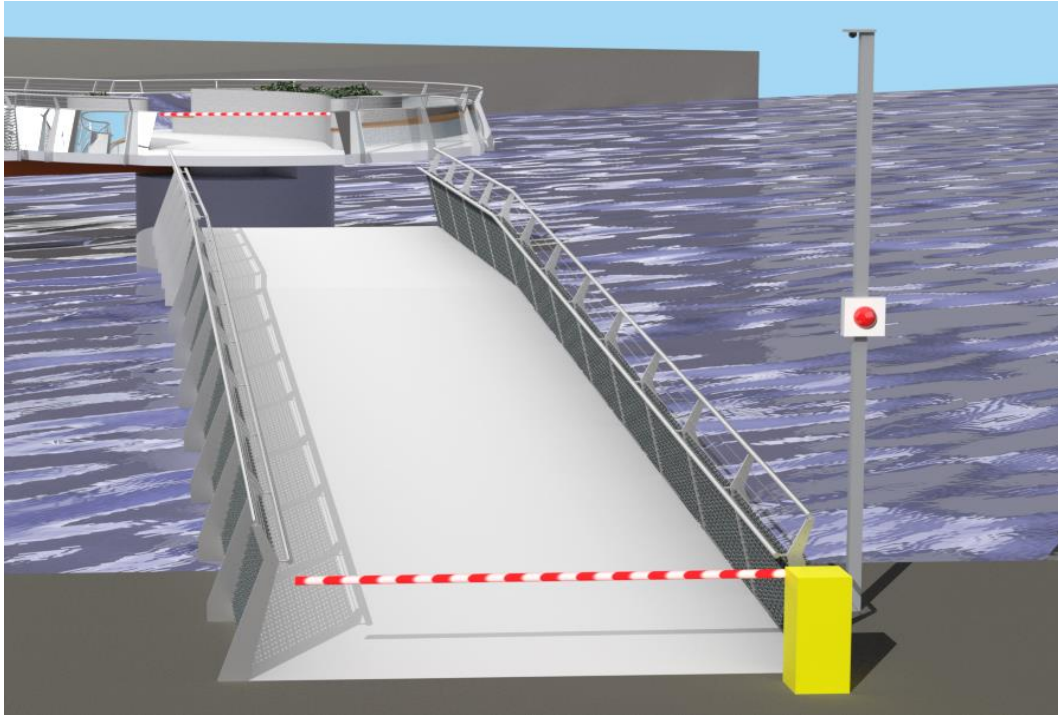
Figur 7-32 Illustrerer broens sikkerhetstiltak når den er i lukket posisjon [3]

Figur 7-33 illustrerer broens sikkerhetstiltak like før broen skal åpnes. På dette stadiet har ikke det bevegelige elementet rotert enda, men bommen senket, varsellyset er rødt, og lydsignaler sendes ut. Illustrasjonen er sett fra Lagmannsholmen mot sirkeløyen.



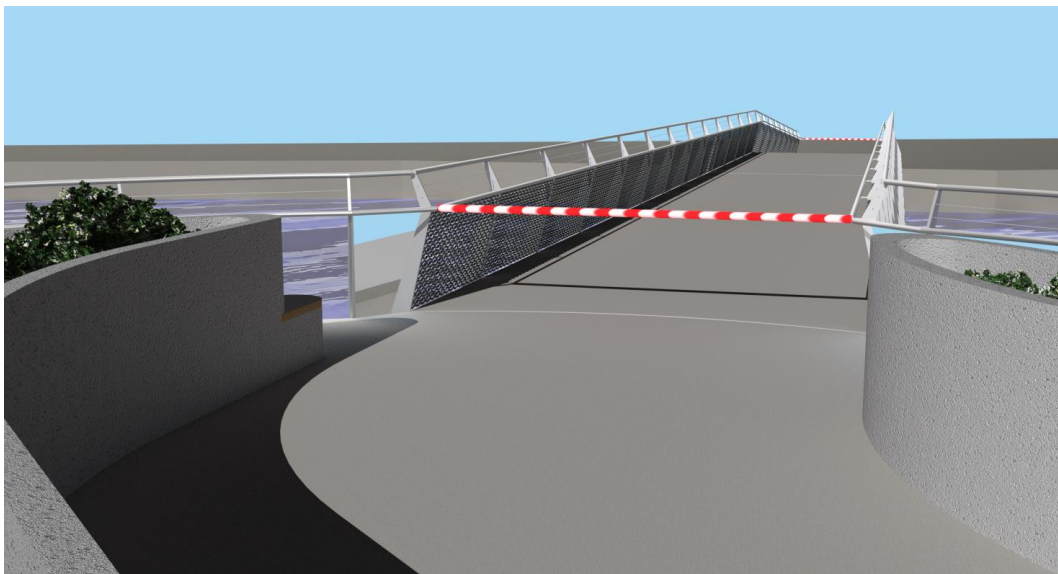
Figur 7-33 Illustrerer broens sikkerhetstiltak like før broen skal åpnes [3]

Figur 7-34 illustrerer broen i åpen posisjon. Her kan fiskebåter eller andre båter, som ikke kommer under broens opprinnelige høyde, seile gjennom. Det bevegelige elementet er rotert for å åpne passasjen gjennom broen, bommen er lukket, og rødt varsellys og lydsignaler er aktivert. Illustrasjonen er sett fra Lagmannsholmen mot sirkeløyen.



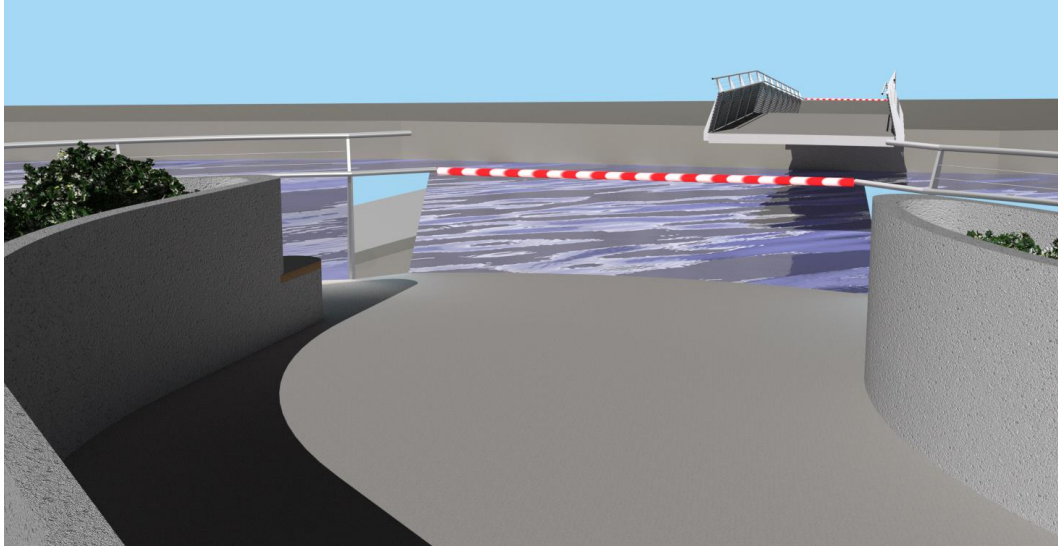
Figur 7-34 Illustrerer broens sikkerhetstiltak når broen er i åpen posisjon [3]

Figur 7-35 illustrerer broen når bommen er senket horisontalt mens det bevegelige elementet fortsatt er i lukket posisjon. Dette er sett fra sirkeløyen mot Lagmannsholmen fra et menneskelig perspektiv, 1,80 meter opp fra underlaget på broen.



Figur 7-35 Illustrerer broens sikkerhetstiltak like før broen skal åpnes [3]

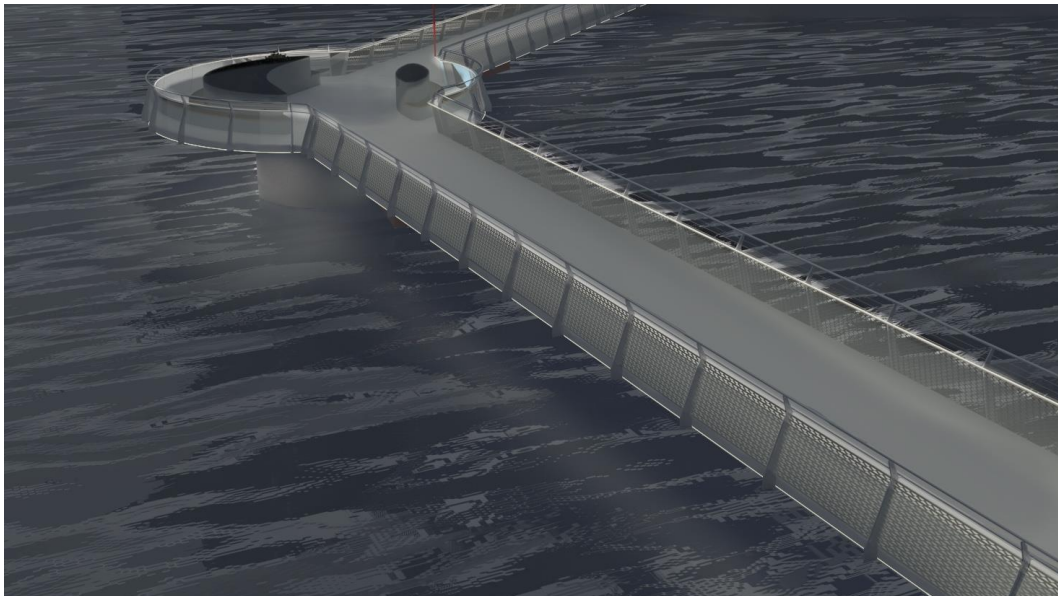
Figur 7-36 illustrerer broen når bommen er senket mens det bevegelige elementet er rotert til siden. Dette er sett fra sirkeløyen mot Lagmannsholmen fra et menneskelig perspektiv, 1,80 meter opp fra underlaget på broen



Figur 7-36 Illustrerer broens sikkerhetstiltak når broen er i åpen posisjon [3]

7.5.9. Belysning

Figur 7-37 illustrerer belysningen langs broens håndlist og langs bunnen av broen, samt belysning av sirkeløy og søyle under. Bildet viser broen i mørket hvor man tydelig kan se effekten av belysningen.



Figur 7-37 Illustrerer broens belysning ved mørke [3]

8. Diskusjon

Dette kapittelet gir en grundig gjennomgang av resultatene fra kapittel 7. Det gir en detaljert forklaring på de ulike alternativene for brotype og alternativene for utforming av bro, samt en omfattende diskusjon av MCDA-analysene som er gjennomført. Videre presenteres totalscoren og de foretrukne alternativene basert på MCDA-analysene. Til slutt drøftes valget av og begrunnelsen bak detaljtegningene for den endelige brotypen, med en grundig gjennomgang av den endelige utformingen.

8.1. Alternativer – Brotype

I dette kapittelet utforskes de ulike alternativene for brotype for vårt prosjekt. Fire forskjellige alternativer utforskes, hver med sine unike egenskaper og funksjoner. Viktige aspekter ved hvert alternativ blir grundig beskrevet for å gi en helhetlig forståelse av hver brotype.

Alternativ 1 er en fast bro med en høyde på 2,5 meter fra høyeste astronomiske tidevann, vist i Figur 7-1. Høyden på 2,5 meter er fastsatt i henhold til krav fra Kristiansand havn og er basert på Tabell 5-1, som fastsetter at ingen broer i kanalen skal ha en lavere friseilingshøyde enn 2,5 meter. Dette er en tradisjonell fast bro, slik som de andre broene som finnes lenger inn i kanalen.

Alternativ 2 er utformet med en slik høyde at alle båter, inkludert fiskebåter, vil kunne seile gjennom broen problemfritt. Alternativet er en fast bro og er presentert i Figur 7-2. Denne broen har en høyde på 15 meter over høyeste astronomiske tidevann. Dette er basert på *Vedlegg 3* hvor representant fra fiskemottaket indikerte at fiskebåtene kan være opptil 15 meter høye, inkludert antenner. Til tross for den betydelige høyden opprettholder alternativet en jevn stigning på 4 %, i samsvar med kommunens ønske om en komfortabel universell utforming. Dette fører til den betydelige lengden på broen, som er nødvendig for å oppfylle disse kravene og sikre en sømløs gjennomseiling for alle båttyper. Med en høyde på 15 meter og stigning på 4% vil broen få en total lengde på 373 meter, vist i *Vedlegg 9*.

Alternativ 3 presenterer en klaffebro, som er forklart i 3.3.1. Klaffebro. Denne brotypen har en separat klaff som kan heves fra hovedkonstruksjonen, slik at båter med større vertikal høyde kan passere under broen. Dette sikrer en sømløs og ubegrenset gjennomfart for båter av alle størrelser, inkludert fiskebåter. I Figur 7-3 vises broen i sin lukkede posisjon, mens i Figur 7-4 illustreres det hvordan broen ser ut når det bevegelige elementet er løftet slik at broen åpnes for gjennomseiling av båter som er høyere enn 2,5.

Alternativ 4 er en bevegelig løsning utstyrt med en svingmekanisme, kjent som svingbro, forklart i 3.3.2. Svingbro. Denne broen har et separat element som er festet til en søyle forankret i havbunnen. Ved hjelp av denne mekanismen kan elementet svinges rundt søylen, og åpne passasjen for båter som er over 2,5 meter høye. Dette sikrer en effektiv og problemfri gjennomseiling for alle fartøyer som opererer i området. Figur 7-5 viser broen i lukket posisjon, og Figur 7-6 viser hvordan broen ser ut i åpen posisjon.

8.2. MCDA – Brotype

I dette kapittelet diskuteres MCDA-analysen for valg av brotype. Dette innebærer en gjennomgang av valg av kriterier og deres vektlegging, samt alternativenes score for de valgte kriteriene med begrunnelse. Til slutt presenteres totalscoren og det foretrukne alternativet for vårt prosjekt.

8.2.1. Kriterier og vekting

Det første kriteriet som presenteres i MCDA-analysen om valg av brotype er “Tilrettelegging for fiskebåter”. Kriteriet inkluderer hvorvidt fiskebåtenes tilgang til kaifronten ved fiskemottaket begrenses eller ikke. Det er av stor betydning for Kristiansand kommune å ivareta interessene til fiskemottaket. Som vist i Figur 5-3, ligger fiskemottaket på innsiden av der broen vil komme. Dette er et nøkkelpunkt for kommunen, som gjenspeiles i Tabell 5-1, der kommunens krav om tilrettelegging for fiskemottaket er formulert. Etter intervju med kontaktperson fra fiskemottaket, *Vedlegg 3*, understrekes det at for å sikre tilstrekkelig tilgang, må fiskebåtene kunne legge til kai opptil 10 ganger daglig. Kontaktperson fra fiskemottak sier at det er avgjørende at broen ikke skaper logistikkproblemer eller lange ventetider for fiskebåtene. Selv om noen minutters ventetid kan aksepteres, bør dette ikke overstige et punkt hvor det påvirker logistikken negativt. Hele intervjuet med spørsmål og svar er vedlagt som referanse. Dette kriteriet er gitt den høyeste vektingen på 3 i Tabell 7-1, noe som understreker dets betydning for kommunen.

Det neste kriteriet er “Tilrettelegging for fritidsbåter over 2,5 meter i vertikal høyde”. Det er et ønske om å opprettholde like muligheter for gjennomseiling under broen som tidligere. Fra Tabell 5-1 ser vi at Kristiansand Havn ønsker økt friseilingshøyde i forhold til andre broer i kanalen. Høyden på de andre broene i kanalen er dokumentert i 5.1.5. Stedsanalyse, hvor høyden på den laveste broen er 2,5 meter og den høyeste er 3,6 meter. Som vist i Tabell 5-1 ønsker også lokalbefolkningen lik tilgang for fritidsbåter som det allerede eksisterer. Kristiansand havn har satt et minimumskrav for friseilingshøyde på 2,5 meter, presentert i samme tabell. Imidlertid kan denne høyden begrense tilgangen for større fritidsbåter til kaiområder utenfor Kilden og langs Lagmannsholmen. Mens de fleste båtene vil passere under en 2,5 meters bro, som vist i 5.1.5. Stedsanalyse, hvor høyeste båt var 2,4 meter, kan de aller største fritidsbåtene risikere å miste tilgangen. Dette kriteriet vektes til 1 i Tabell 7-1, da selv om det kan være positivt å ta høyde for store fritidsbåter, er kravet på 2,5 meter det som vil gjelde for alle broene.

Neste kriteriet fra MCDA-analysen er “Potensiell fallhøyde”. Sikkerhet er en essensiell faktor og et krav fra kommunen. “Potensiell fallhøyde” er derfor et kriterium som vurderes i valget av brotype. Kriteriet innebærer at jo høyere broen er, desto større er risikoen for alvorlig skade ved et eventuelt fall. Dette kriteriet vektes til 3 i Tabell 7-1, det høyeste nivået, da sikkerhet er avgjørende for et vellykket prosjekt.

Kriteriet “Løpemeter bro” tar hensyn til broens lengde. En høyere bro vil ha flere løpemeter hvis det opprettholdes en fast stigning på 4%. Fra Tabell 5-1 ser man at det er et krav fra Statens vegvesen sine håndbøker om en stigning på maksimum 5%, for å oppnå universell utforming, og et ønske fra kommunen om å ha stigning på 4%. Det er derfor vurdert at alle broene skal ha maksimum stigning på 4% for å tilfredsstille begge parter og sikre en behagelig universell utforming. Dette kan medføre

behov for å starte rampen lenger inne på land for å sikre riktig stigning. Plassbegrensninger i området må også tas i betraktning, og alternativer der broen blir så lang at rampen ikke får plass, vil måtte utelukkes. Dette kriteriet er avgjørende, og det tildeles derfor vektingen 3 i Tabell 7-1. Det er essensielt å vurdere broens lengde da det er viktig for å imøtekomme interessentenes behov og for å sikre tilstrekkelig fysisk plass til broen.

Neste kriterium som vurderes i MCDA-analysen er "Enkel silhuett". I området der broen skal plasseres, finnes det allerede to ikoniske bygg i Kristiansand, nemlig Kilden og Kunstsilo. Disse strukturene, som er beskrevet i 5.1.5. Stedsanalyse, er kulturelt betydningsfulle og fungerer som blikkfang. En bro med en enkel silhuett vil derfor ikke konkurrere om oppmerksomhet eller dominere over disse to imponerende bygningene. Kristiansand kommune har spesifikt uttrykt ønske om at broens silhuett skal være enkel og ikke forstyrre utsikten til skjærgården eller de omkringliggende strukturene. Dette ønsket er dokumentert i Tabell 5-1, der kommunen ønsker at broen skal ha en slank og lett utforming. Kriteriet "Enkel silhuett" tar hensyn til kommunens ønsker og tildeles en vekt på 2 i Tabell 7-1. Selv om dette er et sterkt ønske fra kommunen, er det ikke et absolutt krav.

Det siste kriteriet i MCDA-analysen om valg av brotype er "Lite vedlikehold og drift". Dette er et ønske som Kristiansand kommune har spesifisert, og vises i Tabell 5-1. Valg av brotype kan påvirke dette betydelig, og er derfor en faktor som må evalueres. Mer vedlikehold vil oppstå ved implementasjon av tekniske eller mekaniske løsninger, da disse kan kreve regelmessig tilsyn og vedlikehold, i tillegg til eventuelle tekniske problemer som kan oppstå. Kommunen vil også unngå drift av broen, og det er derfor viktig å evaluere nødvendigheten for fysisk tilstedeværelse av personell for de ulike broene. Selv om kommunen ønsker å minimere vedlikehold og drift er det ikke en avgjørende faktor for broprosjektet. Kriteriet får derfor vektingen 2 i Tabell 7-1.

8.2.2. Alternativenes score

I MCDA-analysen for valg av brotype viser alternativ 1 seg som den minst gunstige løsningen for det første kriteriet "Tilrettelegging for fiskebåter". Den faste broen i dette alternativet, med en høyde på 2,5 meter, eliminerer muligheten for gjennomseiling av fiskebåter. Dette vil hindre fiskebåtene i å nå fiskemottaket som de gjør i dag. Som nevnt tidligere, har Kristiansand kommune fastsatt krav om tilrettelegging for fiskemottaket, og i intervju med representant fra mottaket har behovet for uendret tilgang blitt understreket. På bakgrunn av dette vil alternativ 1 bli fullstendig utelukket fra vurderingen, og markeres som ikke aktuelt i Tabell 7-1.

Alternativ 2, derimot, presenterer en høyde som sikrer gjennomseiling for alle båter, inkludert fiskebåter. Denne løsningen vil opprettholde den nåværende tilgangen for fiskebåter til fiskemottaket og mottar derfor den høyeste scoren på 3 i Tabell 7-1.

Alternativ 3 og alternativ 4 introduserer bevegelige løsninger med mekanismer som tillater broene å åpne seg for båttrafikk. Dette sikrer gjennomseiling for større båter og bevarer tilgangen for fiskebåter til fiskemottaket. Ved fiskebåters ankomst vil det oppstå en viss ventetid mens broen åpnes. Dette ble bekreftet i intervju med representant fra Fiskebrygga, hvor det ble uttalt at noen minutters ventetid er akseptabelt så lenge det ikke skaper logistikkproblemer for fiskebåtene. For å sikre en effektiv operasjon må fiskebåtene melde sin ankomst slik at broen åpnes og lukkes i tide.

Selv om mekanismene for åpning og lukking av disse broene er teknisk avanserte, vil det alltid være en liten risiko for tekniske feil. I intervju med representant fra Fiskebrygga ble det foreslått at det ville være mulig å levere fisken utenfor broen i en kort midlertidig periode i tilfelle det skulle skje tekniske problemer med mekanismene. Disse alternativene sikrer tilgangen for fiskebåter til fiskemottaket, men medfører en viss ventetid og ekstra administrativt arbeid for fiskebåtene som må tilpasse seg rutiner for åpning og lukking av broen. Derfor tildeles alternativ 3 og alternativ 4 en score på 2 i Tabell 7-1.

I vurderingen av det andre kriteriet, "Tilrettelegging for fritidsbåter over 2,5 meter i vertikal høyde", blir hvert alternativ vurdert basert på dets evne til å imøtekomme behovene til større fritidsbåter. Alternativ 1 scorer dårligst i denne sammenhengen, da det begrenser tilgangen til kaiområdene utenfor Kilden og Lagmannsholmen for fritidsbåter høyere enn 2,5 meter. Denne begrensningen medfører at alternativ 1 tildeles den laveste scoren på 1 for dette kriteriet i Tabell 7-1.

Alternativ 2, derimot, skiller seg positivt ut med sin imponerende høyde på 15 meter, som sikrer lik tilgang, som før, for alle fritidsbåter, inkludert de over 2,5 meter i vertikal høyde. Tilretteleggingen for større båter gjør at alternativ 2 mottar den høyeste scoren på 3 i Tabell 7-1.

Både alternativ 3 og alternativ 4 presenterer bevegelige broer som, i lukket tilstand, ikke sikrer gjennomseiling for båter høyere enn 2,5 meter. Imidlertid tillater den bevegelige mekanismen at broene kan åpnes for større båter også, og dermed sikre tilgang for båter med ubegrenset høyde. Det er verdt å merke seg at denne løsningen ligner på Adolph Tidemands broen i Mandal, som også er en bevegelig bro og tilbyr åpning for private båter mot betaling. Selv om alternativ 3 og alternativ 4 ikke utelukker muligheten for gjennomseiling, vil det kreve ekstra innsats og administrasjon i form av forberedelser og eventuell betaling. Derfor tildeles begge alternativene en score på 2 i Tabell 7-1.

Det neste vurderingskriteriet er "Potensiell fallhøyde". Alternativene vurderes i henhold til høyden på brokonstruksjonen i forhold til overflaten under. Alternativ 1 og alternativ 4, med en brohøyde på 2,5 meter, tildeles høyeste score på 3 i Tabell 7-1. Dette skyldes den minimale potensielle fallhøyden, som reduserer risikoen for alvorlige skader i tilfelle fall eller ulykker.

Alternativ 2 har en høyde på 15 meter, og alternativ 3 er en klaffebro som løfter et element fra broen ved åpning. Begge disse alternativene innebærer en betydelig potensiell fallhøyde og blir derfor tildelt laveste score på 1 for dette kriteriet i Tabell 7-1. Den økte høyden gir større risiko for skader i tilfelle fall, noe som gjør det nødvendig med ekstra sikkerhetstiltak og forsiktighet ved bruk av broen.

Ved vurderingen av kriteriet "Løpemetor bro", kommer Alternativ 1, Alternativ 3 og Alternativ 4 gunstig ut. Disse alternativene har alle en rampe som starter og ender ved kaifronten på hver side. Denne utformingen resulterer i en enkel silhuett som ikke tar opp mer plass enn nødvendig, og tildeles derfor den høyeste scoren på 3 i Tabell 7-1.

Alternativ 2, derimot, er betydelig lengre på grunn av dens høyde på 15 meter og stigningsgrad på 4%. Denne broen vil bli omtrent 370 meter lang, noe som overskrider den fysiske plassen tilgjengelig i det aktuelle området, se *Vedlegg 9*. Broen er upraktisk i form av plassbehov og den betydelige lengden medfører at rampen må plasseres langt inn på land på Lagmannsholmen. Dette er ikke

aktuelt, da området allerede har andre planer, som beskrevet i Kvalitetsprogram Lagmannsholmen [1]. På grunn av disse utfordringene utelukkes Alternativ 2 fullstendig basert på dette kriteriet, og blir markert som utelukket i Tabell 7-1.

Det neste kriteriet fra MCDA-analysen som vurderes er "Enkel silhuett". Alternativ 1 presenterer en tradisjonell fast bro som overholder de fastsatte kravene for utformingen, med en høyde på 2,5 meter og rekkverkshøyde på 1,2 meter, fra Tabell 5-1. Denne utformingen resulterer i en bro med en enkel og diskre silhuett som ikke overstiger de angitte kravene. Derfor tildeles alternativ 1 høyeste score på 3 for dette kriteriet i Tabell 7-1.

Alternativ 2, derimot, kommer dårligst ut for dette kriteriet på grunn av sin betydelige størrelse. Med en høyde på 15 meter og en lengde på omtrent 370 meter, ville broen ha en massiv silhuett som dominerer landskapet og kan virke visuelt forstyrrende. Derfor blir alternativ 2 tildelt den laveste scoren på 1 i Tabell 7-1.

Alternativ 3 har en grunnleggende utforming som ligner på en tradisjonell fast bro, men dens bevegelige egenskaper fører til endringer i broens form under åpning. Dette fører til en forstyrrende bevegelse som hindrer sikt og tar opp et betydelig luftrom når broen åpnes. Til tross for denne ulempen, skjer denne bevegelsen kun under åpning og lukking av broen, noe som begrenser forstyrrelsen. Derfor tildeles alternativ 3 en score på 2 i Tabell 7-1.

Alternativ 4 presenterer en bevegelig bro med en svingmekanisme som muliggjør åpning og lukking. Svingebevegelsen er jevnt og rolig, og broen svinger horisontalt rundt en søyle som står ned på havbunnen. Denne myke bevegelsen trekker minimal oppmerksomhet og forstyrrer ikke utsikten. Derfor tildeles alternativ 4 høyeste score på 3 for dette kriteriet i Tabell 7-1.

For det siste kriteriet, "Lite vedlikehold og drift", får alternativ 1 høyeste score på 3 i Tabell 7-1. Dette skyldes dens faste konstruksjon, som krever betydelig mindre vedlikehold enn bevegelige broer. Vedlikeholdet begrenser seg hovedsakelig til oppgaver som brøyting, rengjøring og overflatebehandling, som også vil gjelde for bevegelige broer. Tilsvarende gjelder for alternativ 2, men den betydelige lengden på omtrent 370 meter medfører at alternativet vil kreve et større areal for brøyting samt en større overflate for rengjøring og overflatebehandling. Derfor mottar alternativ 2 en litt lavere score på 2 for dette kriteriet i Tabell 7-1.

Imidlertid må bevegelige broer, som alternativ 3 og alternativ 4, inkludere vedlikehold knyttet til mekaniske løsninger for den bevegelige mekanismen, samt beredskap ved tekniske feil. I tillegg kan det være behov for ekstra tilsyn i området, enten gjennom kameraovervåking eller fysisk bemanning, for å sikre trygg bruk av broen. Dette skyldes risikoen for klemskader og fallskader, samt nødvendigheten av å sikre at broen åpner seg som forventet. Alternativ 3, med sin løftemekanisme, innebærer en enda større risiko for skader enn alternativ 4. Broen heves opp i høyden og øker faren for alvorlige skader, som vil bidra til å øke behovet for overvåkning eller fysisk bemanning. Derfor får alternativ 3 laveste score på 1, mens alternativ 4 blir tildelt en score på 2 i Tabell 7-1.

8.2.3. Totalscore

Basert på resultatene fra MCDA-analysen, som er illustrert i Tabell 7-1, fremstår alternativ 4 som det mest optimale valg av brotype, med en imponerende totalscore på 36. Denne betydelige totalscoren indikerer at alternativ 4 oppfyller de angitte kriteriene og kravene, som er satt for prosjektet, best. Alternativ 3 følger deretter med en totalscore på 26, noe som gjør det til et konkurransedyktig alternativ, men likevel ikke like gunstig som alternativ 4.

Det er verdt å merke seg at både alternativ 1 og alternativ 2 blir ekskludert fra videre vurdering basert på et spesifikt kriterium. Som et resultat av denne eksklusjonen, mottar de ikke en totalscore i Tabell 7-1, da de ikke anses som relevante alternativer i henhold til alle de gitte kriteriene. Denne avgjørelsen bidrar til å fokusere oppmerksomheten på de mest lovende alternativene.

8.3. Alternativer – Utforming

I dette kapittelet drøftes de ulike alternativene for utforming av bro. Fire unike løsninger for utforming blir presentert og grundig forklart, med inspirasjon hentet fra 3.9. Forbildeprosjekter og analyse av forbildeprosjekter i Tabell 5-2.

Alternativene som foreslås for utformingen av broen bygger videre på resultatene fra valget av brotype, og alle alternativene tar derfor i bruk svingbro-mekanismen. Dette er en mekanisme som også er implementert i forbildeprosjekter som Lille Langebro og Cirkelbroen i København, Skansen Svingbro i Trondheim, og Friedrich Bayer Bridge i Brasil, vist i Tabell 5-2. Hvert alternativ presenterer en unik tilnærming til brodesign: alternativ 1, kalt "Rett linje", alternativ 2, kalt "Sirkeløy", alternativ 3, kalt "Sikksakk", og til slutt alternativ 4, kalt "Buet". Felles for alle alternativene er deres enkle silhuett, noe som samsvarer med ønsket fra Kristiansand kommune fra Tabell 5-1. Dette designvalget er inspirert av forbildeprosjekter som Cirkelbroen i København, Christian Quartsbroa i Kristiansand, Håhammeren i Stavanger og Friedrich Bayer Bridge i Brasil. Disse forbildeprosjektene har alle en enkel silhuett, som beskrevet i Tabell 5-2. En slank og enkel silhuett har potensiale til å redusere broens visuelle påvirkning på omgivelsene, samtidig som den kan være både visuelt tiltalende, og harmonisere bedre med omgivelsene enn en massiv struktur.

I tillegg deler alternativene likhetstrekk med forbildeprosjekter som Lille Langebro og Adolph Tidemand's bro, som begge knytter sammen by og kultur. Dette forklares for hvert av forbildeprosjektene i Tabell 5-2. De ulike alternativene som vurderes foreslår en bro som fungerer som en passasje fra Lagmannsholmen til kultursenteret på Odderøya, hvor Kilden og Kunstsilo er fremtredende. Broen blir som en metaforisk rød løper som fører besøkende over til disse kulturelle signalbyggene i Kristiansand, og understreker dermed broens rolle som en symbolsk forbindelse mellom forskjellige deler av byen og dens kulturelle identitet.

Alternativ 1 er demonstrert i Figur 6-5. Alternativet krysser Gravanekanalene i en rett linje, og presenterer en enkel og effektiv løsning. Dette designet henter inspirasjon fra forbildeprosjektene Christian Quartsbroa i Kristiansand og Friedrich Bayer Bridge i Brasil. Begge forbildeprosjektene har en lignende utforming og er beskrevet i Tabell 5-2. Denne tradisjonelle tilnærmingen til brodesign anses som en pålitelig og effektiv løsning. På grunn av kanalens geometri må broen skrå innover mot

Lagmannsholmen for å treffe kaifronten, og samtidig møte veien som fører ut fra mellom Kilden og Kunstsilo. Denne veien, og kaifronten demonstreres i 5.1.5. Stedsanalyse. Dette gjør at den rette broutformingen ikke treffer vinkelrett på kaifronten.

Alternativ 2 inneholder en sirkeløy hvor åpne-/lukkemekanismen er plassert. Dette alternativet presenteres i Figur 6-6. Sirkeløyen, med en søyle som strekker seg ned til havbunnen, fungerer som feste til det bevegelige elementet som roterer rundt sirkelens horisontale akse. Dette designprinsippet er inspirert av Friedrich Bayer Bridge i Brasil, som er beskrevet i Tabell 5-2. Rampene til broen ligger vinkelrett på kaifronten på begge sider av kanalen. Fra rampene går det to lineære elementer som møtes på midten av kanalen. I dette møtepunktet er sirkeløyen plassert. Sirkeløyen skaper også et rekreasjonsområde, liknende de runde formene i forbildeprosjektet Cirkelbroen i København, og utsiktsområdet på Adolph Tidemand bro i Mandal. Disse designprinsippene er hentet fra de nevnte forbildeprosjektene i Tabell 5-2. Rekreasjonsområdet tilbyr et sted der besøkende kan nyte utsikten uten å bli forstyrret av trafikken som krysser broen, og gir et sted der man kan vente under åpningen av broen for gjennomseilende båttrafikk.

Alternativ 3, demonstrert i Figur 6-7, presenterer en sikksakk-form. Dette alternativet er inspirert av Cirkelbroen i København, noe som presenteres i analyse av forbildeprosjekter i Tabell 5-2. En bro med sikksakk-form er en spesiell typebro som er designet med flere skarpe kurver som endrer retning flere ganger i et sikksakk-mønster. Slike broer brukes vanligvis i områder med begrenset plass eller utfordrende topografi, der bygging av en rett bro ikke er praktisk eller mulig. Rampene til broen på begge sider av kanalen står vinkelrett på kaifronten. Fra rampene fortsetter broen lineært utover. Disse veiene møtes gjennom et element som forbinder veiene og skaper broens sikksakk-form.

Alternativ 4 har en buet form og er presentert i Figur 6-8. Utformingen er inspirert av Lille Langebro i København, Skansen broen i Trondheim og Håhammeren i Stavanger, som er beskrevet i Tabell 5-2. Den buede formen skiller seg ut fra den tradisjonelle rette broen og kan betraktes som unik og attraktiv. Alternativ 4 er utformet etter inspirasjon av Skansen broen, som er satt sammen av flere rette deler som til sammen skaper den buede formen. Alternativet står vinkelrett på kaifronten mellom Kilden og Kunstsilo og buer seg utover, mot skjærgården, før den treffer kaifronten på Lagmannsholmen.

8.4. MCDA – Utforming

I dette kapittelet utforskes MCDA-analysen for utformingen av broen. Dette inkluderer valg av kriterier og deres vektning, samt vurdering av alternativene basert på de definerte kriteriene og deres totale score. Til slutt presenteres totalscoren fra MCDA-analysen og det foretrukne alternativet for broen.

8.4.1. Kriterier og vektning

Det første kriteriet i MCDA-analysen om valg av utforming fra Tabell 7-2, "Rekreasjonsmuligheter", vurderer hvorvidt utformingen av broen skaper muligheter for rekreasjon. Lokalbefolkningen i Kristiansand og naboene har uttrykt ønske om at broen skal tilby slike muligheter, som vist i Tabell 5-1. Å legge til rette for rekreasjon kan gjøre broen til et mer attraktivt og brukervennlig sted, selv om

det ikke er et absolutt krav. Det å ha mulighet til å stoppe et sted for å nyte utsikten eller sette seg ned for å ha en hyggelig samtale mens man går over broen, kan bidra til å gjøre den til et sosialt samlingspunkt og en destinasjon i seg selv. Derfor gis dette kriteriet en vekt på 2.

Kriteriet “Estetikk”, fra Tabell 7-2, baserer seg på hvor godt alternativene samsvarer med utvalgte arkitekturprinsipper beskrevet i 3.8. Arkitekturteori. Estetikk er et flytende tema hvor det teoretisk sett ikke er et konkret svar på hva som er estetisk pent eller ikke. Derfor ser vi på prinsipper og ideer fra anerkjente arkitekter, fra ulike tidsperioder. De ulike arkitekturprinsippene brukes som utgangspunkt for de estetiske vurderingene. Den visuelle appellen til broen er av stor betydning for lokalbefolkningen og naboene, som vist i Tabell 5-1. Det er derfor viktig å sikre at broen er estetisk tiltalende og i tråd med estetiske prinsipper. Estetikk vurderes derfor med høyeste vekt, altså 3. En bro med en vakker og unik utforming kan bidra til å berike det visuelle landskapet og styrke byens estetiske appell.

Det neste kriteriet i MCDA-analysen er “X-faktor”, fra Tabell 7-2. Kriteriet vurderer om utformingen av broen har en unik faktor som kan bidra til å gjøre broen mer attraktiv og skape oppmerksomhet rundt den. Lokalbefolkningen har uttrykt ønske om å skape en slik X-faktor for broen, som vist i Tabell 5-1. En X-faktor kan gjøre broen unik og bidra til å gjøre den til et landemerke. Dette kan for eksempel være et spesielt designelement eller en innovativ konstruksjon som fanger oppmerksomheten til besøkende og forbipasserende. Imidlertid er dette ikke avgjørende for evalueringen og tildeles derfor en lav vekt på 1.

Det neste kriteriet Tabell 7-2 presenterer er “Tilpasset til omgivelser”. Dette kriteriet vurderer hvordan broens utforming passer inn i det omkringliggende landskapet og omgivelsene. Dette innebærer eksisterende bygninger, veier og natur. Kristiansand kommune har uttrykt et ønske om at broen skal være tilpasset omgivelsene, som vist i Tabell 5-1. Dette er også den viktigste interessenten i broprosjektet som vist i Figur 5-2. Det er derfor nødvendig å sikre at broen harmoniserer med de lokale omgivelsene og er tilpasset lokasjonen den skal plasseres i. Derfor får dette kriteriet høyeste vekt, altså 3. En bro som er i harmoni med sine omgivelser, kan bidra til å bevare den naturlige skjønnheten og verne om det lokale miljøet. Dette inkluderer også evalueringen av hvorvidt broen passer inn med eksisterende veier og bygninger i området, samt at den ikke forstyrrer det visuelle og funksjonelle miljøet rundt den. For broen vil de aktuelle områdene å se på være Lagmannsholmen og Odderøya. Da planene for Lagmannsholmen fortsatt er under utvikling ser vi bort fra dette området. Foreløpige planer og ideer for området presenteres i Lagmannsholmen Kvalitetsprogram [1]. Odderøya-siden er derfor området som blir tatt hensyn til i denne vurderingen.

Det siste kriteriet i MCDA-analysen om utforming av bro er “Effektiv trafikkflyt over broen” og presenteres i Tabell 7-2. Dette kriteriet baserer seg på at det er viktig at trafikkflyten over broen er effektiv og enkel. God trafikkflyt er spesielt viktig under hendelser med mye folk, som forestillinger på Kilden eller ankomst av cruisebåter. For brukere er det viktig at trafikkflyten er godt strukturert for å kunne navigere trygt over broen. God trafikkflyt bidrar til å minimere risikoen for ulykker og kollisjoner. I vintersesongen er det viktig at broen tillater enkel tilgang for brøytebiler, da dette bidrar til å unngå forsinkelser og sikrer trygg passasje for slike kjøretøy. På den annen side kan en utforming som roer ned trafikken og gir folk muligheten til å nyte utsikten være positivt, spesielt i perioder med lav trafikk eller for turister og turgåere som ønsker å ta seg tid til å utforske området. Likevel kan

dårlig trafikkflyt være problematisk i flere situasjoner, og derfor er dette kriteriet viktig å evaluere. Det vektet til 1, da det også finnes gyldige argumenter mot for sterk vektlegging av effektiv trafikkflyt. Å finne en balanse mellom effektivitet og estetikk er avgjørende for å sikre en vellykket utforming av broen.

8.4.2. Alternativenes score

I MCDA-analysen blir det vurdert at alternativ 2 scorer høyest for kriteriet "Rekreasjonsmuligheter", med en poengsum på 3 i Tabell 7-2. Dette skyldes tilstedeværelsen av en sirkeløy som fungerer som et dedikert rekreasjonsområde. Denne øyen gir besøkende muligheten til å stoppe opp og nyte utsikten uten å forstyrre trafikken over broen. Alternativ 1, alternativ 3 og alternativ 4 mangler et slikt dedikert rekreasjonsområde, og begrenser seg til brokonstruksjonen med passasje over kanalen. Derfor tildeles de den laveste poengsummen på 1 for dette kriteriet i Tabell 7-2.

Det neste kriteriet som alternativene vurderes for er "Estetikk". Alternativ 1, som er formet som en rett linje over Gravanekanalene, har hovedfokus på funksjonen til broen. Dette er estetisk pent ifølge Le Corbusiers funksjonalisme. Rette broer med enkle og funksjonelle design tillater enklere navigasjon og bedre trafikkflyt, og er bedre egnet for moderne behov ifølge Le Corbusier. Designet som er en rett linje gjør at broen ikke møter begge kailinjene vinkelrett, noe som bryter med Vitruvius syn på harmoni med omgivelsene. Mens hensikten med et rett design er å sikre raskest mulig passasje for brukerne, unnlater det å oppmuntre brukerne til å stanse og oppleve områdets kvaliteter, noe som ifølge Norberg-Schulz reduserer designets estetiske appell. Alternativ 1 får derfor 2 i score i Tabell 7-2, da det oppfyller broens funksjon på en effektiv måte, men samtidig tar det liten eller ingen hensyn til å integrere seg i og fremme omgivelsene og deres kvaliteter.

Alternativ 2 er utformet som to rette linjer som står vinkelrett fra hver av kailinjene og møtes midt i kanalen, hvor de danner en utvidet sirkel. I henhold til Le Corbusiers funksjonalisme og hans syn på estetikk, som ideelt sett foretrekker rette linjer, oppfyller ikke alternativet dette fullstendig. Utenom sirkelen i midten, er de rette linjene det mest funksjonelle alternativet når det gjelder harmonisering med kailinjene. Designet av broen, med hensyn til omgivelsene, sikrer en behagelig overgang mellom stedet og strukturen. Sirkeløyen skaper geometrisk harmoni mellom kaifrontene og sirkelen ved å benytte seg av vinkelrette passasjer som møtes i en sirkulær form. Disse designelementene fremmer Vitruvius' syn på skjønnhet. For en funksjonalist ville sirkelen være en unødvendig detalj i broen, men den gir muligheten til å stoppe opp og oppleve både det maritime utover havet og det industrielle inn mot byen, noe som støttes av Norberg-Schulz' arkitekturteori som mener dette gir et vakkert estetisk preg til konstruksjonen. Sirkelen fremmer områdets kvaliteter uten å tvinge brukerne langs en unødvendig lang rute. Alternativ 2 tildeles en score på 3 i Tabell 7-2 fordi funksjonaliteten oppleves som behagelig og effektiv, samtidig som den gir brukerne muligheten til å velge å sakke ned for å oppleve kvalitetene både havet og byen har å by på.

På samme måte som Alternativ 3, er Alternativ 4 designet med hensikt om at brukerne skal tilbringe mer tid på broen, noe Le Corbusier anser som et tegn på dårlig funksjonalitet og byplanlegging. Dette støttes imidlertid av Norberg-Schulz, som mener at det bidrar til å forsterke områdets atmosfære. Broens siksakk-design består av tre rette linjer som brytes for å lede brukerne og deres blikk inn mot byen, noe som fremhever de industrielle kvalitetene til området. De rette linjene og kantene

representerer, ifølge purismen, et rent estetisk geometrisk og mekanisk uttrykk. På den andre siden kan de skarpe svingene oppleves som ubehagelige å manøvrere rundt, noe som Vitruvius mener svekker broens funksjonalitet. Alternativ 3 tildeles en score på 2 i Tabell 7-2 på grunn av dens utforming og skarpe svinger, som tvinger brukerne til å sakke ned, noe som svekker funksjonaliteten og komforten, men samtidig forsterker opplevelsen av byens kvaliteter. Den geotermiske, rene utformingen harmoniserer med det industrielle preget til stedet.

Le Corbusiers sitat om rette og buede gater kan sammenlignes med rette og buede broer. Alternativ 4 sitt buede design anses derfor av Le Corbusier som unødvendig og uestetisk, da den tvinger besøkende til å bruke lengre tid på grunn av den unødvendige buen. Ifølge Norberg-Schulz' arkitekturteori, kompenserer broens tap av funksjonalitet med den harmonien den skaper og hvordan den komplementerer omgivelsene. Det buede designet av broen gjenspeiler det maritime temaet som preger stedet, samtidig som den buer seg utover mot havet, noe som retter brukernes blikk mot havet og horisonten. Buen sørger for at inngangene fra hver side ligger vinkelrett på hver kailinje, noe som skaper komfort og harmoni for brukerne. Dette er en viktig kvalitet ifølge Vitruvius' syn på funksjonalitet. Alternativ 4 får en score på 2 i Tabell 7-2, da det buede designet ikke optimaliserer funksjonaliteten på broen. Men det belønnes for å fremheve områdets maritime tema gjennom det buede designet som tvinger brukernes blikk mot havet.

For kriteriet "X-faktor" blir det vurdert at alternativ 1 og alternativ 4 får den laveste scoren. Disse alternativene mangler konkrete egenskaper som gjør at de skiller seg ut fra de andre alternativene. Dermed tildeles disse alternativene den laveste scoren på 1 i Tabell 7-2.

På den annen side har alternativ 2 en særegenhet med sin sirkeløy, som skiller seg ut og gir broen et unikt preg. Dette karakteriserer alternativet og tiltrekker oppmerksomhet, noe som reflekteres i den høye scoren på 3 i Tabell 7-2. Alternativ 3, med sin sikksakk-form, skiller seg også ut fra tradisjonelle brodesign. Denne særegenheten bidrar til å gjøre broen bemerkelsesverdig og unik, noe som gir alternativet en score på 3 i Tabell 7-2. Disse egenskapene gjør at begge alternativene scorer høyt på "X-faktor" i sammenligning med de andre alternativene.

For kriteriet "Tilpasset til omgivelser" får alternativ 1 den laveste scoren. Dette skyldes den rette strukturen som krysser over kanalen i en rett linje. Rampen på Odderøya-siden må være skrå for å treffe Lagmannsholmen på andre siden av kanalen, noe som fører til at den eksisterende veien fra mellom Kilden og Kunstsilo ikke treffer vinkelrett på rampen. På Lagmannsholmen-siden av kanalen er det fortsatt usikkerhet rundt hva som vil komme, og derfor betraktes kun strukturene på Odderøya-siden. Dette alternativet vil være det minst gunstige når det gjelder å passe sammen med strukturene og kaifronten på Odderøya og tildeles derfor en score på 1 i Tabell 7-2.

Det eksisterer i dag en vei fra mellom Kilden og Kunstsilo, som vist i 5.1.5. Stedsanalyse. Rampen til alternativ 2 treffer perfekt på denne veien og ligger vinkelrett på kaifronten på Odderøya-siden. Sikksakk-utformingen på alternativ 3 et utformet slik at rampen treffer på samme måte som for alternativ 2 og skaper en fin overgang til den eksisterende veien mellom Kilden og Kunstsilo. Alternativ 4 har en jevn bue som ender med en rampe som også treffer vinkelrett på kaifronten. Dette alternativet vil også treffe perfekt på den eksisterende veien mellom Kilden og Kunstsilo. Utformingen til alternativ 2, alternativ 3 og alternativ 4 tilpasser seg de omkringliggende omgivelsene

da de, som nevnt, treffer vinkelrett på kaifronten og samsvarer med eksisterende veier og strukturer på Odderøya, og tildeles derfor den høyeste scoren på 3 i Tabell 7-2.

For det siste kriteriet, "Effektiv trafikkflyt over broen", utmerker alternativ 1 seg. Denne broen er, som nevnt, utformet som en rett linje, noe som sikrer enkel og effektiv trafikkflyt. Den rette konstruksjonen gjør det enkelt for brukerne å navigere seg over broen, og i vintersesongen vil det være uproblematisk for brøytebiler å manøvrere over den. Alternativ 1 tildeles derfor en poengsum på 3 i Tabell 7-2, da det sikrer effektiv trafikkflyt over broen.

Alternativ 2 har en relativt rett utforming med en slak sving der to rette elementer møtes i sirkeløyen. Alternativ 4 har en buet utforming og representerer i prinsippet en jevn sving over hele broen. Begge disse løsningene sikrer enkel og effektiv trafikkflyt over broen, men sammenlignet med en helt rett løsning, som ville vært enda lettere å navigere på, tildeles alternativ 2 og alternativ 4 en poengsum på 2 i Tabell 7-2.

Alternativ 3 kommer dårligst ut på grunn av de hyppige retningsskiftene og svingene på en sikksakk-bro. Dette fører til at personer som går over broen må redusere hastigheten for å navigere trygt over strukturen. Disse svingene kan påvirke trafikkflyten ved å forårsake forsinkelser, spesielt under perioder med tung trafikkmengde. Ved brøyting av broen kan det være spesielt krevende å manøvrere gjennom svingene på en sikksakk-bro, noe som kan føre til forsinkelser og behov for spesielle hensyn for å tillate trygg passasje for slike kjøretøy. Derfor tildeles alternativ 3 den laveste poengsummen på 1 i Tabell 7-2, da denne løsningen resulterer i redusert trafikkflyt over broen.

8.4.3. Totalscore

Det alternativet som oppnår den høyeste totale scoren i MCDA-analysen for utforming av broen, som vist i Tabell 7-2, er alternativ 2. Med en totalscore på 29 poeng, fremstår alternativ 2 som det foretrukne valget basert på den omfattende analysen. Denne høye scoren indikerer at alternativ 2 oppfyller de fleste, om ikke alle, kriteriene og kravene som er satt for broprosjektet. Det er verdt å merke seg at alternativ 2 ikke bare scorer høyest totalt, men også utmerker seg spesielt godt på visse individuelle kriterier som har stor betydning for prosjektets suksess.

Alternativ 3 oppnår den nest beste totalscoren med 21 poeng. Alternativet demonstrerer en solid ytelse og kan betraktes som en betydelig konkurrent. Med en totalscore på 20 poeng følger alternativ 4 tett bak alternativ 3. Selv om alternativ 4 ikke når helt opp til det ledende alternativet, viser det seg likevel som en god mulighet med sine egne unike kvaliteter og egenskaper som kan være attraktive for visse interessenter.

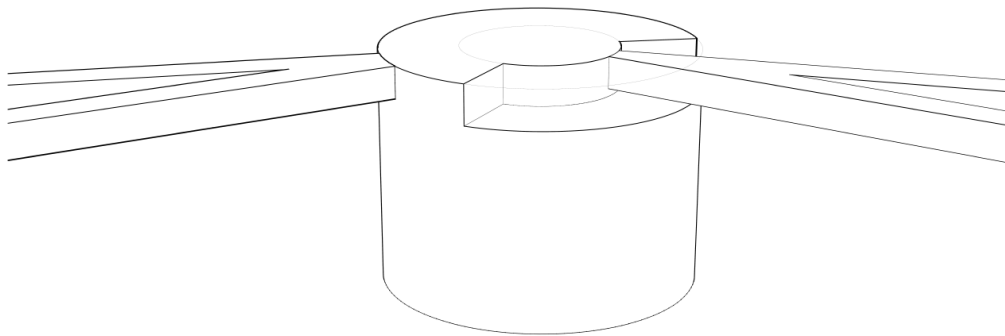
På den andre enden av spekteret havner alternativ 1 sist med kun 15 poeng. Basert på denne MCDA-analysen anses alternativ 1 som det minst gunstige alternativet. Den lave poengsummen antyder at alternativ 1 mangler i en eller flere viktige aspekter som er avgjørende for å oppfylle prosjektets mål og krav.

8.5. Endelig bro

I dette kapitlet drøftes ulike detaljer for den endelige brotypen, svingbro, med den endelige utformingen, sirkeløy. Detaljtegninger presenteres og drøftes. Valget av og begrunnelsen bak ulike detaljer utforskes og forklares.

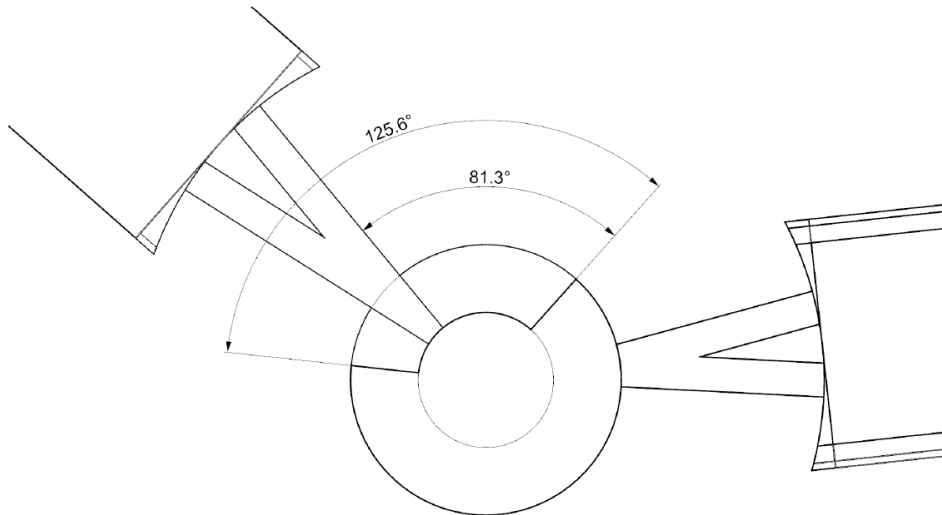
8.5.1. Svingmekanisme

Svingmekanismen til gangbroen er delt inn i to deler. Den første delen er en statisk sylinder som fungerer som søyle for bærebjelkene til broen. I øvre del av sylindern er det et spor, vist i Figur 8-1 og Figur 8-2, som legger til rette for rotering av den andre delen av svingmekanismen. Denne delen består av en roterende sylinder, som er plassert på innsiden av den første sylindern, drevet av en motor. Bærebjelkene til den bevegelige delen av broen er festet til den innerste sylindern som gjør at broen kan rotere. Dette er illustrert i Figur 8-1.



Figur 8-1 Svingmekanismens to sylindere med bærebjelker til den statiske- og bevegelige delen [3]

Formålet med å separere svingmekanismen i to sylindere er at det kun skal være det ene broelementet som kan rotere. Som et resultat av dette vil sirkeløyen, i Figur 7-31, være statisk og kan dermed bli brukt til venteområde når broen er åpen. Den roterende delen av broen er designet til å følge omkretsen til den ytterste sylindern, og har mulighet til å rotere totalt 125,6 grader, vist i Figur 8-2. Likevel har den kun mulighet til å rotere 81,3 grader innover i Gravanekanalen før den treffer den statiske delen av broen. For å kunne holde en åpen passasje på tilnærmet 17 meter, er det beregnet at den bevegelige delen av broen kun trenger å roteres 75 grader for å oppnå dette. Broens design gjør det naturlig å rotere det bevegelige elementet innover mot kanalen ettersom at det er korteste vei, og man vil da spare tid ved åpning og lukking.

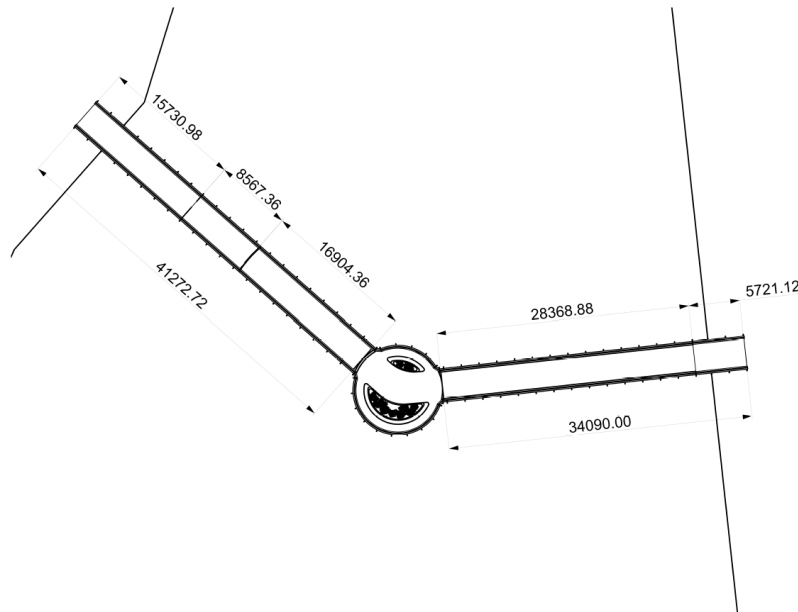


Figur 8-2 Svingmekanisme med rotasjonsspenn [3]

8.5.2. Lengde over kanalen og seilingsmønster

Lengden over kanalen, der broen skal plasseres, er 72 meter, som dokumentert i 5.1.5. Stedsanalyse. Denne lengden er målt fra kaifront til kaifront i en rett linje. Broen står vinkelrett på kaifronten på begge sidene av kanalen. Da kaifrontene ikke ligger parallelt blir den totale lengden på broen lengre, ettersom broen får en vinkel. Fra hver sin kaifront møtes broen i et punkt midt i kanalen, hvor sirkeløyen er plassert, som illustrert i Figur 8-3.

Svingbroen åpnes for å skape en passasje i kanalen for gjennomseiling. Denne passasjen er satt til 16,9 meter og illustreres i Figur 8-3. Basert på intervju med representant fra fiskemottak, som er dokumentert i *Vedlegg 3*, ble det uttrykt behov for å sikre rom for passasje for båter som er opp til 9 meter brede. Den åpne passasjen på omtrent 17 meter vil imøtekomme dette behovet med en sikkerhetsmargin på nesten 4 meter på begge sider av båten. Det er avgjørende å ha tilstrekkelig åpning for å garantere trygg gjennomseiling og enkel manøvrering for fiskebåtene.



Figur 8-3 "Top view" av bro med lengder oppgitt i millimeter [3]

5.1.5. Stedsanalyse dokumenterer seilingsmønsteret til fiskebåter gjennom kanalen, og åpningen i svingbroen er basert på dette mønsteret. Broen åpnes i den posisjonen hvor båtene vanligvis ville passert, og skaper dermed ingen unødvendige hindringer, eller vanskelig manøvrering for båtene. Dette sikrer en jevn flyt for båtene og garanterer trygg og enkel passasje gjennom broen. Kanalen, med broen og dens åpning, er demonstrert i Figur 7-22. Her ser man seilingspassasjen broen skaper i åpen posisjon.

Fra kart over topografi i 5.1.5. Stedsanalyse, ser man at kanalen er dypest i området der åpningen for gjennomseiling er plassert. Her ligger dybden på omtrent 10 meter og sikrer derfor en trygg gjennomseiling for de aller største båtene også.

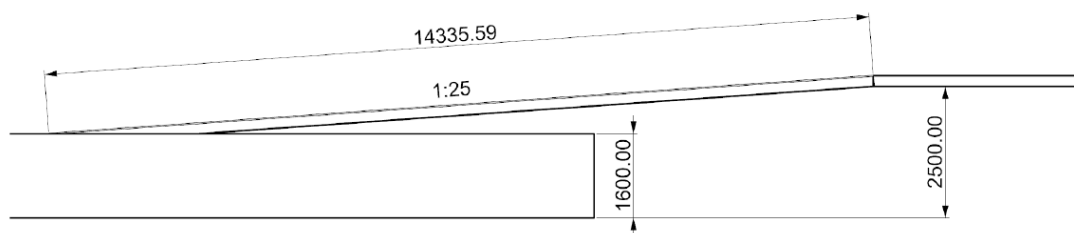
8.5.3. Brohøyde og rampe

Valget av brohøyde er i tråd med kravene som er fastsatt av Kristiansand havn. Disse kravene spesifiserer at brohøyden ikke kan være lavere enn den laveste broen i kanalen, som er dokumentert i 5.1.5. Stedsanalyse og er angitt i Tabell 5-1. Den laveste broen i kanalen har en høyde på 2,5 meter. For å oppfylle dette kravet er broen utformet med en høyde som sikrer en friseilingshøyde på 2,5 meter. Kristiansand havn ønsker, som nevnt tidligere, økt friseilingshøyde sammenlignet med de andre broene i kanalen, vist i Tabell 5-1. Dette ønsket er valgt å ikke prioriteres da den bevegelige svingbroen tilrettelegger for åpning og lukking for høyere båter.

Broen er designet med en stigning på 4%, eller 1:25, i rampene på begge sider av kanalen. Ifølge Statens vegvesens håndbøker er den maksimale tillatte stigningen 1:20, tilsvarende 5%. Denne retningslinjen, som er hentet fra krav 4.2.1.2—1 i håndbok N100, angir et maksimumsnivå, men lavere stigning kan også være aktuelt eller foretrukket, avhengig av situasjonen [20]. Basert på dette kravet skal stigningen være maksimum 5% dersom lengden for stigningen er mellom 3-35 meter i et

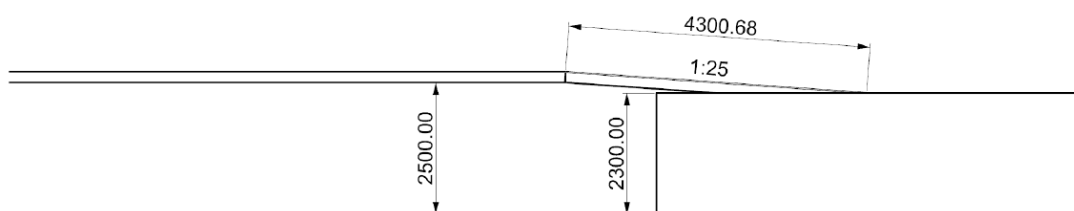
tettstedsområde, som samsvarer med vår oppgave hvor lengden er mellom 4,3 og 14,3 meter, demonstrert i Figur 8-4 og Figur 8-5. Lavere stigning kan bidra til å sikre bedre tilgjengelighet og universell utforming, noe som er en prioritet for Kristiansand kommune. Kommunen har uttrykt et ønske om å sikre optimale forhold for personer med nedsatt mobilitet, og å bygge en bro som er grundig tilpasset prinsippene for universell utforming. Derfor har kommunen ønsket at stigningen på broens ramper ikke overstiger 4%, noe som er i tråd med deres overordnede visjon for prosjektet.

Figur 8-4 demonstrerer kaifronten på Lagmannsholmen-siden av kanalen, med en høyde på 1,6 meter, og broens friseilingshøyde som er 2,5 meter. Broens stigning på 1:25, gjør at rampens lengde blir omtrent 14,3 meter. Dette er basert på utregning fra Vedlegg 10.



Figur 8-4 Rampe på Lagmannsholmen oppgitt i millimeter [3]

Figur 8-5 illustrerer broens rampe på Odderøya-siden av kanalen. Her har kaifronten en høyde på 2,3 meter. Med en stigning på 1:25 blir rampens lengde omtrent 4,3 meter, basert på utregning i Vedlegg 10.

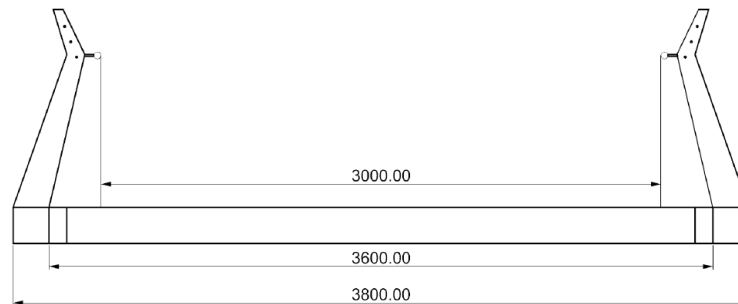


Figur 8-5 Rampe på Odderøya oppgitt i millimeter [3]

Ifølge Tek 17, § 12-16, skal en rampe utformes slik at det er et flatt hvileparti på 1,5 meter for hver meter rampen stiger i høyden. Dette kravet er essensielt for å sikre universell utforming [42]. Med en friseilingshøyde på 2,5 meter og den laveste kaifronten på 1,6 meter, vil ikke broens rampe ha en vertikal høyde på mer enn 0,9 meter. Det er satt en brotykkelse på 0,1 meter av illustrative årsaker. Dette gir en total vertikal høyde, for rampen, på 1,0 meter. Broen samsvarer derfor med prinsippene for universell utforming uten å inkludere et flatt hvileparti.

8.5.4. Brobredde

Broens totale bredde er 3,8 meter, siden rekkverk og håndlist på hver side av broen har en bredde på 0,4 m. Dette sikrer en fri passasje med bredde på 3 meter og illustreres i Figur 8-6. Den frie passasjen er målt fra ytterkantene av de nedre håndlistene på hver side.



Figur 8-6 Brobredde med lengder oppgitt i millimeter [3]

Basert på krav 4.10—3 fra Statens vegvesens håndbok N100 skal en separat bro for gang-/sykkeltrafikk ha minimum 3 meter med fri bredde mellom rekkverkene [20].

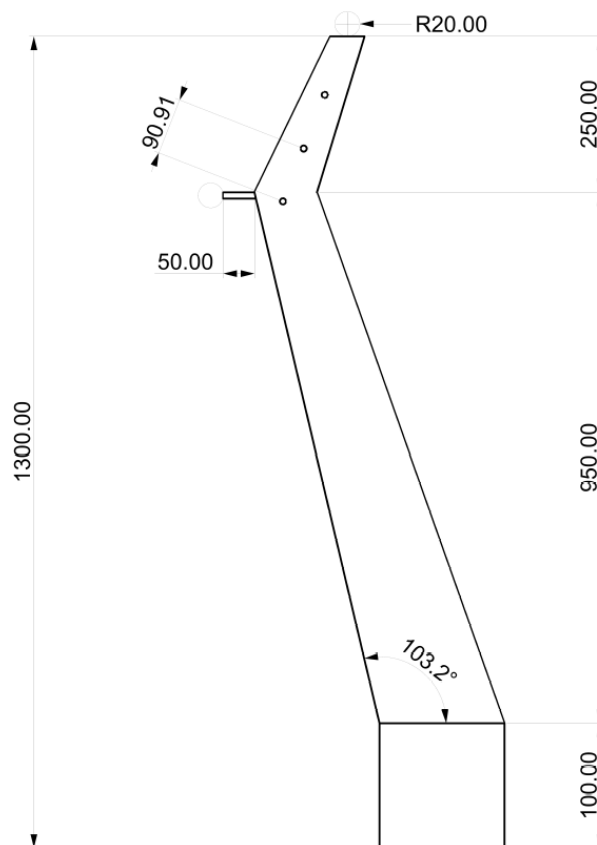
Ifølge Statens vegvesens tabell 4.2.1.1—1, fra håndbok N100, bør en gangbro som krysses av mer enn 15 personer per time ha en minimumsbredde på 3 meter [20]. Cruise kaien ligger plassert på Lagmannsholmen, og ved ankomst av kruseskip kan man forvente store mengder myke trafikanter i området. I tillegg arrangeres det konserter og forestillinger på Kilden på Odderøya, noe som kan føre til økt trafikkbelastning i området til visse tider. Implementeringen av gangbroen vil følge fornyelsen av Lagmannsholmen, som er en planlagt utvidelse av Kristiansand sentrum. Det kan derfor forventes en økt trafikkbelastning i området. Å anslå antall forventede fotgjengere per time på nåværende tidspunkt er utfordrende, da fornyelsen av Lagmannsholmen ikke har skjedd enda. En brobredde på 3 meter vil sikre komfort for fotgjengere om trafikkbelastningen overstiger 15 personer per time.

I følge Statens vegvesens krav 2.3.1—3 fra håndbok N100 bør minimumsbredden være 2,5 meter for å gi plass til maskinell snørydding [20]. Basert på 5.1.5. Stedsanalyse kan det forventes store mengder nedbør i området, spesielt i høst- og vintermånedene. Siden temperaturen i Norge kan falle under 0 grader, kan nedbøren komme som snø. Broen, med bredde på 3 meter, vil derfor være tilrettelagt for snørydding om vinteren, og samtidig oppfylle Kristiansand kommunes krav om helårsbruk for broen, som beskrevet i Tabell 5-1.

For å sikre at broen tar hensyn til universell utforming, er det viktig å sørge for tilstrekkelig bredde for personer med funksjonsnedsettelse. Ifølge tabell 5.1.1—1 fra Håndbok N100 skal det dimensjoneres plass til rullestolbrukere med minimum 0,9 meter bredde, og 1,2 meter for gående med førerhund eller ledsager [20]. Med en total bredde på 3 meter vil det være tilstrekkelig plass for begge grupper å passere broen i begge retninger.

8.5.5. Rekkverk

Rekkverket på broen er utformet i samsvar med krav 4.5.1—1 fra håndbok N101, fastsatt av Statens Vegvesen, for å sikre tilstrekkelig standard og sikkerhet i henhold til nasjonale standarder [21]. I samsvar med håndbok N101 kreves det at rekkverket for en bro med våre dimensjoner, og stigning på 1:25, skal ha en høyde på 1,2 meter. Denne høyden er valgt for å minimere risikoen for fall og forsøk på å klatre over rekkverket. Videre i håndbok N101, i krav 4.5.2—5, anbefales det å bruke et rekkverk som ikke er klatrevennlig, noe som innebærer at rekkverket utformes på en måte som gjør det vanskelig å klatre i. Designet av rekkverket, på denne broen, tar hensyn til disse retningslinjene ved å lene seg innover mot passasjen over broen, før det lener seg utover igjen mot toppen. Ved toppen er rekkverket vinklet utover igjen for å gi broen et mer åpent preg. Designet av rekkverket er inspirert av Håhammeren bro-prosjektet, som har en lignende vinklet utforming og et maritimt industripreg. Figur 8-7 illustrerer rekkverket med relevante mål.

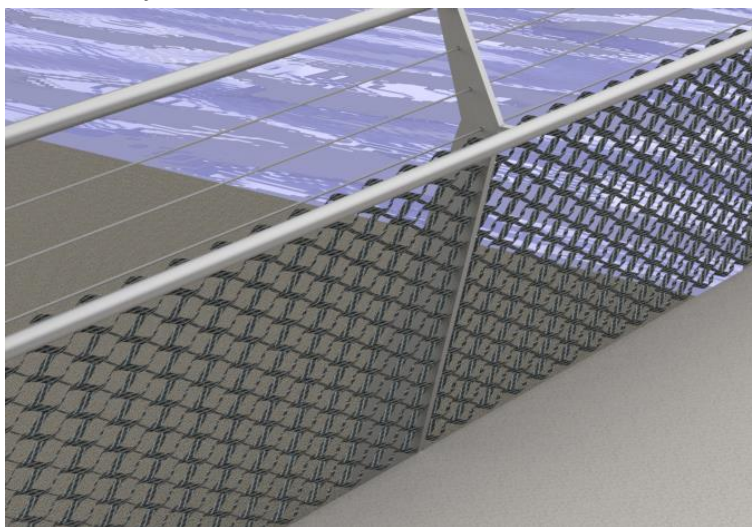


Figur 8-7 Samtlige mål av rekkverksstolpe oppgitt i millimeter [3]

I toppen av rekkverket er det horisontale vaier som strekker seg fra en stolpe til en annen, vist i Figur 8-7, med en avstand på 90 millimeter. Dette er i henhold til tabell 4.5.1—1 fra håndbok N101, som tillater maksimum 120 millimeter avstand mellom horisontale elementer [21]. Rekkverket er også utstyrt med to håndlister som gir gående mulighet til å støtte seg mens de krysser broen. Ifølge samme håndbok skal rekkverk for gående og syklist være utstyrt med håndlister for å sikre universell utforming. Disse håndlistene, plassert i to forskjellige høyder, muliggjør enkel tilgang til

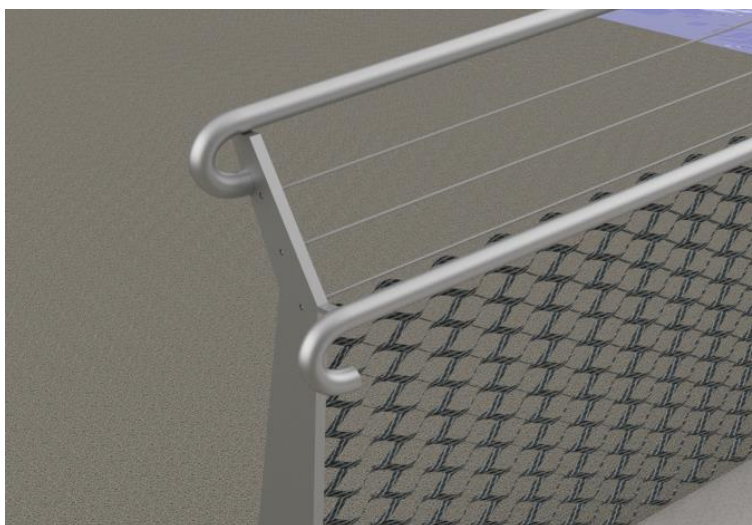
rekkverket for personer med ulik høyde. Videre vil håndlistene beskytte rekkverket under brøyting i vintersesongen og kan også fungere som beskyttelse for syklistene i tilfelle velt. Figur 8-8 illustrerer rekkverk med håndlister.

Avstanden mellom stolpene i rekkverket er satt til 2 meter, og mellom hver stolpe brukes strekkmetall. Dette materialet muliggjør gjennomsiktighet samtidig som det er sikkert og vanskelig å klatre over. Strekkmetallet minner om flettverksgjerdet som er brukt på Håhammeren bro-prosjektet, men med mindre hull som gjør det enda vanskeligere å klatre i. Det er fleksibelt i bruk og bidrar til det ønskede maritimt industrielle preg for broen, i tråd med ønsket fra Kristiansand kommune i Tabell 5-1. Illustrasjon av rekkverket med strekkmetall er demonstrert i Figur 8-8.



Figur 8-8 Strekkmetallplater og håndlister [3]

Rekkverket er avrundet i endene slik at det ikke skal avslutte med en skarp kant. Dette er i henhold til krav 4.5.1-2 fra håndbok N101, som sier at endeavslutning skal være utformet slik at potensiell skade ved påkjørsel skal minimeres [21]. Dette demonstreres i Figur 8-9.

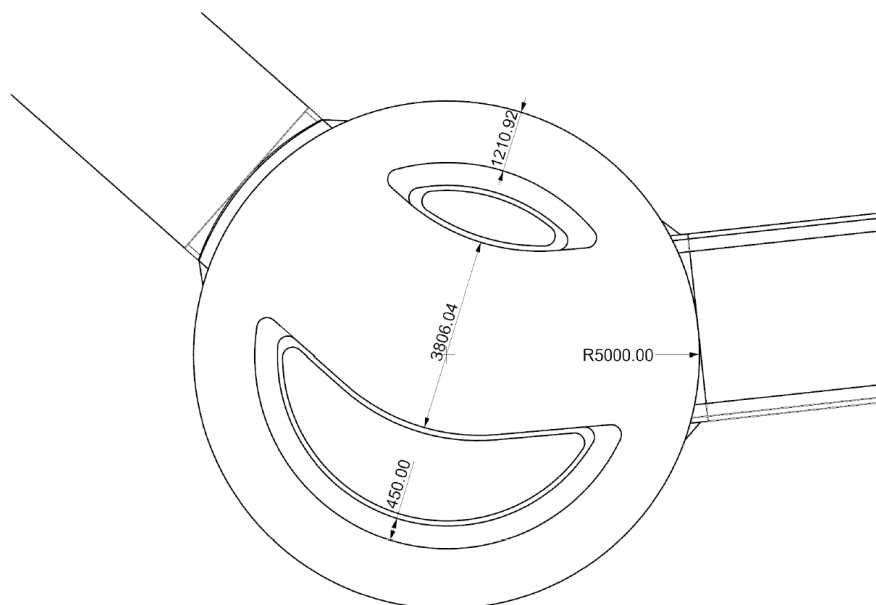


Figur 8-9 Endeavslutning på håndlistene er avrundet [3]

8.5.6. Sirkeløy

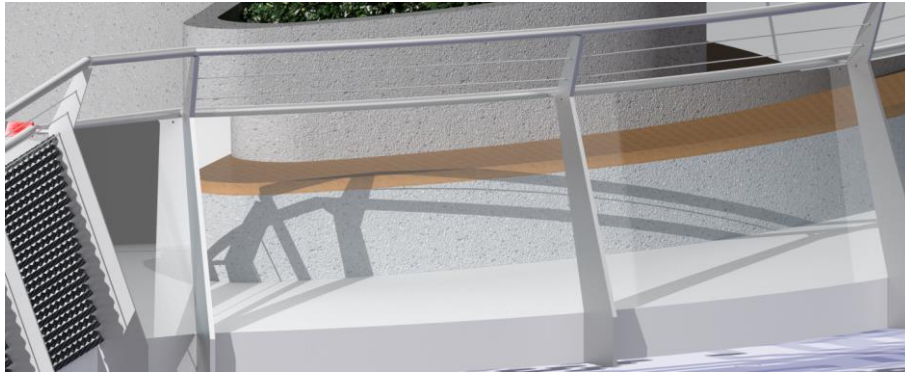
Broen er utstyrt med en sirkeløy i midten av konstruksjonen. Dette designelementet er ikke bare knyttet til praktiske årsaker, men også sosiale og estetiske årsaker. Sirkelen er utformet med benker som inviterer til å sitte og nyte utsikten. På grunn av at de to elementene møtes skrått på sirkelen, er det mest plass til benker på siden som vender mot havet. Dette er et bevisst valg for å skape et område hvor besøkende kan nyte panoramautsikten over skjærgården i Kristiansand. Det er også mulig å sitte på den motsatte siden av sirkelen og se innover kanalen. Målet er å gjøre dette området på broen attraktivt for besøkende og kanskje gjøre det til et mål i seg selv, ikke bare en passasje over kanalen.

Sirkeløyen har en radius på 5 meter. Passasjen gjennom sirkeløyen, som forbinder broelementene som kommer vinkelrett ut fra Lagmannsholmen og Odderøya, har en bredde på 3,8 meter. Dette sikrer tilstrekkelig plass for passasje over broen og er i tråd med den gjenværende brobredden. Passasjen rundt sirkeløyen har en bredde på 1,2 meter, som gir nok plass for besøkende til å sitte på benken og tillater samtidig fri passasje. Benken, med sin bredde på 0,45 meter, gir tilstrekkelig plass til å sitte komfortabelt. Figur 8-10 illustrerer sirkeløyen med relevante mål.



Figur 8-10 Mål av sirkeløyen oppgitt i millimeter [3]

For å optimalisere opplevelsen for besøkende har vi valgt å bruke glass mellom rekkverksstolpene slik at de kan nyte utsikten sittende. Dette vil sikre en ubrutt utsikt og skape en forbedret opplevelse for brukerne. Illustrasjon av rekkverk med glass er demonstrert i Figur 8-11.

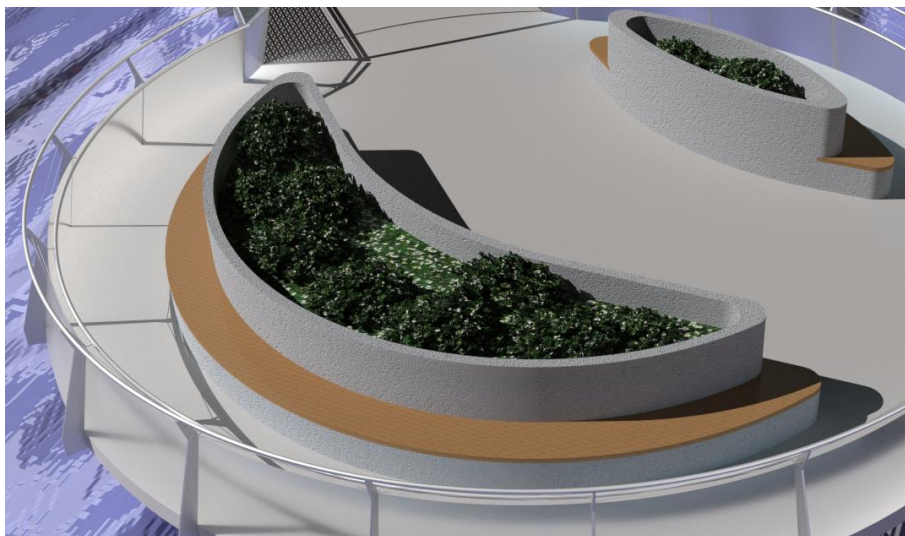


Figur 8-11 Glassrekkverk på sirkeløyen [3]

Rekreasjonsområdet er tydelig separert fra hovedpassasjen over broen, og vil derfor ikke forstyrre den passerende trafikken eller påvirke trafikkflyten negativt. Besøkende som nyter utsikten fra sirkelen vil heller ikke bli forstyrret av de som passerer over broen, da disse områdene er fysisk adskilt.

I det åpne området, mellom benkene og passasjen gjennom sirkeløyen, er det grøntområder som tilrettelegger for planter og blomster. Dette vil ikke bare fungere som en fysisk grense mellom de som passerer over broen og de som nyter utsikten, men det vil også legge til estetisk appell til området.

Plantingen kan også bidra til å fremme det biologiske mangfoldet i området hvis man velger å bruke lokale arter. Som dokumentert i 5.1.5. Stedsanalyse, observerer vi et mangfoldig økosystem i området. Et slikt tiltak kan utgjøre en forskjell i å opprettholde det nåværende biologiske mangfoldet i området. Sirkeløyen med benker og grøntområder er illustrert i Figur 8-12.



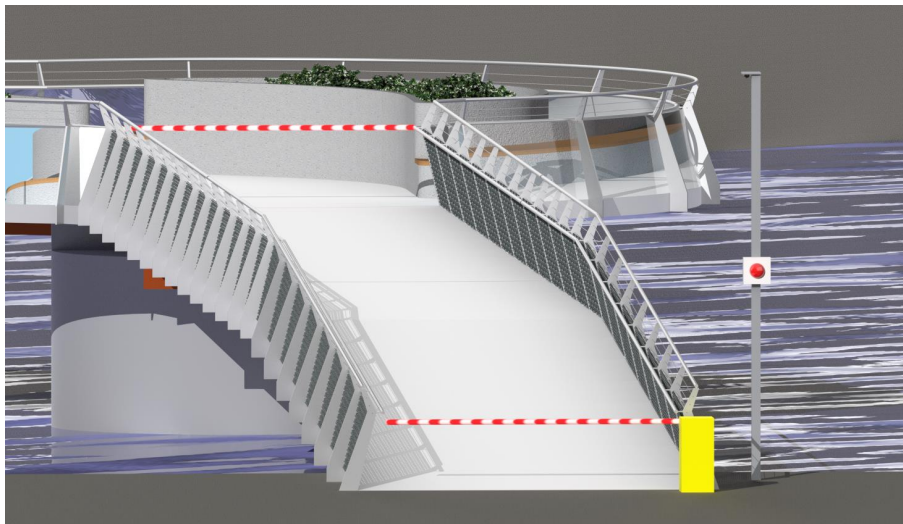
Figur 8-12 Perspektivbilde av sirkeløyen [3]

8.5.7. Sikkerhetstiltak

For å sikre en trygg ferdsel over broen for fotgjengere, er det avgjørende å implementere tilstrekkelige sikkerhetstiltak. Ved åpning av broen er det viktig å sørge for at ingen mennesker befinner seg på den bevegelige delen som roteres rundt sirkeløyen. Det vil være trygt for mennesker å oppholde seg på selve sirkeløyen og brodelen fra Odderøya, og ut til sirkeløyen. Når broen skal åpnes, kan det ikke være fotgjengere på brodelen fra sirkeløyen til Lagmannsholmen. Dette må tydeliggjøres og markeres tilstrekkelig for å sikre at mennesker forstår og følger disse sikkerhetstiltakene.

Det er viktig å implementere inkluderende sikkerhetstiltak som dekker behovene til personer med funksjonsnedsettelse. Derfor er det viktig med varslingssystemer som fungerer for personer med nedsatt hørsel, syn og fysiske evner. På broen vil det bli installert høyttalere som gir ut lydsignaler og informerer om at mennesker må fjernes fra den bevegelige delen av broen. Det vil være blinkende røde lys som signaliserer at det ikke er trygt å passere. I tillegg vil det være en bom som senkes ned som en fysisk barriere på begge sider av den bevegelige delen av broen. Dette samsvarer med Kristiansand kommunes krav om sikkerhetstiltak fra Tabell 5-1.

Figur 8-13 viser broen med sikkerhetstiltak sett fra Lagmannsholmen mot sirkeløyen. Sikkerhetstiltakene som inkluderes er bom, samt lyd og lys varsling og overvåkningskamera.



Figur 8-13 Illustrerer broens sikkerhetstiltak like før broen skal åpnes [3]

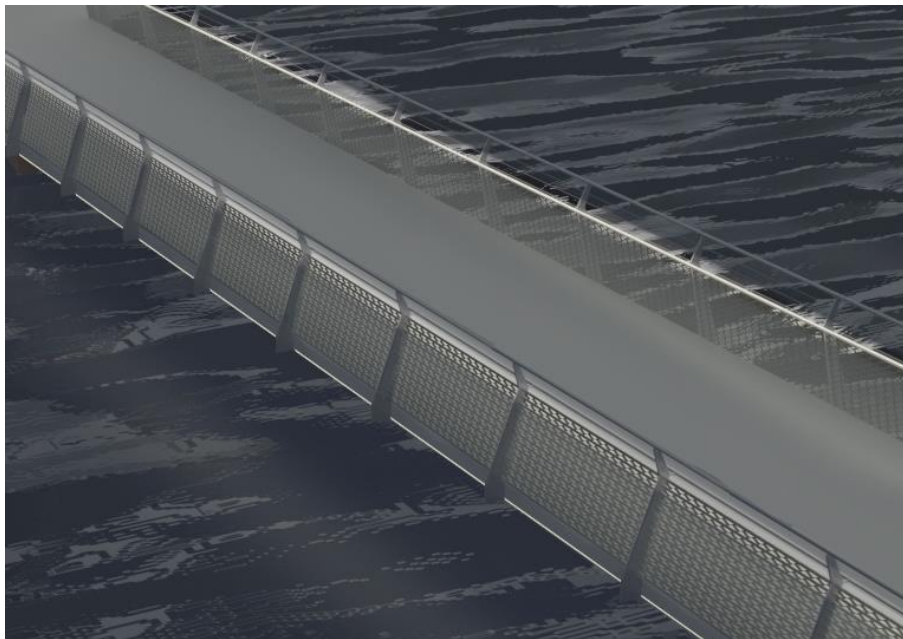
Det vil først bli sendt ut lyd- og lysvarsler som indikerer at broen skal åpnes. Deretter vil det være tilstrekkelig med tid for personer å flytte seg bort fra den bevegelige delen før bommen senkes ned. Bommen er en smal sylinder som beveger seg fra vertikal til horisontal posisjon for å blokkere passasjen. Hvis det likevel er personer igjen på den bevegelige delen av broen, vil det være mulig å klatre over eller under bommen, slik at ingen blir værende imellom bommene. Broens bevegelige element vil heller ikke begynne å svinge før en kort stund etter at bommen er senket, for å skape en sikkerhetsmargin om det skulle oppstå problemer. Bommen vil fungere som en fysisk barriere, og det forventes at personer bruker sunn fornuft og ikke forsøker å passere.

I tilfelle noen skulle bli “fanget” på den bevegelige delen av broen, vil ikke situasjonen være kritisk. Personen vil i så fall bli låst på elementet mens bevegelsen pågår, og kan forlate det når broen roteres tilbake til lukket posisjon. Selv om det er ønskelig å unngå slike situasjoner, vil det ikke være livstruende om det skulle skje.

Det er også montert et overvåkningskamera slik at man kan følge med under åpning og lukking av broen, uten behov for fysisk tilstedeværelse på stedet.

8.5.8. Belysning

Broen er utstyrt med LED-lys, som illustrert i Figur 8-14, for å belyse passasjen over broen for fotgjengere og for å fremheve selve brokonstruksjonen for båter som passerer under broen. LED-lys er plassert under håndlisten på rekkverket for å gi kontinuerlig belysning over broen. Dette sikrer en trygg overgang over broen, samtidig som det skaper et estetisk tiltalende preg. Broen vil fremstå som en slags “rød løper” som leder besøkende til Kilden og Kunstsilo, to ikoniske bygninger i Kristiansand. Belysningen under broen og sirkeløyen sikrer at båter kan se broen tydelig, og hjelper med å unngå kollisjon. God belysning langs kystområder er spesielt viktig for å redusere risikoen for ulykker, da det kan bidra til å unngå at personer faller over bord, som igjen kan føre til drukning. Dette samsvarer med Kristiansand kommunes krav om sikkerhetstiltak fra Tabell 5-1.



Figur 8-14 Illustrerer broens belysning ved mørke [3]

9. Konklusjon

På hvilken måte bør en gangbro fra Lagmannsholmen til Odderøya i Kristiansand utformes?

Basert på to gjennomførte MCDA-analyser konkluderes det med at en gangbro mellom Lagmannsholmen og Odderøya bør utformes som en svingbro, plassert vinkelrett på begge kaifrontene med en sirkeløy i midten. En svingbro med sirkeløy sikrer en trygg og effektiv passasje over broen, samtidig som den legger til rette for rekreasjonsmuligheter. En bevegelig svingbro representerer en fleksibel løsning som tillater gjennomseiling av fiskebåter og andre fartøy som ikke kan passere under broen.

For å sikre universell utforming og trygg ferdsel, er broen tilpasset med egnede sikkerhetstiltak. Utformingen er i tråd med tekniske forskrifter og Statens vegvesens håndbøker. Broens design er utviklet i tråd med interessentenes krav og ønsker, og inkluderer inspirasjon fra vellykkede forbildeprosjekter. Dette resulterer i en balansert kombinasjon av funksjonalitet og visuell appell. Gangbroen vil bidra til å skape en innbydende passasje over Gravanekanalene som integreres med omgivelsene.



Figur 9-1 Endelig bro i lukket posisjon, lagt på et perspektivbilde tatt fra Kunstsilo [3]

10. Anbefalinger

I løpet av prosjektarbeidet har vi utvidet vår kunnskap betydelig og blitt oppmerksomme på flere områder som kunne vært aktuelle for videre utforskning. Med en lengre tidsramme ville vi fordypet oss mer i disse aspektene:

- Det er for øyeblikket ingen konkrete planer for implementering av broen som oppgaven tar for seg. Det ville imidlertid være svært interessant å utforske fordeler og ulemper med å innføre en gangbro i det aktuelle området. Dette kan inkludere omfattende analyser av gangbarheten i området, samt gjennomføring av både kvalitative og kvantitative spørreundersøkelser. Disse tiltakene ville bidratt til å identifisere behovene i lokalsamfunnet og gi et tydelig bilde av hvor sterk etterspørselen etter en slik bro er.
- For videre arbeid ville neste steg vært å gjennomføre dimensjonering av last og bæreevne for broen, et nødvendig steg hvis byggeprosjektet skal realiseres. Dette krever grundig vurdering av bjelker og søyler for å optimalisere broens styrke og funksjonalitet.
- Videre ville det vært interessant å utforske ulike materialvalg for brokonstruksjonen, med et mål om å oppnå et gunstig, holdbart og estetisk tiltalende resultat. Det ville vært fordelaktig å undersøke flere materialer og gjennomføre en livssyklusanalyse (LCA) for å vurdere miljøpåvirkningen gjennom hele broens levetid.
- Det ville også vært aktuelt å se på frakt og montering av broen, samt å undersøke mulighetene for bruk av prefabrikkerte elementer i konstruksjonen. Dette vil bidra til å effektivisere byggeprosessen.

11. Referanser

- [1] Kristiansand Kommune, «Kvalitetsprogram Lagmannsholmen,» 01 07 2023. [Internett]. Available: <https://www.kristiansand.kommune.no/contentassets/3aa90e5d35c64f4ab94cab6af69a058b/1.-kvalitetsprogram-lagmannsholmen-sist-revidert-01.07.2023.pdf>. [Funnet 10 01 2024].
- [2] Statens vegvesen, «Bærekraftig mobilitet,» [Internett]. Available: <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/baerekraftig-mobilitet/>. [Funnet 14 05 2024].
- [3] Egenprodusert.
- [4] Norgeskart, «Flybilder,» [Internett]. Available: <https://www.norgeskart.no/#!?project=norgeskart&layers=1003&zoom=15&lat=6465634.75&lon=88044.30>. [Funnet 14 02 2024].
- [5] Statens vegvesen, «Om håndbøkene,» [Internett]. Available: <https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/handboker/om-handbokene/>. [Funnet 13 02 2024].
- [6] FN-Sambandet, «FNs Bærekraftsmål,» FN-Sambandet, [Internett]. Available: <https://fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>. [Funnet 09 04 2024].
- [7] C. Ecket og J. Clarkson, Design Process Improvement: A review of current practice, University of Cambridge : Springer, 2005. [Internett]. Available: https://books.google.no/books?hl=no&lr=&id=A3EvmUT_PVYC&oi=fnd&pg=PR2&dq=design+process+&ots=spAslZ4R9L&sig=fOxW2Ho2Oi5TKaDxL5ngnNW6Qfo&redir_esc=y#v=onepage&q=design%20process&f=false. [Funnet 24 01 2024].
- [8] D. Gustafsson, «Analysing the Double diamond design process through research & implementation,» 2019. [Internett]. Available: <https://aalto.doc.aalto.fi/server/api/core/bitstreams/572b8860-5ad1-4f31-93ce-efbf7bbe322b/content>. [Funnet 24 01 2024].
- [9] DOGA, «Desingprosessen,» [Internett]. Available: <https://doga.no/verktoy/designdrevet-innovasjon/guide-for-designdrevet-innovasjon/2/designprosessen/>. [Funnet 24 01 2024].
- [10] P. B. Jones, Modern Architecture Through Case Studies, Oxford: Architectural Press, 2002. [Internett]. Available: https://books.google.no/books?hl=no&lr=&id=nOVFPNTn59YC&oi=fnd&pg=PA4&dq=case+studies+architecture+design&ots=AYkSLmj9dF&sig=uyZFNpOJ6bdZtmHNkDUZTp2_Fv0&redir_esc=y#v=onepage&q=case%20studies%20architecture%20design&f=false. [Funnet 23 01 2024].
- [11] 1000minds, «Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA/MCDM),» 1000minds, [Internett]. Available: <https://www.1000minds.com/decision-making/what-is-mcdm-mcda#introduction>. [Funnet 22 02 2024].
- [12] S. Babashahi, «Using multi-criteria decision analysis (MCDA) to support health research funding decision-making,» 2020. [Internett]. Available: <https://ourarchive.otago.ac.nz/esploro/outputs/doctoral/Using-multi-criteria-decision-analysis-MCDA-to/9926480197401891>. [Funnet 22 02 2024].
- [13] P. Nemery og A. Ishizaka, Multi-criteria Decision Analysis: Methods and Software, West Sussex: Wiley, 2013. [Internett] Available: <https://download.e->

- bookshelf.de/download/0003/8460/95/L-G-0003846095-0002367570.pdf. [Funnet 22 02 2024].
- [14] M. Petruzzello, «Movable bridge,» Britannica, [Internett]. Available: <https://www.britannica.com/technology/suspension-bridge>. [Funnet 12 02 2024].
- [15] T. L. Koglin, Movable Bridge Engineering, New Jersey: Wiley, 2003. [Internett]. Available: https://books.google.no/books?hl=no&lr=&id=_cyqkMJ7QDgC&oi=fnd&pg=PR11&dq=movabe+bridges&ots=HCGxfNIBQm&sig=GzRVF7Yeux4HCRTVBaoLeyuxMR0&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false. [Funnet 10 01 2024]
- [16] Wikipedia, «Kaldnes bru åpna som gang- og sykkelbru over Byfjorden i Tønsberg i 2005. Foto: 2007,» Wikipedia, 01 11 2008. [Internett]. Available: https://no.wikipedia.org/wiki/Kaldnes_bru#/media/Fil:Bridging_the_Sky.jpg. [Funnet 12 02 2024].
- [17] Buro Happold, «Pulling the pin on old style swing bridge design,» [Internett]. Available: <https://www.burohappold.com/projects/copenhagen-harbour-bridge-lille-langebros/>. [Funnet 12 02 2024].
- [18] Regjeringen, «Veileder i universell utforming,» [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/veileder-i-universell-utforming/id2850026/?ch=4>. [Funnet 09 05 2024].
- [19] Direktoratet for Byggkvalitet, Tekna, Arkitektbedriftene i Norge, Norske arkitekters landsforbund, «universell utforming,» [Internett]. Available: <https://www.dibk.no/globalassets/2.-verktoy-og-veivisere/universell-utforming/kompetanseplan.pdf>. [Funnet 09 05 2024].
- [20] Statens vegvesen, «N100 Veg-og gateutforming,» 2023. [Internett]. Available: <https://viewers.vegnorm.vegvesen.no/product/859984/nb>. [Funnet 13 02 2024].
- [21] Statens vegvesen, «N101 Trafikksikkert sideterreng og vegsikringsutstyr,» 2022. [Internett]. Available: <https://viewers.vegnorm.vegvesen.no/product/859965/nb>. [Funnet 13 02 2024].
- [22] Direktoratet for byggkvalitet, «Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning,» 15 09 2017. [Internett]. Available: <https://www.dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17>. [Funnet 13 02 2024].
- [23] Kartverket, «Vannstandsnivå,» 26 04 2024. [Internett]. Available: <https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva/referanseniva/vannstandsniva>. [Funnet 09 05 2024].
- [24] L. Bianco, «Architecture, Engineering and Building Science: The Contemporary Relevance of Vitruvius's De Architectura,» 24 02 2023. [Internett]. Available: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/5/4150>. [Funnet 24 02 2024].
- [25] F. Choay, «Le Corbusier,» 23 02 2024. [Internett]. Available: <https://www.britannica.com/biography/Le-Corbusier>. [Funnet 29 02 2024].
- [26] K. Kiran og A. Gunnarsjaa, «Postmodernisme (arkitektur),» 19 08 2021. [Internett]. Available: https://snl.no/postmodernisme_-_arkitektur. [Funnet 1 03 2024].
- [27] P. Collins, «Utilitas,» 27 12 2023. [Internett]. Available: <https://www.britannica.com/topic/architecture/Utilitas>. [Funnet 26 02 2024].

- [28] Britannica, «Functionalism,» [Internett]. Available: <https://www.britannica.com/topic/architecture/Functionalism>. [Funnet 29 02 2024].
- [29] Britannica, «Purism,» [Internett]. Available: <https://www.britannica.com/art/Purism-art>. [Funnet 29 02 2024].
- [30] A. M. Lunde, «Christian Norberg-Schulz,» 01 08 2023. [Internett]. Available: https://snl.no/Christian_Norberg-Schulz. [Funnet 01 03 2024].
- [31] Realdania, «Lille Langebro,» [Internett]. Available: <https://realdania.dk/projekter/lillelangebro>. [Funnet 10 01 2024].
- [32] Wilkinsoneyre, «Lille Langebro,» [Internett]. Available: <https://wilkinsoneyre.com/projects/lille-langebro>. [Funnet 10 01 2024].
- [33] Studio Olafur Eliasson, «Cirkelbroen Bridge / Studio Olafur Eliasson,» 2015. [Internett]. Available: <https://www.archdaily.com/772411/cirkelbroen-bridge-studio-olafur-eliasson>. [Funnet 15 01 2024].
- [34] PIR2, «Svingbroa på Skansen,» [Internett]. Available: <https://pir2.no/prosjekter/svingbrua-pa-skansen>. [Funnet 15 01 2024].
- [35] K. Heggdal, «I kveld kan du se et sjeldent syn,» 5 03 2015. [Internett]. Available: <https://www.nrk.no/trondelag/i-kveld-kan-du-se-et-sjeldent-syn-1.12242542>. [Funnet 15 01 2024].
- [36] Lindesnes, «Dyrt å åpne broklaffen,» [Internett]. Available: <https://www.l-a.no/nyheter/i/q4qW0/dyrt-aa-aapne-broklaffen>. [Funnet 15 01 2024].
- [37] Tratec, «Elektrisk anlegg og belysning av Adolph Tidemanns bro i Mandal,» [Internett]. Available: <https://www.tratec.no/referanser/adolp-tidemands-bro-i-mandal>. [Funnet 15 01 2024].
- [38] Multiconsult, «Blest rundt Multiconsult-designet gangbro,» 15 12 2016. [Internett]. Available: <https://www.multiconsult.no/blest-rundt-multiconsult-designet-gangbru/>. [Funnet 18 01 2024].
- [39] LoebCapote Arquitetura e Urbanismo , «Friedrich Bayer Bridge / LoebCapote Arquitetura e Urbanismo,» 2013. [Internett]. Available: <https://www.archdaily.com/543458/friedrich-bayer-bridge-loebcapote-arquitetura-e-urbanismo>. [Funnet 19 01 2024].
- [40] Prosjektveiviseren, «Interessenter,» [Internett]. Available: <https://prosjektveiviseren.digdir.no/god-praksis/interessenter/85>. [Funnet 13 02 2024].
- [41] Direktoratet for byggkvalitet, «Når gjelder byggt teknisk forskrift (TEK17)?,» 27 01 2023. [Internett]. Available: <https://www.dibk.no/bygge-eller-endre/arbeid-pa-eksisterende-bygg/nar-gjelder-byggt-teknisk-forskrift-tek17>. [Funnet 13 02 2024].
- [42] Direktoratet for byggkvalitet, «12-16. Rampe,» 01 10 2020. [Internett]. Available: <https://www.dibk.no/regelverk/byggt-teknisk-forskrift-tek17/12/iii/12-16>. [Funnet 13 02 2024].
- [43] Visit Norway, «Odderøya,» [Internett]. Available: <https://www.visitnorway.no/reisemal/sorlandet/kristiansand/listings-kristiansand/odder%C3%B8ya/19899/>. [Funnet 14 02 2024].
- [44] Kanalbyen, «Om prosjektet,» [Internett]. Available: <https://www.kanalbyen.no/om-kanalbyen/om-prosjektet/>. [Funnet 14 02 2024].

- [45] Kommunekart, «Kristiansand,» [Internett]. Available: <https://kommunekart.com/klient/kristiansand/kristiansandskart>. [Funnet 14 02 2024].
- [46] Norgeskart, «Sjøkart,» [Internett]. Available: https://www.norgeskart.no/?&_ga=2.190771688.211269388.1507792807-1488548878.1480056106#!?zoom=15&lon=88194.13&lat=6465806.42&project=dekning&layers=1008. [Funnet 14 02 2024].
- [47] Kristiansand Kommune, «Temakart,» Kristiansand Kommune, [Internett]. Available: <https://kristiansand.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=9c62e14f536448e08c011fbde6267096>. [Funnet 14 02 2024].
- [48] Kystverket, «Kart,» [Internett]. Available: <https://kart.kystverket.no/>. [Funnet 14 02 2024].
- [49] Kilden, «Kunsten i Kilden,» [Internett]. Available: <https://kilden.com/kunsten-i-kilden/>. [Funnet 14 05 2024].
- [50] Norsk Klimaservicesenter, «Vindrose med frekvensfordeling,» Norsk Klimaservicesenter, 16 02 2024. [Internett]. Available: https://seklima.met.no/windrose/?timeresolution=last_10_years&locationid=SN39100. [Funnet 16 02 2024].
- [51] Norsk Klimaservicesenter, «Observasjoner og værstatistikk,» Norsk Klimaservicesenter, 01 02 2024. [Internett]. Available: <https://seklima.met.no/observations/>. [Funnet 16 02 2024].
- [52] Kartverket, «Resultat for Lagmannsholmen (Kristiansand),» Kartverket, 01 02 2024. [Internett]. Available: <https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva/resultat?id=667225&location=Lagmannsholmen>. [Funnet 19 02 2024].
- [53] MarineTraffic, «Live map,» MarineTraffic, [Internett]. Available: <https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:7.995/centery:58.139/zoom:15>. [Funnet 03 03 2024].
- [54] Reinhartsen, «Tirsdagskonserter på fiskebrygga,» [Internett]. Available: <https://www.reinhartsen.no/2022/07/tirsdagskonserter-pa-fiskebrygga/>. [Funnet 19 02 2024].
- [55] Artsdatabanken, «Artskart,» Artsdatabanken, 19 02 2024. [Internett]. Available: [https://artskart.artsdatabanken.no/#map/88027,6465605/15/background/greyMap/filter/%7B%22IncludeSubTaxonIds%22%3Atrue%2C%22Found%22%3A%5B2%5D%2C%22NotRecovered%22%3A%5B2%5D%2C%22Geometry%22%3A%22POLYGON\(\(88084.21919144387%206465681.668671232%2C88126.84728](https://artskart.artsdatabanken.no/#map/88027,6465605/15/background/greyMap/filter/%7B%22IncludeSubTaxonIds%22%3Atrue%2C%22Found%22%3A%5B2%5D%2C%22NotRecovered%22%3A%5B2%5D%2C%22Geometry%22%3A%22POLYGON((88084.21919144387%206465681.668671232%2C88126.84728). [Funnet 19 02 2024].
- [56] Kilden, «Bygget og arkitekturen,» [Internett]. Available: <https://kilden.com/bygget-og-arkitekturen/bygget/>. [Funnet 15 01 2024].
- [57] Kilden, «Saler og bygget,» [Internett]. Available: <https://kilden.com/bygget-og-arkitekturen/saler/>. [Funnet 15 01 2024].
- [58] Kunstsilo, «Om oss,» [Internett]. Available: <https://www.kunstsilo.no/no/organisasjonen/om-oss>. [Funnet 15 01 2024].
- [59] Kunstsilo, «Møt arkitekten - Magnus Wåge,» 01 02 2024. [Internett]. Available: <https://www.kunstsilo.no/no/channel/mot-arkitekten-magnus-waage>. [Funnet 19 02 2024].

- [60] Mestreswåge, «Mestreswåge,» [Internett]. Available: <https://mestreswage.com/about/>. [Funnet 19 02 2024].
- [61] Rhinoceros 3D, «Features,» [Internett]. Available: <https://www.rhino3d.com/features/>. [Funnet 14 05 2024].
- [62] Microsoft, «Microsoft Word,» [Internett]. Available: <https://www.microsoft.com/nb-no/microsoft-365/word?market=no>. [Funnet 14 05 2024].
- [63] Microsoft, «Microsoft PowerPoint,» [Internett]. Available: <https://www.microsoft.com/nb-no/microsoft-365/powerpoint?market=no>. [Funnet 14 05 2024].
- [64] Microsoft, «Microsoft Teams,» [Internett]. Available: <https://www.microsoft.com/nb-no/microsoft-teams/group-chat-software/>. [Funnet 14 05 2024].
- [65] Microsoft, «Microsoft Project,» [Internett]. Available: <https://www.microsoft.com/nb-no/microsoft-365/project/project-management-software>. [Funnet 14 05 2024].
- [66] Marinetraffic, «Live Map,» [Internett]. Available: <https://help.marinetraffic.com/hc/en-us/articles/204062548-Live-Map>. [Funnet 14 05 2024].
- [67] Procreate, «Who we are,» 2024. [Internett]. Available: <https://procreate.com/who-we-are>. [Funnet 14 05 2024].
- [68] B. M. Vikøren og R. Pihl, «SWOT-analyse,» 31 08 2022. [Internett]. Available: <https://snl.no/SWOT-analyse>. [Funnet 10 01 2024].
- [69] G. Andersen, «Kvalitative intervjuundersøkelser,» 16 04 2020. [Internett]. Available: <https://ndla.no/nb/subject:1:9bb7b427-3f5b-4c45-9719-efc509f3d9cc/topic:1:432baee9-5671-47ce-870e-48b8fc3b7a42/topic:1:1db7bf3c-3a7b-44af-b632-e3c5ff2a999e/resource:201ce19e-7011-49a6-b415-91fd42d5dfe9>. [Funnet 19 02 2024].
- [70] L. Thamma Reddi, «Stakeholder Analysis using the Power Interest Grid,» 14 04 2023. [Internett]. Available: https://www.projectmanagement.com/wikis/368897/stakeholder-analysis--using-the-power-interest-grid#_=_. [Funnet 13 02 2024].
- [71] Britannica, «Vitruvius,» 19 12 2019. [Internett]. Available: <https://www.britannica.com/biography/Vitruvius>. [Funnet 29 02 2024].
- [72] Temakart, «NVE Faresoner,» [Internett]. Available: <https://temakart.nve.no/link/?link=faresoner&layer=5&field=kommunenavn&value=Kristiansand&buffer=10000>. [Funnet 14 02 2024].

12. Vedlegg

Vedlegg 1 – Påmeldte deltagere Lagmannsholmen konferanse

Vedlegg 2 – Lagmannsholmen konferanse oppsummering

Vedlegg 3 – Intervju Fiskemottaket

Vedlegg 4 – Artsbank

Vedlegg 5 – Fremdriftsplan

Vedlegg 6 – Loggbok for litteratursøk

Vedlegg 7 – Spørsmål for intervju med Fiskemottaket

Vedlegg 8 – BachelorFinal Rhino modell

Vedlegg 9 – Utregning av lengden til rampene for brohøydene 2,5 og 15 meter

Vedlegg 10 – Utregning av lengden til rampene for aktuell bro

Vedlegg 11 – Utforming av gangbro A3 plakat UIA