

PIR2



Illustrasjon PIR2, foto Sofie Brovold

Designgrunnlag og konstruksjonsprinsipper bru

Ravnkloa og Kanalhavna, detaljregulering

Trondheim kommune

DESIGNGRUNNLAG OG KONSTRUKSJONSPRINSIPPER

PROSJEKT **Ravnkloa og Kanalhavna, detaljregulering**

OPPDRAGSGIVER **RAVNKLOA AS**

KONTAKTPERSON Ivar Koteng

PLANKONSULENT **PIR2 AS**

KONTAKTPERSON Per Skjæveland

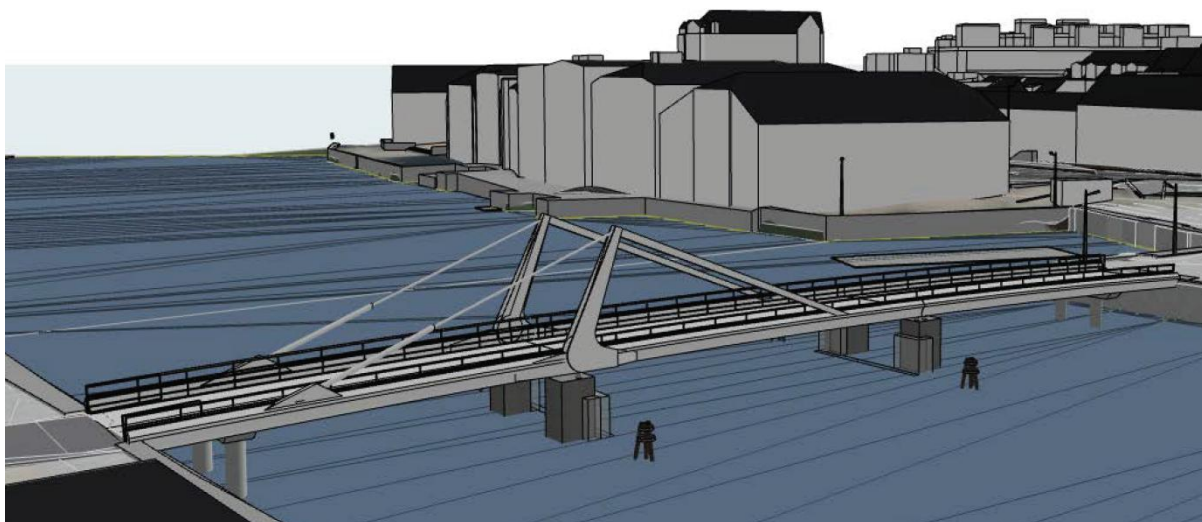
KVALITETSKONTROLL Maryann Tvenning

DATO 10.02.2026

Sammendrag

Planlagt Ravnkloa gang- og sykkelbru er del av planforslaget for detaljregulering for ny fiskehall i Ravnkloa med bru, Trondheim. Forslagsstiller er Ravnkloa AS. Selskapet eies av Trondheim Havn, E. C. Dahls Eiendom og Koteng Eiendom. PIR2 AS er plankonsulent.

Denne rapporten er en nærmere angivelse av designgrunnlaget og beskrivelse av de konstruksjonsprinsippene som legges til grunn sammen med forslag til løsninger.



Utsnitt av modell

Reguleringsplanen skal legge til rette for revitalisering av Ravnkloa som et levende bymiljø, samtidig som gang- og sykkeltrafikken skal styrkes i tråd med vedtatte mål for byutviklingen. Til sammen skal tiltakene i planen være viktige bidrag til vitalisering av Midtbyen. Reguleringsplanen skal legge til rette for oppføring av en ny fiskehall der dagens fiskehall står. Den skal også legge til rette for ny gang- og sykkelbru fra Ravnkloa til Vestre Kanalhavn.

For nærmere illustrasjon vises til tegning:

Ravnkloa og Kanalhavna, detaljregulering

Bru. Designgrunnlag og konstruksjonsprinsipper

K1-001 Oversikt – plan, oppriss og snitt fra Norconsult AS.

Beliggenhet

Ny gang- og sykkelbru ved Ravnkloa plasseres hvor det er kort avstand mellom Ravnkloa og Vestre Kanalkai. Den plasseres vest for Ravnklobassenget hvor den ikke begrenser manøvreringsrommet.

Valgt åpningsprinsipp og konstruksjon

Av ulike prinsipper for åpningsbru velges bru med en stk. åpningsklaff med rotasjonsakse nærmest Vestre Kanalkai. Da brua ligger lavt over høyeste vannstand i Kanalen, velges overliggende hydrauliske sylindre med tilhørende overliggende stålramme på klaffen.

Designgrunnlag. Krav til bru og brukonstruksjon.

Hovedkravene er:

Dimensjoneres for gang-/sykkeltrafikk og service- og vedlikeholdskjøretøy.

Føringsbredde mellom rekkverk 5,5 m.

Bredde seilingsåpning 20 m. Fri høyde under bru i lukket tilstand 3,1 m (NN2000).

Særskilte forhold:

Hensyn til trafikk med båter og vernede fartøy.

Forurensede masser i sjøbunnen.

Levetid 100 år.

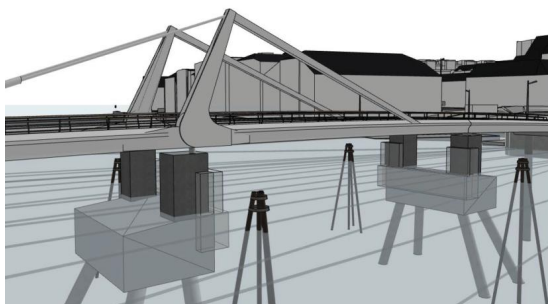
Hensyn til omliggende infrastruktur.

Krav om drift med lite avbrudd og sikker styring.

Konstruksjonsprinsipper med forslag.

For ikke å belaste eksisterende kaier fundamenteres brua på peler uti Kanalen. Hele brukonstruksjonen skal dimensjoneres for aktuelle støtlaster fra fartøyene i kanalen etter gjeldende regler. Under utforming av konstruksjonene skal de tas hensyn til kulturmiljøet i Kanalen.

De sentrale delene av brua er åpningsklaff med løftesystem og brufundamenter med pilarer på hver side nærmere illustrert nedenfor.



Utsnitt av modell

Drift

Det er viktig at brua drives uten negative konsekvenser for framtidig ferdsel i Kanalen. Kravene til organisering, vedlikehold og drift må være tydelige.

Samarbeidsavtale er ønskelig mellom partene: Bane NOR, Statens vegvesen og Trondheim kommune. Innhold kan være: Ansvarsfordeling for åpning/lukking, samordning av tid for teknisk driftskontroll, tid for teknisk vedlikehold og rutiner for varsling ved driftsavbrudd på grunn av uønskede hendelser.

Det må være faste rutiner for kontroller, service og vedlikehold med særskilt vekt på styresystem.

INNHOLDSFORTEGNELSE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Beliggenhet..... | 5 |
| 2 | Åpningsprinsipper – valgt alternativ | 6 |
| 3 | Designgrunnlag..... | 8 |
| | 3.1 Funksjoner – hva skal brua betjene? | 8 |
| | 3.2 Tekniske bestemmelser | 9 |
| | 3.3 Krav til sikkerhet for brukerne | 9 |
| | 3.4 Forhold i sjøbunnen | 9 |
| | 3.4.1 Grunnforhold | 9 |
| | 3.4.2 Forurensede masser i sjøbunnen | 10 |
| | 3.5 Levetid | 10 |
| | 3.6 Bruåpninger og bevegelsehastighet | 10 |
| | 3.7 Nærliggende infrastruktur | 10 |
| | 3.8 Naturgitte forhold | 12 |
| | 3.9 Dybdeforhold i Kanalen | 13 |
| | 3.10 Materialer og kvaliteter | 13 |
| | 3.11 Behov for overvåking | 13 |
| | 3.12 Behov for informasjon og skilting | 13 |
| | 3.13 Design – utforming | 13 |
| | 3.14 Krav til god løsning..... | 14 |
| 4 | Konstruksjonsprinsipper med forslag til løsning | 14 |
| | 4.1 Felles | 14 |
| | 4.2 Fundamentering | 15 |
| | 4.3 Landkar | 15 |
| | 4.4 Brupilarer | 16 |
| | 4.5 Overbygning (bruplate)..... | 16 |
| | 4.6 Klaff..... | 17 |
| | 4.7 Løftesystem | 17 |
| | 4.7.1 Teknisk løsning..... | 17 |
| | 4.7.2 Styresystem..... | 17 |
| | 4.7.3 Eksempel på funksjonsbeskrivelse for åpne- og lukkeprosedyre | 17 |
| | 4.7.4 Aggretatus..... | 19 |
| | 4.8 Bruutstyr | 19 |
| | 4.8.1 Konvensjonelt bruutstyr | 19 |
| | 4.8.2 Særskilt bruutstyr for åpningsbru | 20 |
| 5 | Drift..... | 20 |
| | 5.1 Organisering..... | 20 |
| | 5.2 Dokumentasjon..... | 20 |
| | 5.3 Vedlikehold | 20 |

1 Beliggenhet

Brua planlegges bygd over Kanalen ved Ravnkloa.



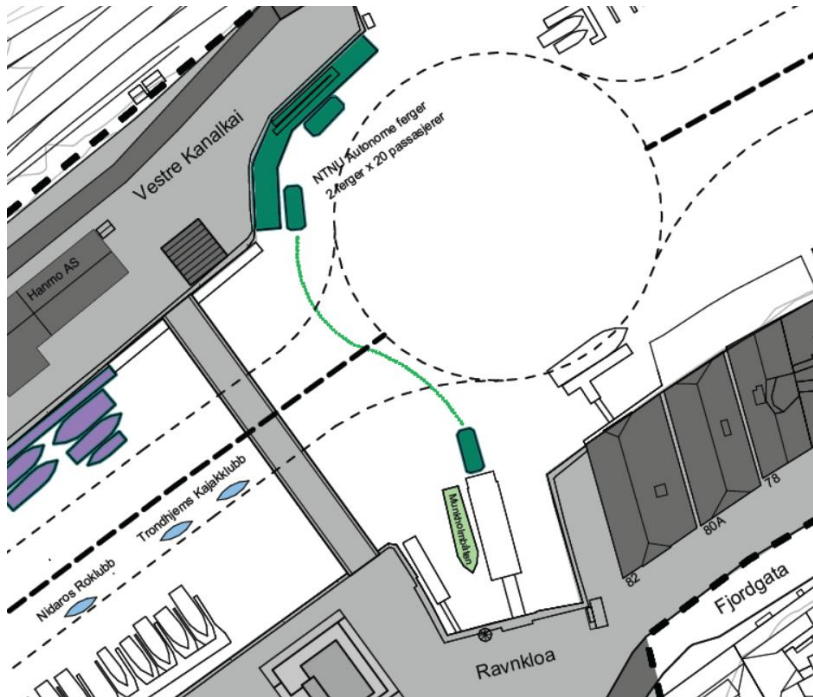
Kart, Trondheim kommune, lokalisering av planområdet

Brua krysser vinkelrett på Kanalen mellom Ravnkloa i sør og Vestre Kanalkai i nord.



Situasjonsplan Ravnkloa

Den bygges som åpningsbru med seilingsåpning i dagens farled og krysser vinkelrett over Kanalens farled vest for Ravnklobassenget slik at båttrafikken ikke hindres. Situasjonen vises nedenfor.



Utdrag fra Disposisjonsplan

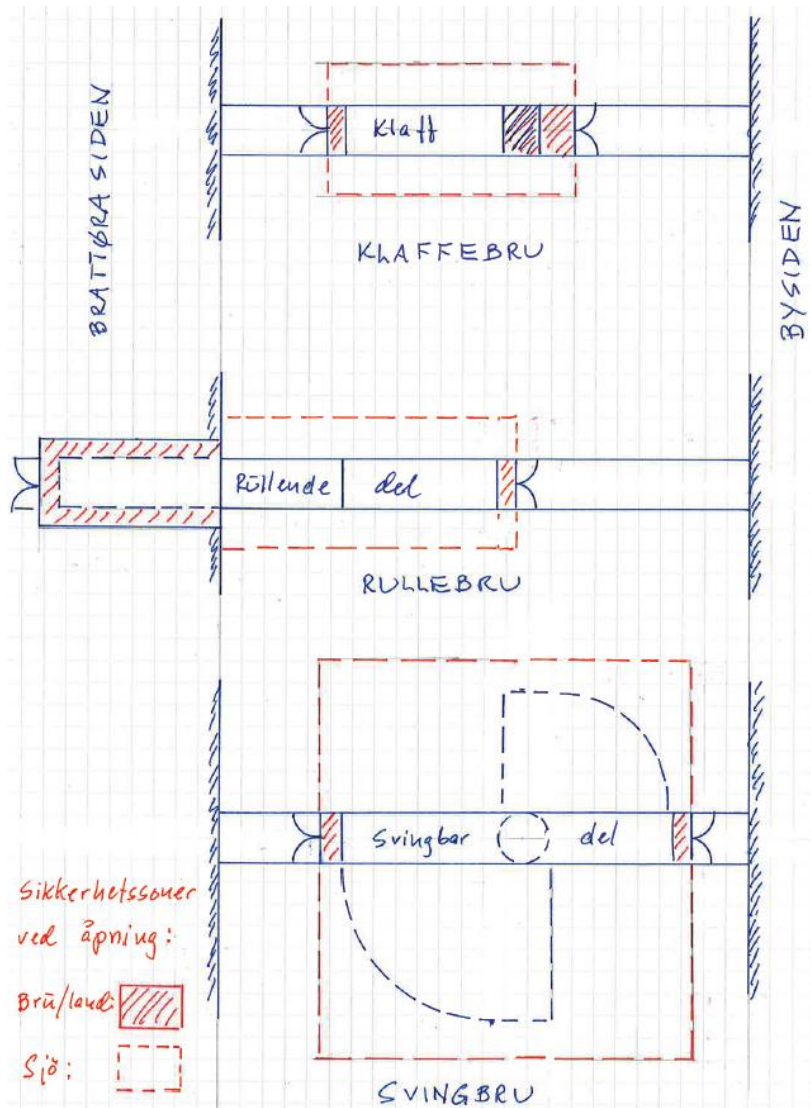
2 Åpningsprinsipper – valgt alternativ

For åpningsbruer finnes det bruk av mange ulike konstruksjonsprinsipper ute i verden ikke minst i Nederland. På grunn av hensyn til omgivelsene rundt Ravnkloa og Kanalen er alle prinsipper med store overliggende konstruksjonselementer valgt bort.

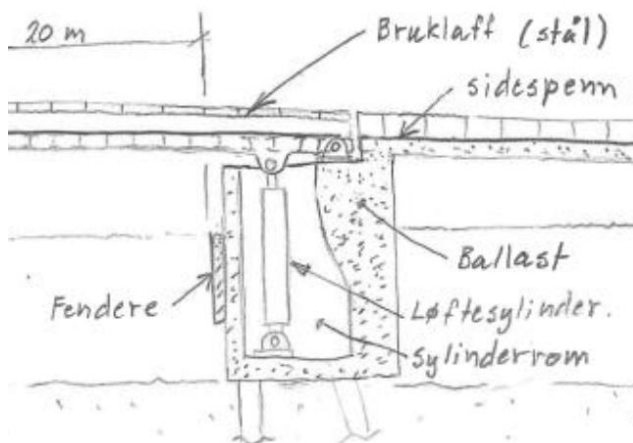
Vurderte åpningsprinsipper:

Aktuelle åpningsprinsipper er enkelt vist nedenfor i skisse hentet fra «Rapport 3 gs-bruer, Trondheim kommune» av 12.03.2021:

Ravnkloa og Kanalhavna, detaljregulering
 Bru. Designgrunnlag og konstruksjonsprinsipper

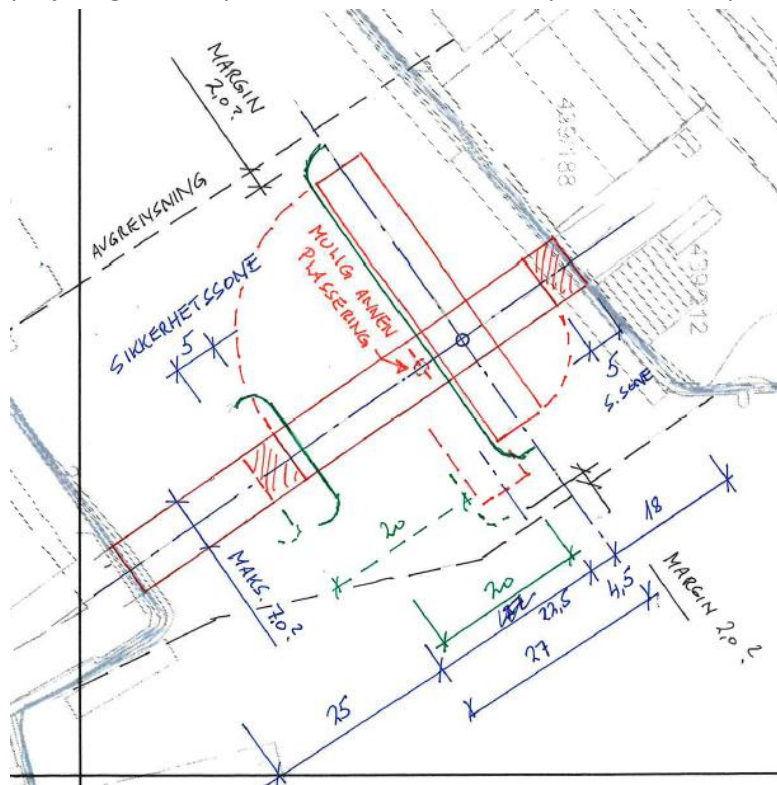


- Klaffebru, en eller to klaffer. Det er lite ønskelig med to klaffer på grunn av utfordringer med eventuelle skjevheter i brukonstruksjonen over tid m.m. Gjeldende hovedprinsipp er en stk. klaff (kfr. Nidelv bru). Flere konstruksjonsprinsipper kan brukes, for eksempel med dykket løftesylinger som vist nedenfor, eller i prinsippet vist på illustrasjon ovenfor.



Skisse fra Norconsult AS

- Rullebru (kfr. Verftsbrua, «Blomsterbrua»), som trenger plass bak landkar like langt som seilingsåpningen. Konstruksjonsmessig er prinsippet relativt enkelt, men det kreves plass på land bakenfor bruas avslutning. Hverken i Ravnkloa eller i Vestre Kanalhavn er det plass til en slik konstruksjon på land, og den vil kreve betydelige inngrep i eksisterende kaikonstruksjoner.
- Svingbru, symmetrisk eller asymmetrisk, det siste hvor dreiningspunktet ikke ligger sentrisk på klaffen (kfr. Svingbrua). Svingbru okkuperer siderom hvor båter ikke kan ligge eller trafikkere. Brua vil bli liggende lavt over høyeste vannstand, og dermed kreves overliggende bærekonstruksjon som vil bli kostbar og virke ruvende i forhold til omgivelsene. For å unngå påkjøring av fartøy kreves ledeverk som beskytter klaffen i åpen stilling.



Konklusjon:

Da brua bør ta så liten plass som mulig i Kanalen, brukes prinsippet klaffebru med en klaff. Brua vil bli liggende lavt over høyeste vannstand som vanskeliggjør å bruke underliggende løftesyndre. En betongkasse nedi sjøen vil bli en kostbar og mindre miljøvennlig konstruksjon. Klaffebru med overliggende løftesyndre er valgt. Overliggende syndre vil ikke kunne bli neddykket, og vil også være lett tilgjengelig for inspeksjon og vedlikehold.

3 Designgrunnlag

3.1 Funksjoner – hva skal brua betjene?

Brua bygges for gående og syklende. Den skal kunne trafikkeres av service- og vedlikeholdskjøretøy. Føringsbredden mellom rekkverk er 5,5 m.

Brua skal kunne trafikkeres av små båter i lukket situasjon og større fartøy i åpen situasjon. Seilingsløpet skal være åpning for alle aktuelle båter og fartøy som bruker Kanalen. Kriterium for fri seilingsåpning er lesbarhet for båttrafikk som skal trafikkere både gjennom Skansenløpet og under ny gang- og sykkelbru ved Ravnkloa. Kravene til seilingshøyde, seilingsbredde og seilingsdybde skal være lik. Brua skal i åpen tilstand ha seilingsåpning med bredde 20 m og fri høyde innenfor seilingsåpningen. I lukket tilstand skal fri høyde være 3,1 m (NN2000).

3.2 Tekniske bestemmelser

Tekniske bestemmelser som legges til grunn, omfatter:

- TEK 17. Brua vil bli bygget i henhold til plan- og bygningsloven.
- Statens vegvesens håndbok N400 skal i praksis overholdes. Eventuelle fravik behandles av Trondheim kommune v/ Kommunalteknikk.
- Gjeldende Eurokoder og NS-EN-standarder.
- Tekniske krav i Statens vegvesens håndbøker Prosesskoder
- Hydrauliske anlegg som beskrevet i Statens vegvesens V432 Elektrohydrauliske styresystemer.
- Øvrige håndbøker fra Statens vegvesen som kan være aktuelle.
- Kystverkets krav til bruer over farleder i henhold til Havne- og farvannsloven.

3.3 Krav til sikkerhet for brukerne

Oppå brua

For sikkerhet for gående og syklende gjelder kravene i Statens vegvesens håndbøker. Ved åpningsklaffen skal trafikantene sikres med sikkerhetsavstander til klaffen, varslingsutstyr og overvåkingsutstyr.

Brua skal dimensjoneres for service- og vedlikeholdskjøretøy. Bruas skal være tilstrekkelig bred for at gående og syklende skal kunne passere kjøretøyene på en sikker måte.

Drifts- og vedlikeholdspersonell skal på en sikker måte ha adkomst til hele løftearrangementet og inspeksjonspunkter på brua. Under testkjøring og manuell kjøring av brua skal det være god oversikt fra aggregatet mot brua.

Under brua og i Kanalen

Sikkerheten til alle båt- og fartøysgrupper som ferdes på Kanalen skal ivaretas. Båttrafikken gjennom Skansenløpet ved Kanalens vestre utløp skal kunne trafikkere forbi ny bru ved Ravnkloa. Kravene til seilingshøyder, seilingsbredde og seilingsdybde skal være lik. Brufundamenter som måtte ha utstikkende kanter nedi sjøen skal sikres mot påkjørsel.

Seilingsløpet skal sikres med fending i selve løpet og på sidene av brufundamenter og -pilarer. For å lede større båter og fartøy inn i seilingsløpet settes opp dykdalber foran løpet på begge sider tilsvarende situasjonene ved Jernbanebrua (foran togstasjonen) og Brattørbrua.

3.4 Forhold i sjøbunnen

3.4.1 Grunnforhold

Det vises til egen rapport «Geoteknisk vurdering» fra DMR Miljø og geoteknikk AS av 31. oktober 2025. I rapporten nevnes:

Grunnforholdene på planområdet er hovedsakelig sand til stor dybde.

Generelt må brua pelefunderes på sveve-/frikksjonspeler ute i kanalen. En løsning som er relativt uavhengig av tilstand og planer/tidsforløp for utbedring av kaifronter, vil være om brua funderes på peler like utenfor og uavhengig av kaifronten på hver side. Da unngår man vesentlig ny belastning på landsiden.

Det må være en andel skråpeler for å håndtere horisontale laster, fortrinnsvis som trykk, men det kan også være aktuelt med strekkpeler. Mest aktuelle peletype vurderes å være rammet (lukket) stålrørspel, men det kan også være aktuelt med rammede betongpeler som korrosjonsbeskyttes.

3.4.2 Forurensede masser i sjøbunnen

Det vises til egen rapport «Innledende miljøvurderinger» fra DMR Miljø og geoteknikk AS av 27. oktober 2025. Det er vesentlig at rådene i rapporten følges opp. Et forhold som nevnes er prosjektet Renere havn, som beskrives nærmere i rapporten. Forurensede masser i Kanalen er blitt dekket over med ca. 40 cm tildekkingslag. I etterkant av prosjektet har Trondheim Havn utarbeidet driftsrutiner for aktiviteter i områder i havna som også inkluderer Kanalen. Hovedpunktene er:

- Krav til forsiktighet med tildekkingslaget, men peling tillates. Det er mulig at rutineene ikke omfatter store peler så type peler og utførelse må vurderes nøye.
- Generell oppankring i Kanalen tillates ikke.
- Forankring av fartøyer (for eksempel store lektere) bør i prinsipp gjøres med wirer langs kai eller tvers over Kanalen. Hvor dette ikke kan gjøres (for eksempel på grunn av trafikk i Kanalen) kan stabilitet opprettholdes ved bruk av hjelpebåt eller nedsetting av hjelpepeler som kappes like over sjøbunnen etter bruk.
- Anløp av større fartøy enn tildekkingslaget er dimensjonert for, må assisteres av slepebåt, og fartøyet kan ikke bruke full propellkraft.
- Eventuell mudring må ikke føre til spredning av forurensede masser. I praksis må dette gjøres innenfor en tett fangdam eller tilsvarende innretning. Forurensede masser må behandles etter gjeldende regler. Reetablert tildekkingslag må være som opprinnelig tildekkingslag.

Generelt skal rutineene for mudring legges til grunn ved planlegging av byggeaktivitet som berører tildekkingslaget.

3.5 Levetid

Brua prosjekteres og bygges for 100 års levetid.

3.6 Bruåpninger og bevegelseshastighet

Som for bruene ved Skansen legges til grunn 1500 åpninger årlig. Totalt vil det dermed forutsettes 150.000 åpninger gjennom levetiden.

Som for Skansen jernbanebru legges til grunn ca. 2 minutt åpningstid og ca. 1 minutt 45 sekund under lukking.

3.7 Nærliggende infrastruktur

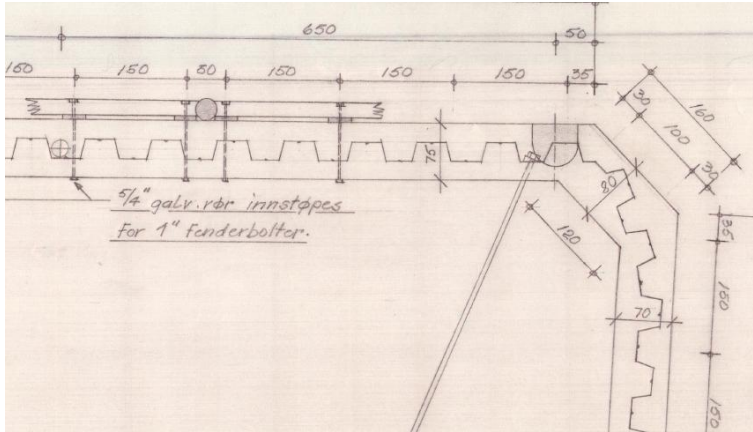
Kaianlegg

Kaiene på begge sider av Kanalen er av eldre dato. Det forutsettes at kaienes gjenværende levetid er begrenset.

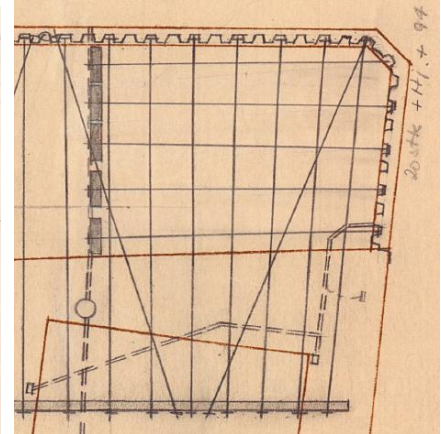
Ravnkloa og Kanalhavna, detaljregulering

Bru. Designgrunnlag og konstruksjonsprinsipper

Kaikonstruksjonen i Ravnkloa er fra 1967 med diverse vedlikehold i senere år. Den består av spuntvegg, betongkrone oppå spunten, bakenforliggende forankringer og fenderverk. Det forutsettes at bruas landkar ikke kan belaste kaia.

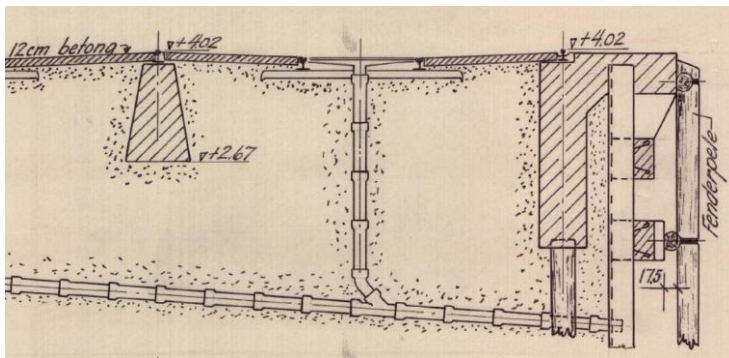


Plantegning med betongkrone

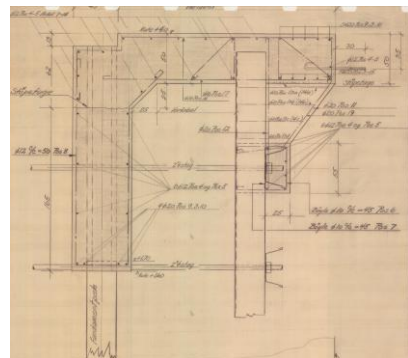


Plan over forankringer

Kaikonstruksjonen på Vestre Kanalhavn er fra 1948 med diverse vedlikehold i senere år. Den består av spuntvegg, betongkrone på peler og fenderverk. Det forutsettes at bruas landkar ikke kan belaste kaia.



Snitt-tegning av kai Vestre Kanalhavn

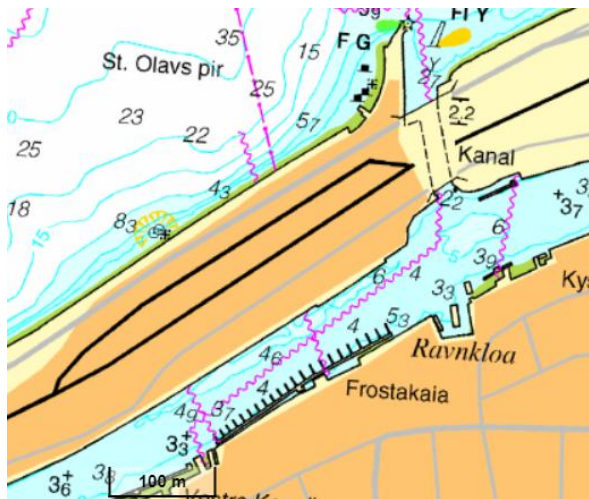


Detaljsnitt

Sjøkabel

I Kananen ligger en sjøkabel som er en sentral fiberkabel:

Ravnkloa og Kanalhavna, detaljregulering Bru. Designgrunnlag og konstruksjonsprinsipper



Utsnitt fra sjøkart

Kabelen kan ikke kappes, men den må flyttes slik at den ikke kommer i nærheten av peler eller annen fundamentering.

Fjernvarmerør

På innsiden av spuntveggen i Ravnkloa ligger et fjernvarmerør som det må tas hensyn til. Plassering og antatt dybde er som vist under.



Plan kaikant i Ravnkloa med fjernvarmerør



Bilde fra Ravnkloa med fjernvarmerør

3.8 Naturgitte forhold

Naturgitte forhold, vanddybder, vannstands nivåer og framtidig stormflo er nærmere beskrevet i egen rapport «Stormflo og bølger – konsekvenser for bygg» fra Nocrconsult AS.

Det er risiko for framtidig stormflo opp til kote + 3,15.

Strømforhold

I Kanalen ved Ravnkloa er det moderate strømforhold. Geometriske forhold i Kanalen tilsier at strekningen rundt Ravnkloa har roligere strømforhold enn i begge ender av Kanalen. Trafikanter har observert strømhastigheter opp til 2 knop (ca. 1 m/s) i området.

Dagens strømforhold skal forstyrres minst mulig med konstruksjoner ned mot sjøbunnen.

Vind

Det skal knyttes vindmåler til brukonstruksjonen. Denne skal hindre at brua blir åpnet hvis vinden blir for sterk. Som grenseverdi for åpning legges det til grunn 15 m/s. Dette er samme begrensning som er lagt til grunn for Skansen jernbanebru.

3.9 Dybdeforhold i Kanalen

Dagens dybdeforhold i Kanalen skal opprettholdes. Farleden skal opprettholdes og ha en minimumsdybde på kote- 3,5 LAT (laveste astronomiske tidevann). På innsiden av flytebrygger skal minimumsdybden være – 2,0 LAT.

3.10 Materialer og kvaliteter

Forutsetning for sikker drift er valg av materialer og komponenter av høy kvalitet. Dette gjelder alt fra bruelementer og -komponenter til de største stålkonstruksjonene, konstruksjonsdetaljene, utstyr, og ned til programvare til styringssystem.

3.11 Behov for overvåking

Ravnkloa med brua vil bli et sentralt område med mye ulik trafikk og opphold. Det blir behov for diverse overvåking. I forbindelse med åpning/lukking av brua skal operatøren sikre at personer eller fysiske verdier ikke blir skadet oppå brua og i Kanalen. Skulle ulykke forekomme, skal operatøren kunne varsle nødetatene umiddelbart. Videoovervåking skal installeres.

3.12 Behov for informasjon og skilting

Ulike situasjoner vil forekomme hvor trafikanter må varsles eller informeres. Gående og syklende kan informeres via skilting eller informasjonstavler. Informasjon om åpningstider bør være nettbasert og lett tilgjengelig. Både gående/syklende og båtfolket kan ha behov for informasjon. Særskilte forhold kan medføre endring av faste åpningstider som for eksempel når service kan ta lenger tid enn mellom de faste åpningstidene. Under særskilte arrangement i Kanalen med stor båttrafikk kan det være aktuelt med lenger åpningstider for båter som skal gå mellom Vestre Kanalhavn og Fosenkaia.

3.13 Design – utforming

Krav til utforming er gitt nærmere i forslag til reguleringsbestemmelser:

Under § 4 nevnes blant annet:

Formål og type

Bru skal være en klaffebru med bevegelig klaff styrt og betjent fra nordsiden. Bruas løfte- og bærekonstruksjoner skal fremstå som nedtonede elementer i bruas helhetlige utforming.

Krav til arkitektonisk utforming

Ny bru skal utformes med særskilt hensyn til kulturmiljøet og plassrommet den ligger i, tilføre nye kvaliteter og foredle området. Uttrykket skal være enkelt og neddempet i forhold til miljøet omkring. Hele tiltaket skal utformes med høy og varig kvalitet i arkitektonisk utforming, detaljering og materialbruk.

Rekkverk og sikkerhet

Rekkverk skal være ikke-klatrevennlig, i henhold til V161 – Gang- og sykkelbrurekkverk. Treverk skal inngå i rekkverkets utforming. Brua skal kunne stenges for publikum ved åpning. Porter og tilhørende motorhus skal innpasses i bruas utforming og plasseres inn mot kai.

Overflater

Stålkonstruksjonens overbygning skal overflatebehandles med brunlig metallisk farge (kobber). Søylefundamenter av stål og betong under brua og dykdalber skal ikke overflatebehandles med farge.

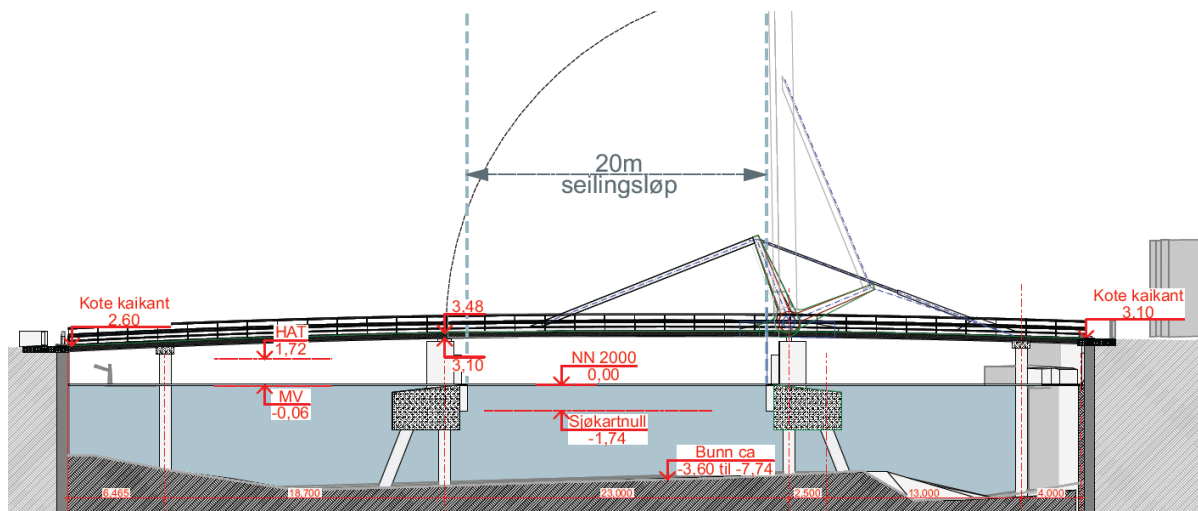
3.14 Krav til god løsning

En god løsning tilfredsstiller følgende forhold:

- Brua skal ikke medføre negative konsekvenser for eksisterende og framtidig ferdsel i Kanalen på grunn av brua og dens åpningsmekanisme.
- Åpningsarrangementet skal ha lite driftsavbrudd og færrest mulig bevegelige deler.
- Bru med driftsutstyr skal ha enkel adkomst til inspeksjon og drift.
- Det skal brukes standardløsninger og tilgjengelige standardkomponenter.
- Mest mulig miljøvennlige materialer brukes, lavkarbonbetong og resirkulert stål. Det må være mulig med komposittmaterialer i klaff.
- Konstruksjonen skal ha lav investeringskostnad og lave driftskostnader.
- Brua skal bygges med minst mulig stengning av trafikk i Kanalen.

4 Konstruksjonsprinsipper med forslag til løsning

4.1 Felles



Oppriss forslag til løsning

Generelle prinsipper

For ikke å belaste eksisterende kaier fundamenteres brua på peler uti Kanalen. Sidevegs avstiving tas med skråpeler.

Hele brukonstruksjonen skal dimensjoneres for aktuelle støtlaster fra fartøyene i kanalen etter gjeldende regler.

Under utforming av konstruksjonene skal de tas hensyn til kulturmiljøet i Kanalen.

Stormflo

Framtidig stormflo opp til kote +3,15 medfører at alle konstruksjonselementer og alt utstyr som ikke tåler vann må plasseres over dette nivået.

Aggretathus til løftearrangementet må ha overkant golv over dette nivået.

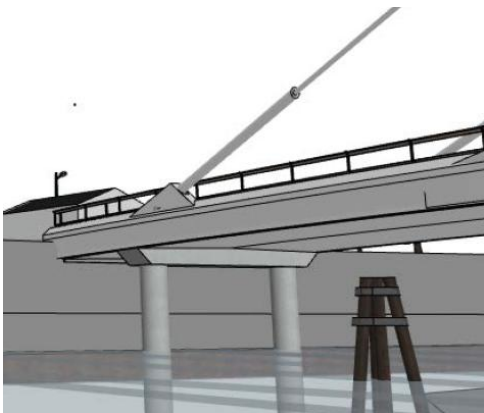
Da brua ikke kan brukes under slike forhold må før slik risiko oppstår, settes opp informasjon om at brua stenges for trafikk, og sperrebommer må kunne lukkes.

4.2 Fundamentering

Grunnforholdene på planområdet er hovedsakelig sand til stor dybde. Generelt må brua fundamenteres på peler ute i kanalen. En løsning som er relativt uavhengig av tilstand av kaifronter, vil være om brua fundamenteres på peler like utenfor og uavhengig av kaifronten på hver side. Da unngår man vesentlig ny belastning på landsiden, og ved å ha en kjøreplate som kan demonteres er det også mulig å på et senere tidspunkt sette en ny spunt langs kaifront.

Mulige peletyper er rammede stålørspeler eller rammede betongpeler. Som eksempel kan det vises til Svingbrua over Skanseløpet hvor det er brukt åpne stålørspeler hvor øvre del er fylt med armert betong. Det må være en andel skråpeler for å håndtere horisontale laster, fortrinnsvis som trykk, men det kan også være aktuelt med strekkpeler.

4.3 Landkar

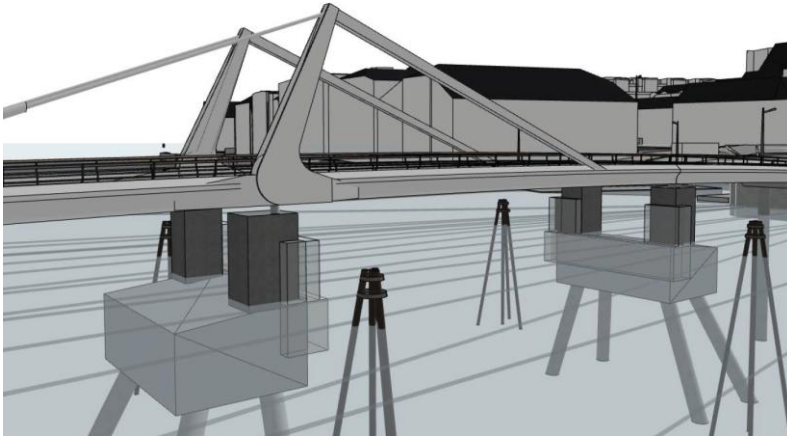


Utsnitt av modell

Brua skal ikke belaste kaiene. For en ryddig avslutning av brukonstruksjonen antas behov for en lokal platekonstruksjon som avslutning av brua. Sperrebommer og rekkverksavslutninger plasseres på disse.

På grunn av kaienes alder forutsettes at Trondheim Havn vil få behov rehabilitering av dagens kaier eventuelt bygge nye utenpå det gamle.

4.4 Brupilarer

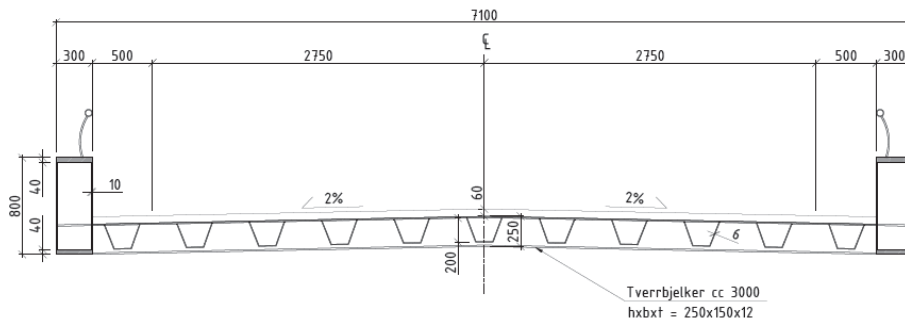


Utsnitt av modell

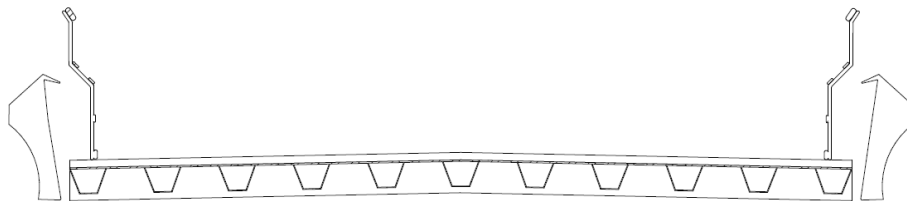
På hver side av seilingsåpningen plasseres hovedpilarer som avstives på skråpeler både i bruas lengderetning og i tverretning. Konstruksjonene må dimensjoneres for et minimum av deformasjoner på grunn av overliggende klaff.

Pilarfundamentenes utstrekning bestemmes av peleplasseringer og behov for vekt til stabilisering på grunn av støtlast (ulykkeslast) ved påkjørsel av fartøy.

4.5 Overbygning (bruplate)



Teknisk grunnlag



Mulig utforming

Overbygningen kan konstrueres som lett konstruksjon i stål. Utforming av bærende sidebjelker tilpasses ønsket design.

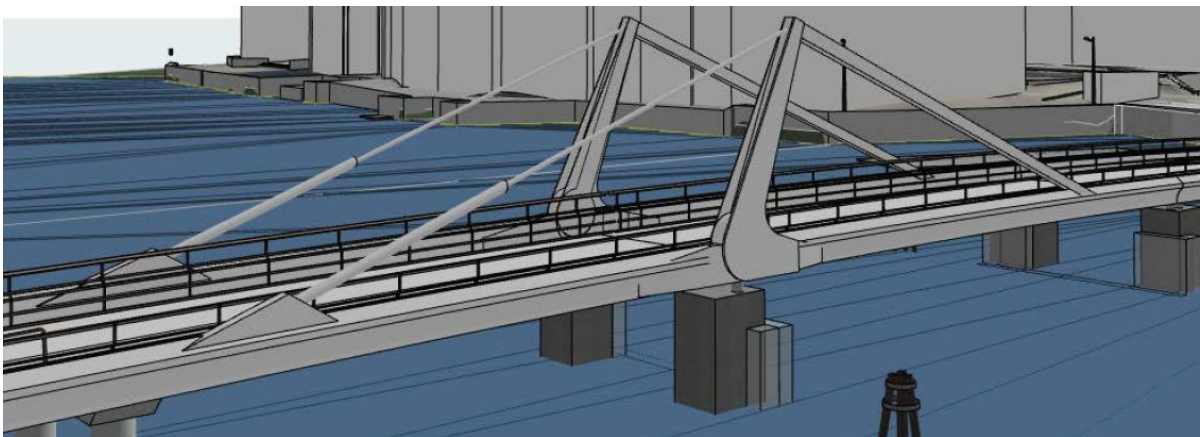
På grunn av vertikale kraftkomponenter fra de hydrauliske sylindrene hvor de festes i overbygningen på nordre side anbefales en tung overbygning på denne delen, gjerne i betong. Kantene der bør utformes lik øvrige kanter.

4.6 Klaff

Klaffen konstrueres for påkjenninger og belastninger den får i lukket og åpen stilling samt slitasje den får under gjentakende bevegelser. Den dimensjoneres for dynamiske virkninger og vindlaster i åpen stilling.

Alternative materialer kan være aktuelle for å spare vekt, stål, aluminium, komposittmateriale, eller en kombinasjon av stål og komposittmateriale.

4.7 Løftesystem



Utsnitt av modell

4.7.1 Teknisk løsning

På hver side av klaffen monteres fast stålramme hvor hydrauliske strekksylindere festes. Den andre enden av sylindrene festes på sidene nærmeste sidespenn. Når bruas skal åpnes, trekker sylindrene løftes klaffen opp i nesten vertikal stilling.

De hydrauliske sylindrene drives fra aggregat montert i eget hus på landsiden.

4.7.2 Styresystem

Det brukes et elektrohydraulisk styresystem (EHS) for åpning og senking av klaffen. Hovedkomponentene i EHS er elektrisk tilførselsskap, elektrisk fordelings- og styresystem, hydraulikkaggregat, rør og slanger, hydrauliske sylindere, bolter og tilhørende utstyr.

Hovedregelen vil bli styring fra sentral med automatisk kjøring av bruklaff. Utover dette må det bli mulig med styring fra aggregathus med manuell kjøring. Mulig styring fra håndholdt tablå med manuell kjøring kan også være aktuelt.

4.7.3 Eksempel på funksjonsbeskrivelse for åpne- og lukkeprosedyre

Hvordan åpne- og lukkeprosedyrer skal fastlegges er avhengig av organisering mellom eierne av bruene i Kanlaen. Nedenfor vises eksempel med prosedyre med 2 operatører:

Ravnkloa og Kanalhavna, detaljregulering

Bru. Designgrunnlag og konstruksjonsprinsipper

Den ene operatør er for jernbanebru (JB-BRU) og den andre for gang- og sykkelbru (G/S-BRU).

SIGNAL OM ÅPNING BRUER

1. Tlf./Radio om ønske åpning JB-BRU (JernbaneBRU)
 - a. Operatør JB-BRU avklarer og godkjenner åpning ihht interne prosedyrer for "egen" BRU. (Innenfor tidsintervall, andre faktorer, ...)
 - b. Operatør JB-BRU gir signal godkjent "start åpningsprosedyre", til operatør VTS G/S-BRU.

VISUELL INSPEKSJON (KAMERA)

2. Operatør G/S - Starter åpningsprosedyre del I.
 - a. Signal tilbake til JB-BRU "åpning GS-BRU startet"
 - b. Aktivere ferdiginnspilt melding til personer på GS-BRU
 - c. Aktivere lys for kamerakontroll. (På og under BRU)
 - d. Aktiverer lyd-/lyssignal ved bom hver side.
 - e. Senker bom når BRU er helt tom.
 - f. Signal "klar for åpning" bru. (Bom nede, ingen feilmelding tekniske installasjoner på BRU)
 - g. Melder til JB-BRU vedr. «Klar for åpning»
3. Operatør JB-BRU gir godkjenning til start åpning av BRUer.
4. Operatør JB-BRU - Starter åpningsprosedyre egen BRU.

ÅPNING AV BRUER

5. Operatør G/S - Starter åpningsprosedyre del II.
 - a. Aktiverer motordrift bruåpning
 - b. Overvåking hastighet, posisjon etc.
 - c. Tilbakemelding åpen posisjon
 - d. Melder fra til JB-BRU "GS-BRU åpen"
6. Operatør JB-BRU - Aktiverer signal båttrafikk. Klarsignal inn eller ut av kanal. (Kan aktivisere begge!)
 - a. G/S rapporterer antall båter inn i kanal
 - b. JB-BRU rapporterer antall båter ut av kanal.

LUKKING AV BRUER

7. Operatør JB-BRU gir klarsignal for start lukking av BRUer. Aktiverer signal båttrafikk inn og ut.
8. Operatør G/S
 - a. Visuell inspeksjon, (kamera). (Manuell aktivering lydbeskjed båttrafikk ved behov?)
 - b. Starter lukke-prosedyre del II.
 - c. Aktivere signal til JB-BRU "GS-BRU starter lukking"
 - d. Aktivere motordrift BRU lukking. (GS-BRU)
 - e. Signal GS-lukket og JB-Lukket er mottatt
 - f. Deaktiverer lys for inspeksjon
 - g. Åpner bom på begge sider av BRU
9. Operatør JB-BRU
 - a. Mottatt signal "GS-startet-lukking"
 - b. Starter lukke-prosedyre del II. (Eksisterende prosedyre)

TILLEGGSPROSEDYRER

Operatør G/S Valg av Automatisk eller manuell kjøring.

- a. Ved manuell kjøring, må det utarbeides egne rutiner for sikkerhet for publikum for dette.

- b. Operatør JB-BRU mottar signal på "manuell kjøring GS-BRU"

Tekniske alarmer G/S:

- a. Generelt skal alle feilmeldinger sendes til operatør, og automatiske tiltak for utbedring skal igangsettes om mulig. Dersom automatikk ikke lykkes, skal det meldes til operatør vedr. dette.

Feil G/S ved åpning:

- a. Melding til JB-BRU. Varsling til båttrafikk. (Blinkende rødt lys?)

Feil G/S ved lukking:

- a. Melding til JB-BRU. Varsling til båttrafikk. (Blinkende rødt lys?)

Feil JB-BRU ved åpning/lukking:

- a. Håndteres av JB-BRU. Varsel til G/S-BRU

Lyssignal til båttrafikk. (Håndteres av JB-BRU)

Rødt lys - BRUer er stengt.

(Orange lys) - BRUer er i ferd med å åpne

Grønt lys - BRUer er åpne for båttrafikk.

Eksemplet viser hvor detaljert prosedyrene må være og hvordan alle mulige situasjoner skal omfattes.

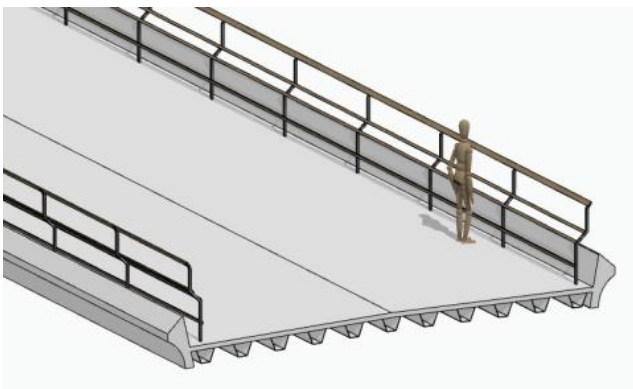
4.7.4 Aggretathus

Aggretathuset bør plasseres nært enden av hydrauliske sylindre for korte føringsveger til oljerør/-slanger. Huset må ha romslig plass for service rundt aggregatet og plass til en styringspult til styring av brua på stedet.

4.8 Bruutstyr

4.8.1 Konvensjonelt bruutstyr

Rekkverkene må tilfredsstille Statens vegvesens krav til brurekkverk. De forutsettes utforming med materialer som tar hensyn til omliggende bebyggelse. Utkast til prinsipp:



Utsnitt av modell

Belysning skal gi godt lys for trafikanter og de som oppholder seg på brua. Samtidig må det ikke blende trafikantene på Kanalen eller være generende for dem som bor ved Kanalen.

Som for bruer over sjø utstyres fundamenter med fenderverk på sider og gjennom seilingsåpningen. Andre konstruksjonselementer nært sjøens overflate beskyttes mot sammenstøt med mindre båter.

For å lede større båter og fartøy inn i seilingsløpet settes opp dykdalber foran løpet på begge sider tilsvarende situasjonene ved Jernbanebrua (foran togstasjonen) og Brattørbrua.

4.8.2 Særskilt bruutstyr for åpningsbru

Aktuelt utstyr i forbindelse med bruåpning i tillegg til løftearrangement:

- Sperrebommer (minimum 10 meter fra åpning)
- Forvarsel for sperrebommer ned
- Videokamera for seilingsløp
- Videokamera under åpningsklaff
- Videokamera bak sperrebommer
- Akustisk signal / høyttaler bak sperrebommer
- Lanterne under bruklaff for fartøy
- Lyssignal i seilingsløp på begge sider av bru
- Vindmåler
- Behov for lanterne på enden av bruklaff i løftet stilling avklares nærmere.

5 Drift

Bruer antas å bli Trondheim kommune. Det er viktig at brua drives uten negative konsekvenser for framtidig ferdse i Kanalen. Kravene til organisering, vedlikehold og drift må være tydelige.

5.1 Organisering

Samarbeidsavtale er ønskelig mellom partene: Bane NOR, Statens vegvesen og Trondheim kommune. Innhold kan være: Ansvarsfordeling for åpning/lukking, samordning av tid for teknisk driftskontroll, tid for teknisk vedlikehold og rutiner for varsling ved driftsavbrudd på grunn av uønskede hendelser. Varsling av Trondheim Havn bør tas med.

5.2 Dokumentasjon

Detaljert sombygget-dokumentasjon og driftsmanualer må kreves inklusive informasjon om hvor nye komponenter kan skaffes innenfor rimelig tid. Det er viktig at dette gjelder både mekanisk løfteutstyr og styringsutstyr (digitalt utstyr og programvare). Ved bygging av brua må det legges stor vekt på en fullstendig idriftsettelse (commissioning) og opplæring.

5.3 Vedlikehold

Det blir behov for faste rutiner for kontroller, service og vedlikehold med særskilt vekt på styresystem. Statens vegvesen har rutiner for drift og vedlikehold av bruer som kan kopieres. Løfteutstyr og styringsutstyr vil ha kortere levetid enn selve brukonstruksjonen. Vedlikeholdsplaner med tidspunkter for kontroller/inspeksjoner og tidspunkt for utskifting må etableres. Behov for faste leverandører av utstyrskomponenter og eventuelt reservedelshold av service- og byttedeler må planlegges nøye.