

Handbok

BVH 583.13



Giltig från
2007-03-26

Versionsnummer
01

Antal sidor
70

Diarienummer
F 07-1794/BA10

Antal bilagor
3

Beslutsfattare
CLA

Handläggande enhet, Handläggare
LA, Lars Gustavsson, 0243-44 56 36

Ersätter



Öppningsbara broar

Innehållsförteckning

Förord/Orientering	5
1 Omfattning och syfte.....	6
2 Referenser	6
2.1 Bindande referenser	6
2.2 Övriga referenser.....	6
3 Definitioner och förkortningar.....	7
4 Inledning	7
5 Typer av öppningsbara broar	8
5.1 Svängbro	8
5.2 Klaffbro	9
5.3 Lyftbro	12
5.4 Rullbro	14
6 Val av brotyp.....	15
6.1 Allmänt.....	15
6.2 Kostnader	15
6.3 Svängbro	16
6.4 Klaffbro	16
6.5 Lyftbro	16
6.6 Övriga brotyper	17
7 Projektering.....	18
7.1 Allmänt.....	18
7.2 Planering av projekteringsarbetet	19
7.3 Förberedande arbeten och undersökningar	20
7.4 Projekteringsförutsättningar	20
7.4.1 Allmänt	20
7.4.2 Svängbro	21
7.4.3 Klaffbro med underliggande klaffkammare.....	22
7.4.4 Klaffbro med överliggande motvikt	23
7.4.5 Lyftbro.....	23
7.4.6 Rullbro.....	25

7.5	Särskilda förutsättningar för järnvägsbroar	25
7.6	Särskilda lastförutsättningar	25
7.6.1	Egentyngd.....	25
7.6.2	Broms- och sidokrafter	26
7.6.3	Temperaturlast	26
7.6.4	Vindlast	26
7.7	Särskilda beräkningsförutsättningar	27
7.7.1	Distinktion mellan byggkonstruktion och maskinkonstruktion.....	27
7.7.2	Dimensioneringsfilosofi	28
7.7.3	Beräkningsnormer	28
7.8	Särskilda krav på grundkonstruktioner	30
7.9	Redovisning, dokumentation och utbildning	30
7.10	Riskanalyser	30
8	Kontroll och uppföljning i utförandeskede.....	31
9	Broförvaltning	31
10	Krav på inblandade parter	32
10.1	Beställaren	32
10.2	Projektören eller konstruktören	32
10.3	Huvudentreprenören	32
10.4	Förvaltaren	33
BILAGA 1	Exempel på lämpliga detaljutformningar	34
BILAGA 2	Fotografier	38
BILAGA 3	PM underlag för riskanalysen	61

Förord/Orientering

För projektering av broar har Vägverket och Banverket upprättat separata handböcker inom sina verksamhetsområden som ett hjälpmedel för broprojektörer. Även vägprojektörer och brospecialister inom konstruktion, bygge och drift kan ha användning av dessa böcker.

Öppningsbara broar är emellertid sparsamt beskrivna i dessa publikationer. Eftersom tekniken med öppningsbara broar är mycket speciell, och entreprenader som innefattar dessa är synnerligen få, är det inte många som har kunskap om hur en öppningsbar bro skall hanteras. Banverket och Vägverket har därför gemensamt utarbetat denna handbok för öppningsbara broar.

P O Johansson på ELU Konsult i Göteborg, som har lång erfarenhet av öppningsbara broar, fick uppdraget att ta fram underlaget till en sådan handbok. Banverket, genom Håkan Kellner, har redigerat materialet till handboken.

Handboken riktar sig till broansvariga beställare samt till konsulter som arbetar med öppningsbara broar.

Förbättrings- och förändringsförslag på denna handbok kan sändas till Banverket, Broteknik, 781 85 Borlänge eller till BroteknikHK@banverket.se.

Jag beslutar att denna handbok ska gälla i Banverket från 2007-03-26 och att den ingår i Banverkets BVDOK system.

Björn Svanberg

Chef Leverans Anläggning

1 Omfattning och syfte

Handboken behandlar öppningsbara broar inom Vägverkets och Banverkets verksamhetsområden. Med öppningsbar bro förstås en bro som i normalfallet ingår i en väg- eller järnvägsförbindelse över ett vattendrag som trafikeras av sjötrafik, och där bron kan öppnas för att medge passage av sjötrafiken. Handboken ger vägledning för projektering, dimensionering och utförande av öppningsbara broar som kompletterar Vägverkets ATB Bro och Banverkets BV Bro.

Syftet med att ge ut denna handbok är att underlätta för projektören och konstruktören att välja rätt brotyp och hitta lämpliga lösningar för att få så driftsäkra broar som möjligt till bästa ekonomi.

Handboken kan användas av projektledare, projektörer, konstruktörer, upphandlare, entreprenörer och förvaltare.

2 Referenser

2.1 Bindande referenser

ATB Bro	Vägverkets allmänna tekniska beskrivning för nybyggande och förbättring av broar (senaste utgåvan)
BVS 583.10	BV Bro, Banverkets ändringar och tillägg till Vägverkets ATB Bro (senaste utgåvan)
BVS 510	Jordning och skärmning i Banverkets anläggningar

2.2 Övriga referenser

AFS 1994:48	Maskiner och vissa andra tekniska anordningar (maskindirektivet), arbetsmiljöverket
BFS 2006:26	Boverkets föreskrifter om ändring av verkets föreskrifter och allmänna råd (1994:25) om hissar och vissa andra motordrivna fordon.
BVH 522.25	Dilatationsanordningar i spår, Banverket
BVH 583.20	Broprojektering, Banverket
Broprojektering – en handbok	Publikation 1996:63, Vägverket
IKH Lyftteknik 1	Lyftdonsnormer (senaste utgåvan)
SS 764 30 03	Maskinerier till kranar - Dimensionering (Maskinnormer)

SS-EN ISO 12100-1

Maskinsäkerhet - Grundläggande begrepp, allmänna konstruktionsprinciper - Del 1: Grundläggande terminologi, metodik (ISO 12100-1:2003)

TKN B 1987

Tryckkärlsnormer (senaste utgåvan)

3 Definitioner och förkortningar

För definitioner och förkortningar hänvisas till Vägverkets ATB Bro och Banverkets BV Bro.

4 Inledning

Med öppningsbara broar avses broar som är öppningsbara för sjötrafik, och som i normalfallet – dvs. trafikläget - ingår i en väg- eller järnvägsförbindelse. Öppningsbara broar för enbart gång- och cykeltrafik finns också, men de är mindre vanligt förekommande.

En öppningsbar bro är till vissa delar en byggkonstruktion och till andra delar en maskinkonstruktion, och detta förhållande ställer stora krav på beställare, förvaltare, projektörer, konstruktörer och entreprenörer. Det gäller för dessa att förstå att:

- De ingående delarna är beroende av varandra.
- Brons rörelser påverkar de ingående komponenterna.
- Avvikelser från utförandetoleranser har mycket större inverkan än för vanliga broar.

På grund av komplexiteten hos öppningsbara broar, är det viktigt att arbetshandlingarna är fullständigt genomarbetade så att problem under utförandeskedet och under brukstiden undviks. Annars kan det leda till oplanerade kompletteringsarbeten under byggets gång med förseningar och extrakostnader som följd, eller till trafikstörningar i bruksstadiet då bron inte fungerar tillfredsställande. Det är också viktigt att underhållspersonal som arbetar med öppningsbara broar får utbildning i brons uppbyggnad och funktion.

Regler för projektering, konstruktion och utförande finns i Vägverkets ATB Bro och i Banverkets BV Bro för såväl öppningsbara broar, som för vanliga broar. Denna handbok ger kompletterande råd och tips att använda i dessa skeden. Handboken behandlar såväl nybyggnad som ombyggnad och reparation.

Handboken syftar till att:

- Ge råd om hur upphandlingsprocessen bör utformas (projektör, konstruktör, entreprenör).
- Ge underlag för val av brotyp.

- Ge råd om utföranden som ger slutprodukten en tillförlitlig funktion, så att oförutsedda incidenter under konstruktions- och utförandeskedet minimeras.
- Ge förutsättningar för att lämna ett korrekt anbud.
- Ge bakgrunden till och förståelse för de regler som ges i manöver- och skötselmanualen.

5 Typer av öppningsbara broar

Nedan ges en kort beskrivning av olika typer på öppningsbara broar. Detaljerad information ges i kapitel 6 och avsnitt 7.4.

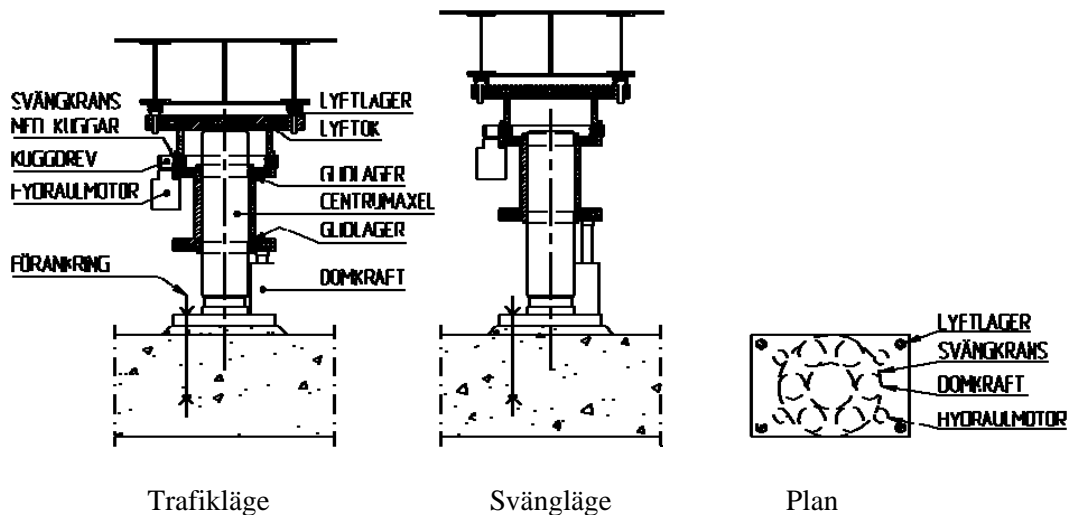
5.1 Svängbro

En svängbro, se exempel i figur 5-1, är en öppningsbar bro där överbyggnaden vrids i horisontalled vid öppningsrörelsen. För äldre typer av svängbroar sänks lagren vid det ena ändupplaget före öppningen vilket gör att bron tippar över så att den lyfter från andra sidans lager. Samtidigt förs låsreglarna, som centrerar bron i sidled över stöden och låser den i höjddled, ur sitt låsläge. Då frigörs bron, så att öppningsrörelsen (svängningen) kan påbörjas. Nyare broar utförs som regel som lyftsvängbroar.



Figur 5-1 Foto av svängbro, Säffle

En modern lyftsvängbro utförs i två spann med ett integrerat lyft- och svängmaskineri i mittpelaren (se figur 5-2). I trafikläge är bron helt frigjord från maskineriet vilket medför att trafikvibrationerna inte ger tryckstötter i hydraulsystemet. Vid broöppning lyfts maskineriet till kontakt med tvärbalkar i överbyggnaden och tar med sig överbyggnaden till en nivå som medger att svängningsmanövern kan inledas.



Figur 5-2 Maskineri för lyftsvängbro

5.2 Klaffbro

En klaffbro, se exempel i figur 5-3, är en öppningsbar bro där överbyggnaden vrids i vertikalled vid öppningsrörelsen. Klaffbroar kan utföras som enkelklaffbroar eller dubbelklaffbroar. Klaffbron öppnas genom att bron vrids runt en vridtapp i vridlagret, se figur 5-4, eller genom att den rullar bakåt på en rullbana, se figur 5-5. Det sistnämnda förekommer främst i äldre broar.



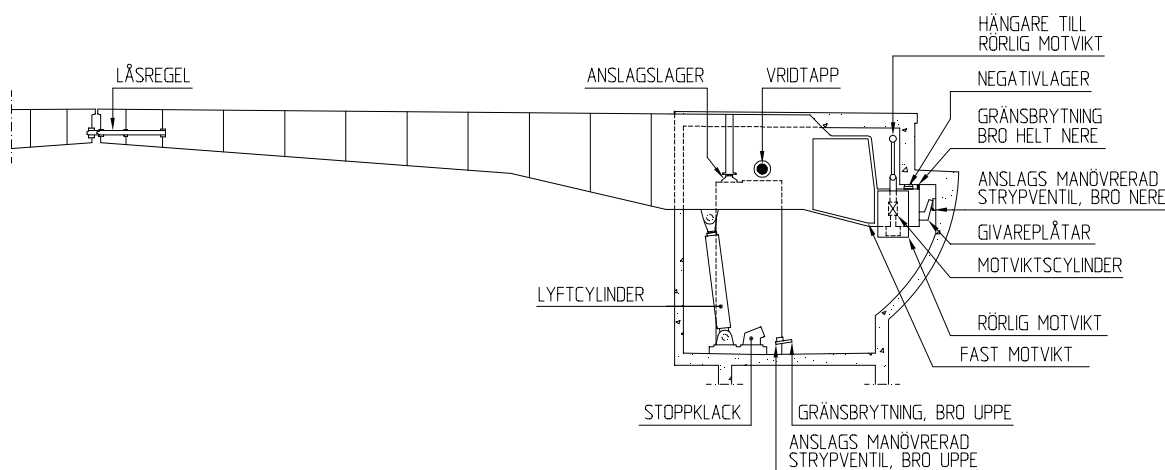
Figur 5-3 Foto av klaffbro, Strömma kanal

Om vridlagren tillåts vara belastade i trafikläget bör man överväga om bron ska utformas så att bron kan trafikeras under tiden eventuella renoveringar eller byten av vridlager utförs.

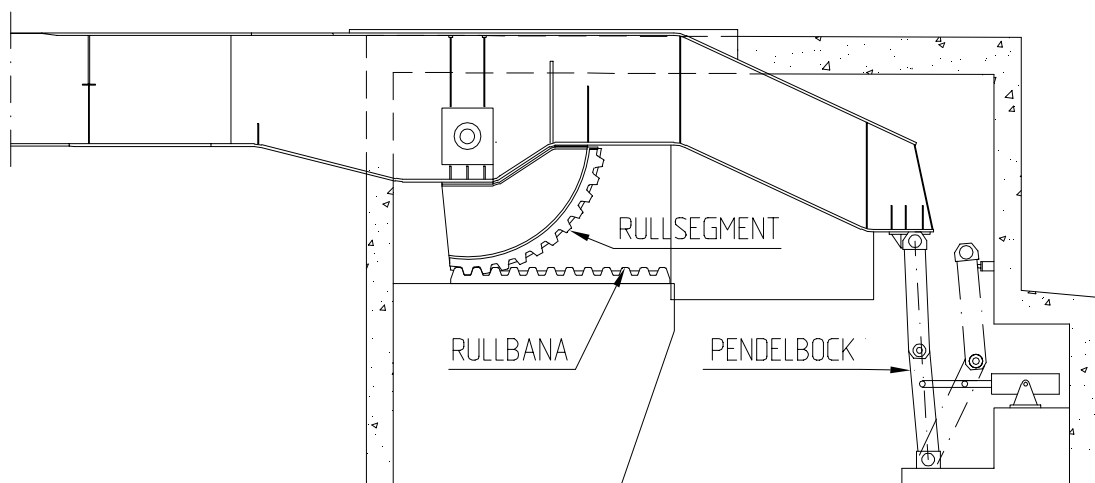
Om vridlagren är obelastade i trafikläget, stängt läge, vilar bron enligt figur 5-4 på klaffkammarsidan på ett anslagslager på farledssidan av vridlagret och på ett negativt lager i bakkant på klaffen, där motvikten också sitter.

På det sättet blir överbyggnaden fast inspänd i klaffkammaren. Enkelklaffens andra ände vilar på anslagspelaren på motsatt sida av kanalen, medan dubbelklaffbron har en fog mitt i öppningen med en låsregel där de båda enkelklaffarna möts. Se figur 5-6.

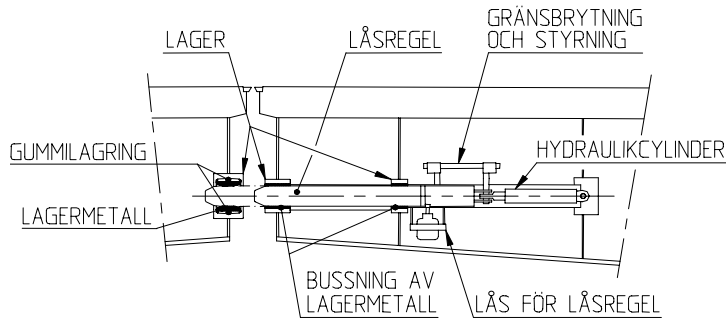
Vid den äldre brotypen med rullsegment vilar bron via rullsegmentet på rullbanan på klaffkammarsidan och den hålls i stängt läge med en pendelbock.



Figur 5-4 Klaffbro (modernt utförande med negativlager)

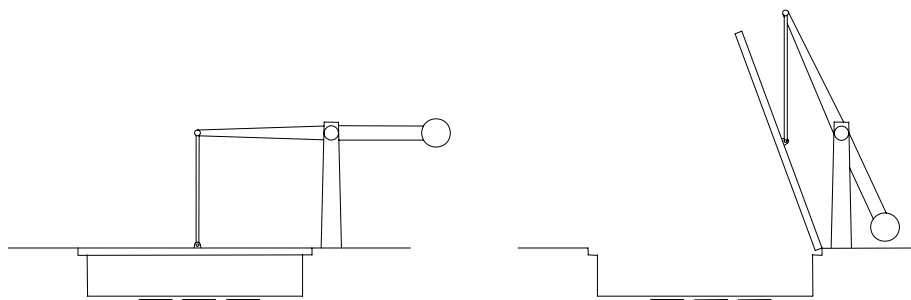


Figur 5-5 Klaffbro (äldre utförande med rullsegment och pendelbock)



Figur 5-6 Låsregel för klaffbro

Enkelklaffbron kan även utföras med motvikten ovanför farbanan som i den s.k. holländska klaffen, se figur 5-7. Denna brotyp är vanlig i Holland, men sparsamt utnyttjad i vårt land. I Sverige finns exempel på fackverksbroar med andra typer av överliggande motvikter som i flera fall har komplexa rörelsemönster vid öppningen.



Figur 5-7 Holländsk klaff



Figur 5-8 Foto av klaffbro, holländsk klaff

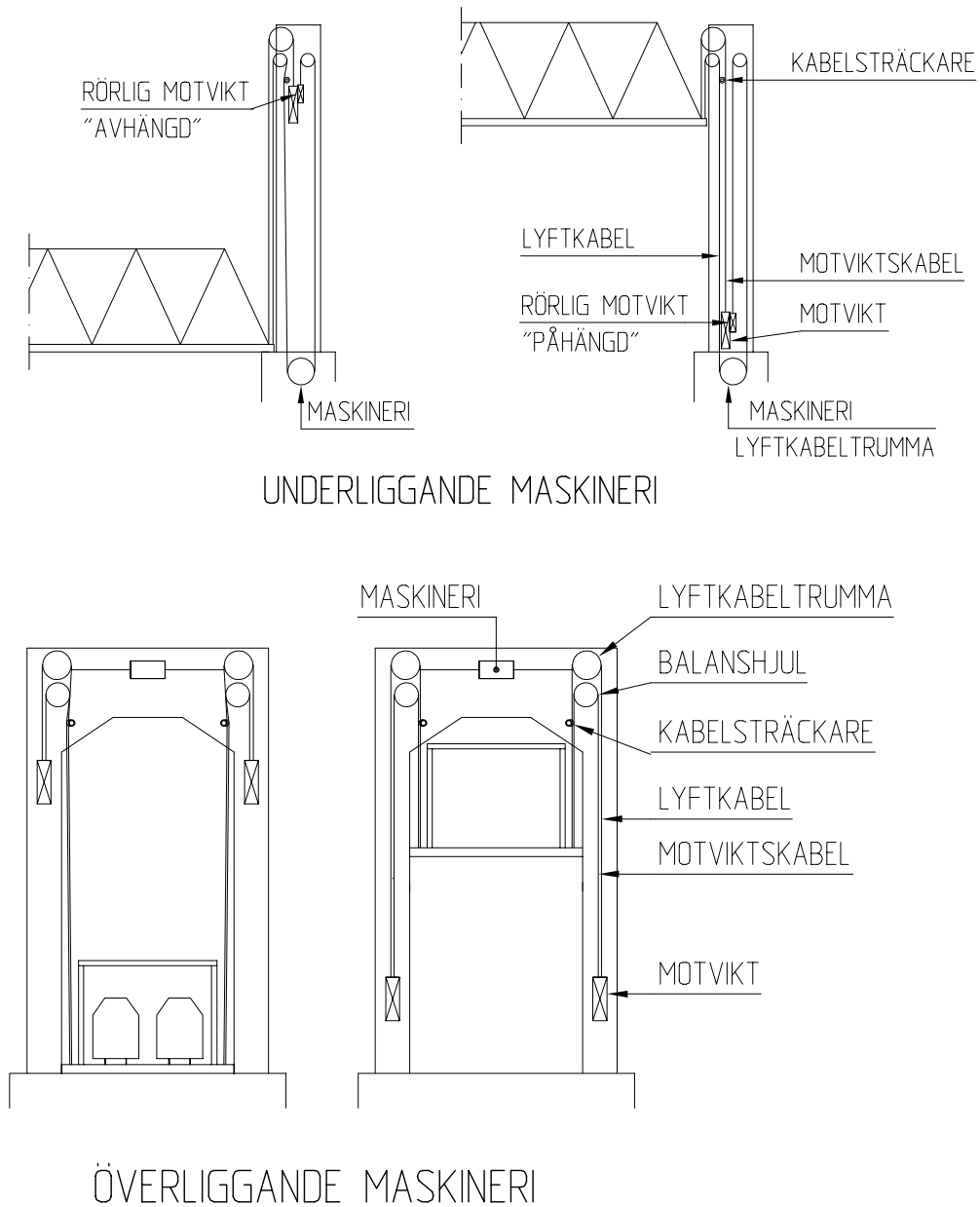
5.3 Lyftbro

En lyftbro, se exempel i figur 5-9, är en öppningsbar bro där överbyggnaden lyfts vertikalt vid öppningsrörelsen. Lyftbron lyfts parallellt med sitt trafikläge, så att tillräcklig fri höjd för sjötrafiken uppnås.

Lyftningen kan ske antingen genom att underliggande kuggstänger i brospannets hörn trycker upp bron (motorvägsbron i Södertälje) eller att bron lyfts med linspel placerade i höga betongtorn (järnvägsbron i Trollhättan). Figur 5-9 och 5-10 visar det senare utförandet.



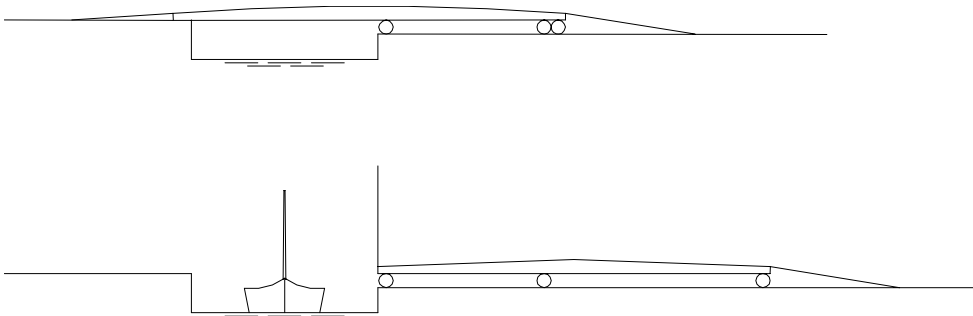
Figur 5-9 Foto av lyftbro, Trollhättan



Figur 5-10 Lyftbroar

5.4 Rullbro

En rullbro är en öppningsbar bro där överbyggnaden förflyttas horisontellt i vägens riktning från farleden. Bron används vid smala farleder, se figur 5-11 och figur 5-12. Rullbroar är inte lämpliga att använda för järnvägstrafik.



Figur 5-11 Rullbro



Figur 5-12 Foto av rullbro, Hajstorp

6 Val av brotyp

6.1 Allmänt

I kapitel 5 och avsnitt 7.4 ges vissa tips och råd om var och i vilka sammanhang de olika brotyperna är lämpliga med hänsyn till geometri, kraftbehov m.m. Vid val av brotyp bör även tid för bromanöver vägas in, eftersom det påverkar kapaciteten både för sjötrafiken och för väg-/järnvägstrafiken.

I de flesta fall är det så, att om normala utformningar av lyftsväng-, klaff- och lyftbro är möjliga att utföra i aktuellt broläge, så är lyftsvängbron den mest tillförlitliga och också den överlägset billigaste bron att bygga. Dessutom är kostnaderna för drift- och underhåll också de lägsta. Vid val av brotyp bör det därför undersökas om inte en lyftsvängbro kan komma till utförande.

6.2 Kostnader

Det är svårt att ge några schablonregler för alla slags kostnader för öppningsbara broar. Att de är kostsamma både när det gäller projektering, byggande och underhåll är säkert. Brospannen och de maskinella installationerna är var för sig inte särskilt kostsamma men tillsammans med de byggkonstruktioner som krävs, till exempel i form av djupt grundlagda klaffkammare eller lyfttorn, blir kostnaderna betydande. Kostnaderna ökar också genom de höga krav på samordning som ställs, då det är betydligt fler kompetenser inblandade än för andra broprojekt.

Underhållskostnader behöver utredas tidigt för olika broalternativ så att det tas med vid val av brotyp och i kommande planering.

En 50 m lång lyftsvängbro med stöd grundlagda på bärkraftigt material kan uppskattas vara dubbelt så dyr som motsvarande fasta bro.

För järnvägsbron över Göta älv vid Marieholm (1994) utfördes i projekteringsskedet jämförande kostnadsberäkningar för svängbro, klaffbro och lyftbro. Resultatet visade att klaffbron var ca 50% och lyftbron 100% dyrare att bygga än svängbron.

För projektering och konstruktion är det viktigt att personer med stor erfarenhet från öppningsbara broar anlitas. Detsamma gäller för underleverantörer av maskinerier, hydraulik och installationer för styr- och reglerfunktioner.

6.3 Svängbro

Svängbroar är idealiska för de fall då mötande båttrafik förekommer. Ett exempel på detta är Marieholmsbron i Göteborg där trafiken på Göta älv kan ledas på båda sidor om svängpelaren.

Svängbroar bör utföras som lyftsvängbro, se avsnitt 5.1. Svängbroar av gammal typ utförda med pivotlagring på svängstödet och med skruvdomkrafter som tar trafiklast på anslagsstöden bör inte komma ifråga vid val av brotyp för nya broar.

Brobredder kan vara en begränsning för utförandet av en svängbro. Om brobredden blir för stor kommer bron i öppet läge att inkräkta på det fria utrymmet för sjötrafik eller vägtrafik, om sådan finns under ett av spannen. Detta medför ökade spännvidder.

Vid järnvägsbro med dubbelspår är brotypen väl lämpad eftersom huvudbärarna då kan utföras som lådtvärsnitt och placeras rakt under respektive spår. På grund av spåravståndet får maskineriet gott om utrymme mellan de båda huvudbärarna. Brotypen är därför inte aktuell om antalet spår är större än två.

6.4 Klaffbro

Om en lyftsvängbro inte är möjlig att bygga, blir klaffbron (se figur 5-4) med enkel- eller dubbelklaff sannolikt det mest ekonomiska alternativet.

Klaffbroar med rullsegment (se figur 5-5 och 6-1) och pendelbockar bör inte komma ifråga för nya broar. För järnvägsbroar medför klaffbron att lösningarna för rälsskarvarna och arrangemangen för anslutningar av kontaktledningarna blir komplicerade och underhållskrävande.

Dubbelklaffbroar godtas inte för järnvägstrafik, eftersom spåret inte med tillräcklig tågsäkerhet klarar de vinkeländringar och diskontinuiteter som uppstår vid de momentveka klaffspetsarna i trafikläge.

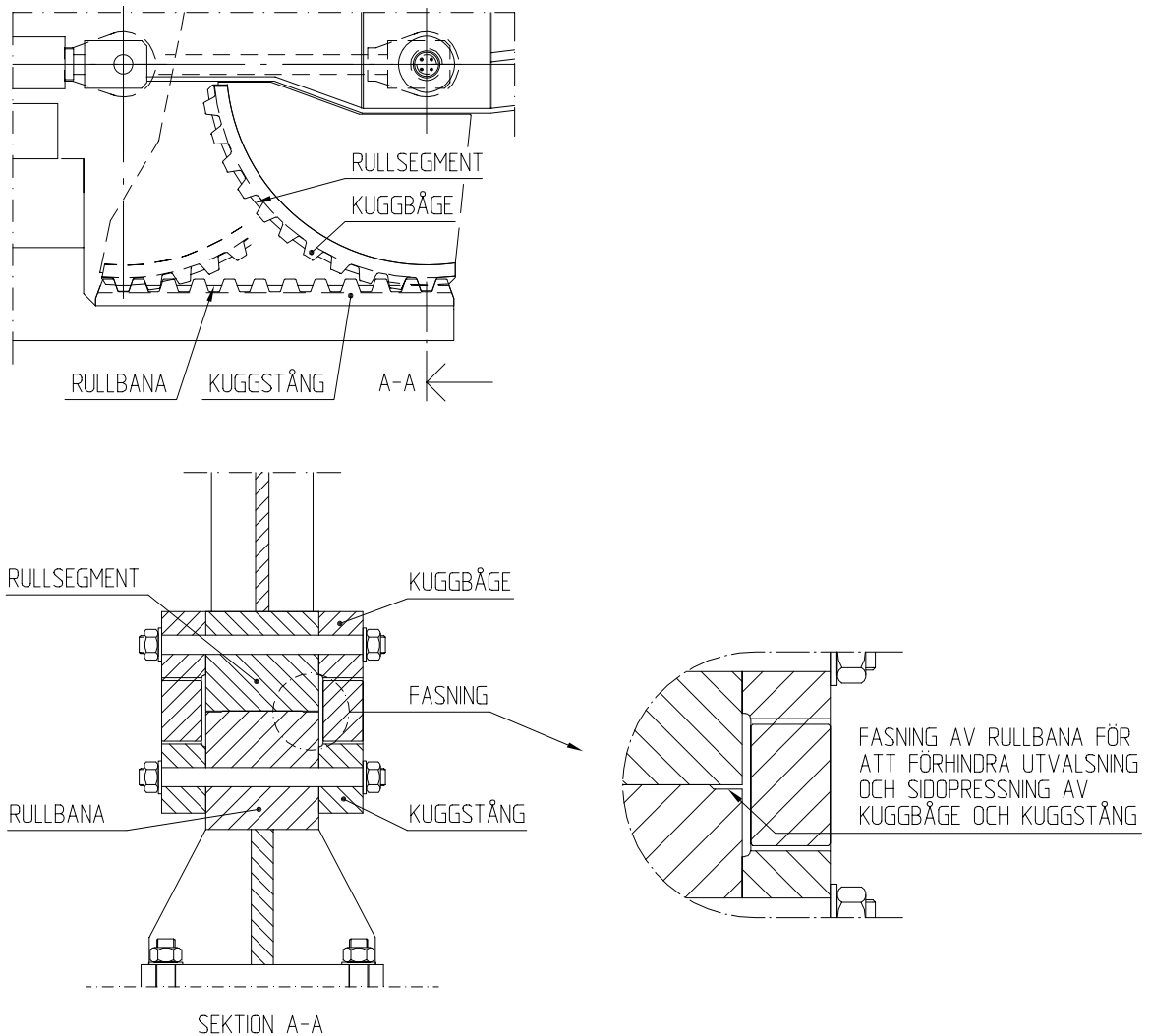
Den så kallade holländska klaffbron är oftast betydligt billigare än en klaffbro med klaffkammare. I synnerhet gäller detta om klaffkamrarna behöver grundläggas djupt under vattenytan. Nackdelarna med den holländska bron är att den överliggande motvikten inte kan göras särskilt tung, vilket kommer att vara begränsande för spännvidden. Dessutom kommer normalt maskineriet att vara åtkomligt för åverkan och skadegörelse.

6.5 Lyftbro

Vid stora spännvidder och krav på liten konstruktionshöjd, dvs. skillnaden mellan väg- eller järnvägsprofil och underkant bro i trafikläge, kommer lyftbron (se figur 5-10) med sidoliggande fackverksbärare väl till pass.

Lyftbron är särskilt lämpad för järnvägstrafik då det helt vertikala lyftet innebär att snedskurna rälsskarvar (s.k. bladskarvar, se figur 7-1) kan användas. Också avlyftningen av kontaktledningsskarvarna blir enkel och funktionssäker.

Trafikavbrottet för öppning blir dock något längre för lyftbroar än andra typer av öppningsbara broar, speciellt om den segelfria höjden är stor.



Figur 6-1 Rullsegment / rullbana

6.6 Övriga brotyper

Utöver lyftsvängbron, klaffbron och lyftbron kan rullbron (se figur 5-11) vara aktuell. Över Göta kanal är Vägverket ägare till ett tjugotal rullbroar.

7 Projektering

7.1 Allmänt

Projekteringen av en öppningsbar bro skiljer sig från den för en fast bro när det gäller såväl förstudie, järnvägsutredning / vägutredning, upprättandet av järnvägsplan / arbetsplan och bygghandlingar som omfattning vid sökande av miljödom. Några av dessa skillnader är att:

- Öppningsbara broar ställer särskilda krav på vägens eller järnvägens plan och linjeföring. En öppningsbar bro bör vara rak i plan. Vägens eller järnvägens linjeföring kan dock ha en radie. För klaffbroar bör öppningsrörelsen vara vinkelrät mot väg- eller järnvägslinjen. Detsamma gäller för lyftbroar, som dessutom helst bör vara horisontella. Med hänsyn till rälsskarvarnas (bladskarv, se figur 7-1) funktion ska järnvägsbroar ha rätvinkliga övergångskonstruktioner. Brons fogöppning måste placeras vinkelrätt mot spårets riktning enl. BVH 522.25 Dilatationsanordningar i spår.
- Läget för öppningsbara broar kan bero på särskilda linjeförings-, sikt- och utrymmeskrav från sjötrafiken.
- Effekterna av köbildningar dels för sjötrafiken och dels för vägtrafiken i samband med broöppningar måste beaktas. Vid val av brotyp på motorväg/stambana bör man överväga att utföra bron som två separata broar för att ha möjlighet att ta fram trafiken vid broproblem. Om man har en öppningsbar bro för samtliga spår så innebär öppen bro kapacitetsbrist för järnvägen.
- Tillförlitliga varningssystem för väg-, järnvägs-, gång-, cykel- och sjötrafik krävs.
- Risk för läckage av oljor och spill av smörjmedel måste beaktas.

Så tidigt som möjligt i projekteringsprocessen bör man identifiera och beakta de säkerhetsfrågor som ligger till grund för den CE-märkning som krävs enligt maskindirektivet. För alla typer av öppningsbara broar gäller att driftpersonal utan risk för skada ska kunna vistas i maskinrummet och i klaffkammare för klaffbroar i samband med bromanövrering.

Den styr- och reglerteknik som erfordras för bronns öppnings- och stängningsrörelser, för manövrering i samband med underhållsarbeten och för säkerhetsfunktioner, som t.ex. nödstopp bör vara enkel, tillförlitlig och felsäker. (*Begreppet felsäker i detta sammanhang innebär att följdfel inte får uppstå och att automatisk avsäkring eller stoppfunktion ska träda i kraft om något fel uppstår.*) Vidare bör den innehålla enskilda komponenter och systemlösningar som i så stor utsträckning som möjligt är utbytbara utan att hela anläggningen behöver ändras eller bytas. Programvaran för bronns styrning bör inte bygga på minnesfunktioner.

Vid val av maskinkomponenter samt styr- och reglerutrustningar bör hänsyn tas till möjligheterna att i framtiden ersätta dessa även om de installerade fabrikaten har försvunnit från marknaden. Utrymme för service och underhåll samt lämpliga ”transportvägar” vid byte av komponenter är ytterligare några parametrar som bör beaktas i samband med projekteringen. Då man tar hänsyn till detta leder det ofta till att det krävs telferanordningar, lyftöglor, extra stora dörröppningar, luckor, håltagningar m.m.

Tillfälliga lösningar för trafiken under byggtiden bör studeras.

7.2 Planering av projekteringsarbetet

Det är av stor vikt att beställaren ser till att ha tillgång till tillräcklig kompetens för att veta vilka krav som behöver ställas i samband med sammansättningen av sin egen projektorganisation och för upphandling av projektör, konstruktör och entreprenör.

Eftersom oplanerade avstängningar av bron sannolikt kommer att inträffa under byggtiden men även i bruksskedet, bör beställaren tänka igenom scenariot vid sådana situationer och utarbeta åtgärdsprogram för detta i samråd med andra berörda parter. I detta sammanhang utreds eventuellt behov av reservdrift. Detta arbete kan ge upplysningar som påverkar projekteringen av bron. Det ingår i beställarens roll att bestämma om skötsel och underhåll efter garantibesiktningen av bron bör skötas av egen personal eller om man väljer att handla upp dessa tjänster. Beställaren kan utreda om de anser att det är lämpligt att entreprenören även sköter skötsel och underhåll under garantitiden. Dålig skötsel och försummat underhåll har i många fall orsakat onödiga broavstängningar med olägenheter för både land- och sjötrafik.

Beställaren måste också bestämma sig för lämplig entreprenadform för utförandet. Upphandlingar av öppningsbara broar kan ske både som utförandeentreprenad och som styrd totalentreprenad.

Utförandeentreprenad

innebär att beställaren upprättar färdiga arbetsritningar för bron och tillhörande maskineri. Vissa delar av maskineriet, som hydraulcylindrar, elinstallationer, styr- och reglerinstallationer, konstrueras dock vanligen av entreprenören utgående från de förutsättningar som ges i förfrågningsunderlaget.

Totalentreprenad

innebär att entreprenören själv upprättar och ansvarar för erforderliga konstruktionshandlingar.

Nedan ges några för- och nackdelar för dessa entreprenadformer:

- Utförandeentreprenaden innebär kortare tidsåtgång och lägre kostnader för entreprenörens anbudsräkning. Den innebär också att beställaren ansvarar för felaktigheter i konstruktionshandlingarna och att entreprenören inte i någon större utsträckning bryr sig om att fundera på förenklingar av valda konstruktionslösningar. Entreprenadformen medger att

beställaren kan se till att få konstruktionslösningar som passar den framtida skötseln av bron.

- Totalentreprenaden innebär stora anbuds kostnader för entreprenören vilket kan leda till att endast ett fåtal anbud inkommer, dvs. konkurrenssituationen kan bli begränsad. Beställaren når vissa fördelar i ansvarsfrågan och möjligheterna till innovationer och nytänkande är större än vid utförandeentreprenaden.

Vare sig man som beställare bestämmer sig för en utförandeentreprenad eller en entreprenad med konstruktionsansvar, så bör beställaren i anbudsfordran kräva att entreprenören anger en enda underentreprenör för respektive delfunktion samt hur samarbetet kommer att gå till och namnet på den person som ska vara samordningsansvarig. Bedömningen av kompetensen hos dessa företag och inblandad personal bör ges mycket stor vikt vid utvärderingen av anbudet. Risken för tvister mellan beställare och entreprenör är större i samband med byggande av öppningsbara broar än vid andra broprojekt, vilket bör beaktas.

7.3 Förberedande arbeten och undersökningar

För inhämtande av uppgifter beträffande plan- och terrängdata, utförande av avvägningar och pejlingar samt framtagande av erforderliga hydrologiska uppgifter ställs vanligtvis inga andra krav än de som gäller för fasta broförbindelser.

Behovet av övervakning bör utredas. Driftpersonalen bör i samband med bromanöver ha total översikt över bron. Dolda utrymmen där trafikanter kan vistas bör TV-övervakas. Vid fjärrstyrning, som blivit allt vanligare, ställs större krav på TV-övervakningen.

För broar som TV-övervakas ska kameraplaceringen godkännas av länsstyrelsen.

Öppningsbara broar måste grundläggas så att inga stödförskjutningar som kan äventyra driften uppkommer. Därför bör de geotekniska undersökningarna och utredningarna i större grad än vad som gäller för andra broar, koncentreras på studier av rörelser i grunden.

Läget för alla befintliga kablar och ledningar som kan påverka byggandet bör lägesbestämmas och karteras. Om man bygger en ny öppningsbar bro invid en befintlig, gäller detta även de befintliga sjökablarna till denna.

7.4 Projekteringsförutsättningar

7.4.1 Allmänt

Definitionsmässigt kommer vissa delar av bron att betraktas som en maskinkonstruktion (se definition under avsnitt 7.7). Dessa delar bör då beräkningsmässigt uppfylla såväl de regler som gäller för en fast bro som de regler som gäller för en maskinkonstruktion.

Generellt för alla typer av öppningsbara broar gäller att maskineriet bör placeras så att risken för skador på detta vid en eventuell påsegling på ett brostöd minimeras.

7.4.2 Svängbro

Brobredden för svängbroar begränsas ofta av det utrymme som krävs för sjötrafiken, se även avsnitt 6.3. Vid bestämning av öppningsbredden bör risken för påsegling av överbyggnaden beaktas. Behovet av ledverk och påkörningsskydd bör studeras.

För att få så stor brobredd som möjligt och ändå klara ett relativt brett seglingsutrymme har i många fall svängbroar utförts med ett långt huvudspann över seglingsrännan och ett kortare sidospann. Sidospannet har då försetts med motvikter för att klara balansen. Hur mycket längre det ena spannet kan göras än det andra påverkas av risken för lyft vid ändupplagen. För järnvägsbroar bör dock de båda spannen vara nästan lika långa, om inte bron utformas så att mittstödet avlastas i trafikläge (se Säffle nedan).

Lyftsvängbron kan utföras med olika spännvidder i de båda spannen om spännviddsskillnaden inte är alltför stor. Om skillnaden är stor uppkommer lyftkrafter i trafikläge vid änden av det korta spannet på grund av trafiklasten. För järnvägsbroar, som har stor trafiklast i förhållande till totallasten, uppkommer sådana krafter vid relativt små spännviddsskillnader och för järnvägsbroar med kortare spännvidder även i de fall då spännvidderna är lika stora. I vissa fall har man löst problemet genom att ha extra tyngder över anslagslagren. Även inbyggda överhöjningar av brobalkarna över mittstödet har förekommit. För järnvägsbron i Säffle förekommer ingen uppläggning på mittpelaren i trafikläget. Bron blir därför i detta skede fritt upplagd i ett spann på anslagspelarna och lyft vid ändstöd uppstår överhuvudtaget inte.

Om det inte går att undvika lyft vid ändstöd med åtgärder på brospannet kan lyftkrafterna upptas med låsreglar av den typ som används för låsning av klaffspetsarna i en dubbelklaff enligt figur 5-4. Detta gäller dock endast för mindre broar med liten trafikmängd. Vid starkt trafikerade broar och broar på huvudvägnätet och för järnvägsbroar måste andra åtgärder vidtas. Ett exempel på sådana åtgärder är att hänga på motvikter inne i anslagspelarna.

Svängbroar kräver inte större tillgänglig konstruktionshöjd än fasta tvåspanssbroar (med undantag för en lösning som i Säffle, se ovan). I allmänhet kan de också utföras med samma vertikalaradier och profillutningar som gäller för anslutande väg eller järnväg.

För svängbroar bör maskinerier och även manöverutrymmen av praktiska skäl läggas i svängpelaren, men detta kan ge ett klumpigt intryck. För att komma till rätta med de estetiska kraven har i några fall manöverutrymmena lagts i särskilda manöverhus på land. Om även hydraulpumparna förläggs i manöverhuset på land, måste man tänka på risken för oljeläckage från hydraulledningarna mellan manöverhuset och svängpelaren, så att särskilda skyddsåtgärder kan vidtas.

Erfarenheter från utförda broar med maskinerier placerade i svängpelaren visar att utrymmesbehoven för drift och underhåll ofta inte kunnat tillgodoses. Jämför även med avsnitt 7.1.

För svängbroar där lyftcylindern normalt är placerad mitt i strömfåran finns risk att läckande olja kan komma ner i vattnet. Detta berör hydraulolja och smörjolja från exempelvis cylindrarnas smörjning. Cylindern och hydraulikutrustning bör utformas på sådant sätt att eventuellt läckage tas om hand

innan den rinner ner i vattnet. Ett sätt att ta hand om läckande olja är att ha ett tråg eller ämbar som oljan rinner ner i och som är tillräckligt stor för att ta hand om all olja som kan rinna ut.

7.4.3 Klaffbro med underliggande klaffkammare

Klaffbroar (se figur 5-4) kan utföras med större fria brobredder än svängbroar. Avgörande för val av fri öppning är, förutom farledsbredden och säkerhetsavstånden till klaffkammare och anslagspelare, även avståndet mellan klaffspets och farled i öppet läge. Detta beror på att de geometriska och balansmässiga förutsättningarna för broklaffens och motviktens rörelser begränsar öppningsvinkeln.

En klaffbro måste utföras så att den inte vid något tillfälle under öppnings- eller stängningsmanövern ”tappar balansen”, vilket i praktiken innebär att den alltid ska vara framtung.

Ju mer framtung (mindre utbalanserad) en bro är desto större blir elkraftsbehovet för bromanövern. Det finns flera exempel på att man vid projekteringen inte varit medveten om detta med följderna att elkraften inte räckt till.

Dubbelklaffbroar bör utföras med så kallade negativa lager, se figur 5-4. Om klaffarna inte kan göras tillräckligt framtunga på grund av begränsad elkrafttillgång förses de med låsreglar i bakkanten. För stora dubbelklaffbroar och vid begränsad elkrafttillgång kan även ett utförande med avlastningsbara delar av motvikten, se figur 5-4 bli aktuella.

Normalt fungerar huvudbärarna i enkelklaffbroarna som en balk som är fast inspänd i en ände (vid klaffkammaren) och fritt upplagd vid den andra. Detta gör att man har större behov av konstruktionshöjd invid klaffkammaren än för huvudbäraren i övrigt.

För dubbelklaffbroarna behövs ännu större konstruktionshöjd invid klaffkammaren, eftersom brons bärverk består av två konsoler. Dessa är i trafikläge visserligen kopplade till varandra med låsreglar (se figur 5-6) mellan klaffspetsarna, men den momentreducerande effekten jämfört med den helt fria konsolen är försumbar.

Vid fria öppningar som är större än 30 m för enkelklaffbron och det dubbla för dubbelklaffbron utsätts bro- och maskinkonstruktionerna för stora krafter både i trafikläge och i öppet läge (vindlaster). Detta leder till tunga konstruktioner med stort kraftbehov som följd, vilket begränsar den fria öppningen.

För klaffbroar bör vägens eller järnvägens profillutning vara i det närmaste horisontell. Särskilt gäller detta för dubbelklaffbron. Vridaxlar som inte är vinkelräta mot vägen eller järnvägen bör undvikas.

För järnvägsbroar måste rörelsegeometrin för kontaktledningsskarvarna och för bladskarvarna studeras noggrant. Särskilt bör påpekas att bladskarvarna (se figur 7-1) närmast vridaxeln måste placeras så långt framför vridaxeln att rälsändan går fri då bron öppnas.

Klaffkammaren medger tack vare sin storlek oftast bra möjligheter att få god och säker åtkomlighet för drift- och underhållsarbeten. Det krävs dock att man noggrant studerar brons och motviktens

svepytor inne i kammaren, så att de utrymmen där driftpersonalen får vistas under bromanöver kan avgränsas.

7.4.4 Klaffbro med överliggande motvikt

Fördelen med denna brotyp är att konstruktionshöjden kan göras förhållandevis låg och att man slipper utföra klaffkammare med besvärliga och kostsamma undervattensarbeten som följd. I Sverige finns exempel på fackverksbroar med överliggande motvikter som i flera fall har komplexa rörelsemönster vid öppningsrörelsen.

Klaffbroar med huvudbärare av fackverkskonstruktion och överliggande motvikt kräver mer underhåll än andra klaffbroar.

Placeringen av lyftmaskinerierna blir inte lika naturlig som för bro med klaffkammare, vilket skapar besvärligheter vid drift och underhåll.

Inspektioner, drift- och underhållsarbeten måste ske i omedelbar närhet till de trafikerade ytorna.

7.4.5 Lyftbro

Lyftbron (se figur 5-10) utförs ofta med sido- och överliggande huvudbärare i form av stålfackverk. Detta medger att stora spännvidder kan överbryggas med låg konstruktionshöjd, dvs. liten höjdskillnad mellan väg- eller järnvägsprofil och fria rummets övre begränsningsnivå. I praktiken är denna höjdskillnad i stort sett spännviddsberoende. Vid bredare broar kommer dock utrymmebehovet för tvärbärverket att medföra ökat krav på konstruktionshöjd.

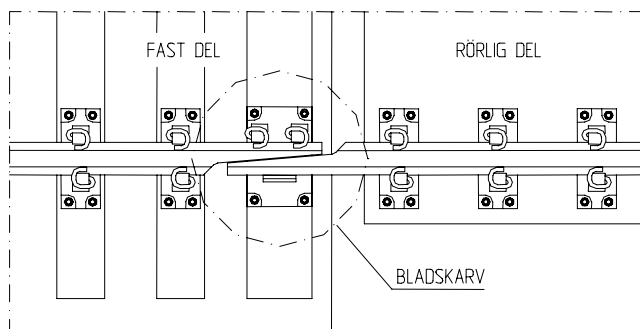
Brotypen medger relativt stora friheter när det gäller utförande med lutningar både längs och tvärs bron. En eventuell plankrökning medför dock att avstånden mellan de parallella fackverken måste ökas.

Tillgängligheten för drift- och underhållsarbeten påverkas påtagligt av om maskinerierna förläggs i utrymmen i nivå med de trafikerade ytorna eller i torntopparna. I det senare fallet bör tornen förses med hissar

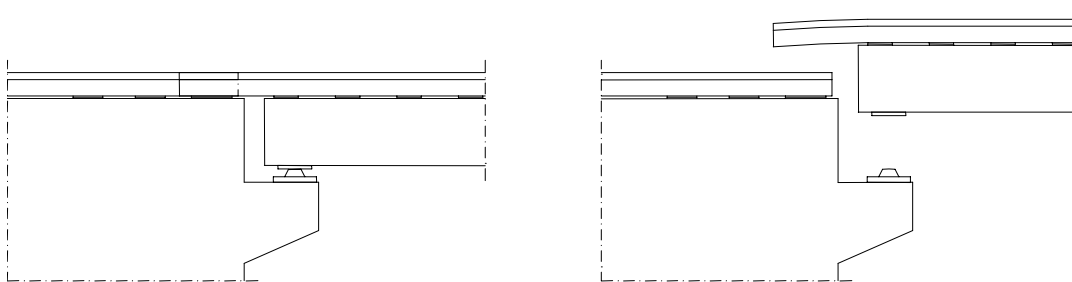
Vid projektering av lyftbroar för järnvägstrafik är det viktigt att tänka på att rälsupplagen på torn-tvärbalkarna ska ha god anliggning. Detta kan lösas så att rälsändarna vid nedsänkning av bron får anliggning innan brons huvudlager har kontakt med lagerpallen, se figur 7-2.

Detta utförande kräver att rälsändarna placeras på utkragande balkar med lämpligt avvägd flexibilitet och att bron med viss marginal är tyngre än motvikten. Ju större skillnad man har mellan brotyngd och motvikt desto större blir elkraftbehovet. Ofta är elkrafttillgången begränsad varför lyftspannet måste balanseras i allt för stor utsträckning. Tillräckligt anliggningstryck vid lager kan då åstadkommas genom att motvikten avlastas då bron går till stängt läge. Sådan avlastning kan ske med uppdelade motvikter eller med maskinell uppspänning av motviktsupphängningen.

För att reducera trafikinfluerade vibrationer i lyftsystemen har man utomlands utfört lyftspänn med separata längsgående lyftbalkar vid sidan om ordinarie bärverk.



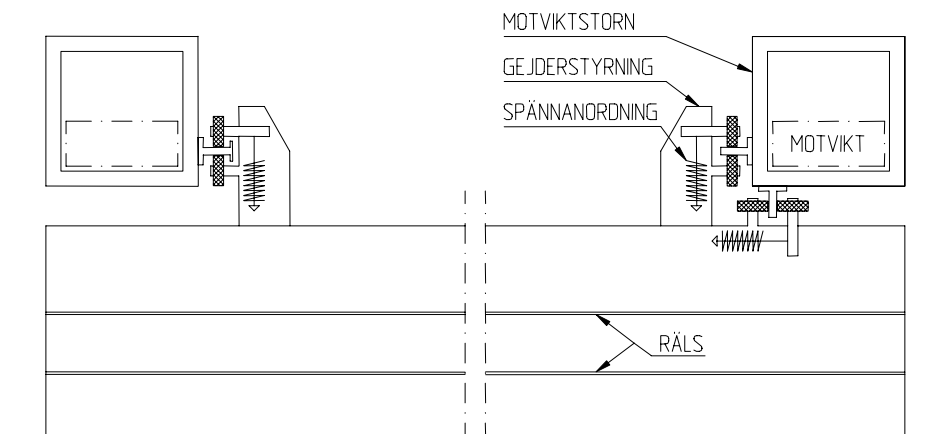
Figur 7-1 Bladskarv



Figur 7-2 Anläggning av rälsändar.

I teknisk litteratur om lyftbroar finner man att maskinerier och lintrummor ofta placeras i tvärbalkar mellan torntopparna. Detta medför mindre behov av linor och linblock än om maskineri och trummor placeras inne i upplagsbalkarna eller i tornens nedre delar, se figur 5-10. Om maskineriet placeras i tornens nedre delar kan de högt belägna tvärbalkarna slopas och åtkomligheten för inspektion, drift och underhåll förbättras.

Stor omsorg måste ägnas åt utformningen av styrningarna som gör att bron löper i rätt position under lyft- och sänkningsskedena. Styrningarna ska inte bara dimensioneras för att ta upp sidokrafter från vind och excentriskt placerad snölast utan även anpassas till geometriska avvikelser i gejder-systemen, se figur 7-3.



Figur 7-3 Gejderstyrning

7.4.6 Rullbro

Rullbroar (se figur 5-11) bör vara raka, horisontella och gå vinkelrätt över farleden för att ge minsta möjliga spännvidd. Dessutom måste tillräckligt utrymme för uppdragning av brospannet över angränsande vägbana skapas.

7.5 Särskilda förutsättningar för järnvägsbroar

Vid projektering av öppningsbara broar för järnvägstrafik är det viktigt att spårsystemet utformas i nära samarbete med spårexperter. Bladskarvar enligt BVF 522.23 används alltid för öppningsbara järnvägsbroar (se figur 7.1 samt foton i bilaga 2). Spårssystem för öppningsbara broar lämpar sig normalt inte för tågtrafik i höga hastigheter.

Vid projektering av öppningsbara järnvägsbroar bör hänsyn tas till placering av kontaktledningsanordningarna (ledning, stolpar och vikter) placering. Egenvikter för kontaktledningsanordningar kan ha stor betydelse för svängbroars stabilitet beroende på placering på bron. Exempel på kontaktledningsanordningar för öppningsbara broar visas i bilaga 2.

Öppningsbara broar för järnvägstrafik ska förses med en knivbrytare. Knivbrytaren är en kontakt som ser till att spårledningen går i sjökablaget när bron är i öppet (upplyft) läge och går i signalrälen när bron är i stängt läge (tågtrafikläge).

Elektrisk jordning ska utföras enligt BVS 510.

7.6 Särskilda lastförutsättningar

7.6.1 Egentyngd

I samband med att en öppningsbar bro balanseras och provkörs finner man nästan alltid att bron har blivit betydligt tyngre än vad de teoretiska beräkningarna visar utgående från angivna dimensioner.

Orsakerna till det är att plåtar och stålprofiler ingående i konstruktionen nästan undantagslöst är grövre och tjockare än vad som anges på ritning (övervalsning) liksom att svetsar och ytbehandlingar innehåller mer material än teoretiskt antaget. Även beläggningarna är ofta tyngre än vad som antagits.

Mätningar på utförda broar visar att tyngdökningar på 3-6 % av totala teoretiska tyngden kan uppträda.

Detta förhållande bör beaktas vid bestämning av motvikternas storlek och utformning, vid dimensionering av lyftanordningarna och vid beräkning av kraftbehovet.

7.6.2 Broms- och sidokrafter

Vid beräkning av maskinkonstruktioner till öppningsbara broar ingår normalt inte broms- och sidokrafter i lastkombinationen. Se Vägverkets ATB Bro.

Det finns dock exempel på broar där bromskrafter från trafik i stängt läge belastar vissa maskinkonstruktioner. En noggrann bedömning bör därför göras av om den aktuella bron maskinkomponenter kan komma att påverkas av lasteffekter från trafik.

7.6.3 Temperaturlast

I Vägverkets ATB Bro anges att "I konstruktioner där skilda konstruktionsdelar kan få olika uppvärmning ska antas att en tillfällig temperaturskillnad mellan delarna kan uppstå. Denna ska vara 10 grader om någon av konstruktionsdelarna är av betong, annars 20 grader. Temperaturskillnaden ska antas kunna uppstå såväl vertikalt som horisontellt." När detta tillämpas innebär det att två separata huvudbärare är att betrakta som skilda konstruktionsdelar. Om huvudbäraren utgörs av en stållåda ska temperaturgradienten även antas kunna verka i horisontalplanet.

Effekten av att den ena huvudbäraren får högre temperatur än den andra, t.ex. beroende på lågt stående sol och att bron huvudbärare är exponerad för solsken, kallas "bananeffekt". Den krökning i horisontalplanet, som bananeffekten innebär är besvärlig för öppningsbara broar och speciellt för svängbroar. För smala broar blir effekten större. För svängbroar kan slitage uppstå när bron lyfts och sänks ned i sina lagerstyrningar. I svåra fall går inte bron att öppna förrän driftspersonal kommit och spolat vatten på bron.

7.6.4 Vindlast

För bro i trafikläge gäller samma laster som för fast bro, vilket innebär att om maskinkonstruktioner kan påverkas av lasteffekt från vind, så ska dessa laster även tillämpas för maskinkonstruktionen.

För bro som befinner sig i någon fas under öppningsskedet ingår vindlasten i lastkombination IX enligt Vägverkets ATB Bro resp. Banverkets BV Bro, som avser dimensionering av maskinkonstruktionerna. Vindlasten är när det gäller klaffbroar reducerad i bron längdriktning (vägriktning) till $0,7 \text{ kN/m}^2$. Svängbroar beräknas i denna lastkombination för vindtrycket $0,7 \text{ kN/m}^2$ på

ena armen och $0,4 \text{ kN/m}^2$ på den andra. Med kursiv stil anges i Vägverkets ATB Bro under samma punkt som ovanstående laster att: *"Om bron ska kunna öppnas även vid högre medelvindhastigheter" (än 15 m/sek) "anges annat värde på vindhastighetens intensitet i den tekniska beskrivningen"*.

7.7 Särskilda beräkningsförutsättningar

7.7.1 Distinktion mellan byggkonstruktion och maskinkonstruktion

Begreppet maskin definieras i SS-EN ISO 12100-1 under punkt 3.1 som:

"En grupp inbördes förbundna delar eller komponenter, varav minst en är rörlig, samt tillhörande drivorgan, styr- och driftkretsar m.m. vilka förenats för ett särskilt ändamål, speciellt för bearbetning, behandling, förflyttning eller förpackning av material."

En bokstavlig tolkning av denna definition innebär att en öppningsbar bro i sin helhet, inklusive anslutna betongkonstruktioner, är att betrakta som ett maskineri. En sådan tolkning är naturligtvis inte tillämplig i detta sammanhang. Därför har Vägverket och Banverket enats om en gemensam tolkning. Nedan anges för olika typer av broar vilka ingående delar som enligt denna tillhör maskineriet. Den finns även i Supplement nr 1 till ATB Bro 2004.

Svängbro:

Utöver själva lyft- och svängmaskineriet betraktas alla låsreglar, stoppbuffertar, motvikter, mekaniska säkerhetssystem och styrningar m.fl. som maskinkonstruktioner. Även själva brospannet är att betrakta som maskinkonstruktion i samband med bromanövrar. Denna dimensioneringssituation kan för vissa delar av brospannet ge större dimensioner än vid dimensionering som bro i trafikläge. Betong- och grundkonstruktioner ska inte betraktas som maskinkonstruktion.

Klaffbro:

Lyftcylindrar och dess infästningar, vridlager, vridaxlar, vridtvärbalkar, låsreglar, stoppbuffertar, motvikter, mekaniska säkerhetssystem och styrningar m.fl. ska betraktas som maskinkonstruktioner. Alla övriga delar i klaffspannen som utsätts för så stora lasteffekter i samband med bromanöver att de kan ge större dimensioner än vid dimensionering som bro i trafikläge ska liksom för svängbron också betraktas som maskinkonstruktion. Betong- och grundkonstruktioner ska inte betraktas som maskinkonstruktion.

Lyftbro:

Hela lyftmaskineriet med tillhörande linor och block, bromsar och växlar, låsreglar, motvikter, mekaniska säkerhetssystem och styrningar m.fl. ska betraktas som maskinkonstruktioner. På samma sätt som för svängbron och klaffbron ska alla delar som utsätts för så stora lasteffekter i samband med bromanöver att de kan ge större dimensioner än vid dimensionering som bro i trafikläge också

betraktas som maskinkonstruktion. Betong- och grundkonstruktioner ska inte betraktas som maskinkonstruktion.

För brospannens del innebär detta att vissa delar kontrolleras både som byggkonstruktion och som maskinkonstruktion.

7.7.2 Dimensioneringsfilosofi

I Vägverkets ATB Bro anges:

Vid beräkning av maskinkonstruktioner används totalsäkerhetsfilosofin.

Med totalsäkerhetsfilosofi menas i detta sammanhang att man vid dimensionering använder sig av en enda säkerhetsfaktor som läggs enbart på bärförmågan med hänsyn till aktuellt material (avseende böjpåkänning, skjupåkänning, hålkanttryck, Hertztryck osv.) och att alla samverkande laster adderas med sina karakteristiska värden till en total lasteffekt. Materialegenskapen, exempelvis karakteristiskt sträckgränsvärde, dividerad med säkerhetsfaktorn kallas i detta sammanhang för tillåten påkänning.

I gamla byggnormer för stålkonstruktioner (StBK), som var upprättade efter totalsäkerhetsfilosofins principer, var säkerhetsfaktorn för böjpåkänningar 1,5 eller 1,66 relativt undre sträckgränsen. Det lägre värdet gällde för stål där tvärsnittet inte understiger nominell area med mer än 6 %. Tillåtna skjupåkänningar sattes till 0,6 gånger tillåten böjpåkänning. För hålkanttryck angav StBK högre tillåtna värden än för böjpåkänning.

Uppgifter om tillåtna påkänningar anges i Tryckkärlsnormerna och i Lyftdonsnormerna och utöver dom finns inga anvisningar för val av säkerhetsfaktorer för dimensionering av maskinkonstruktioner.

Uppgifter om tillåtna påkänningar för maskinkonstruktioner saknas också i Vägverkets ATB Bro utom för sammansatta spänningar i axlar, tillåtna ytryck för glidlager, kuggväxlar och för Hertzspänningar i rullbanor.

Om anvisningar saknas i Vägverkets ATB Bro, Banverkets BV Bro, Tryckkärlsnormerna eller Lyftdonsnormerna för val av säkerhetsfaktorer eller tillåtna påkänningar för beräkning av maskinkonstruktioner, bör man välja ett värde på säkra sidan. Om det inte finns särskilda skäl för val av annat värde rekommenderas att använda säkerhetsfaktorn 1,8 för sträckgränsrelaterade påkänningar och i övrigt tillåtna värden som är 20 % lägre än de som angavs i StBK. Kostnadsökningen för en höjning av säkerhetsfaktorn från 1,5 till 1,8 för den typ av maskinkonstruktioner som det här är fråga om är ytterst marginell. I detta sammanhang ska observeras att många samverkande komponenter i ett maskineri ställer, med hänsyn till slitage m.m., stora krav på mycket små relativa deformationer som medför att det inte längre är de tillåtna påkänningarna som är dimensionerande.

7.7.3 Beräkningsnormer

I Vägverkets ATB Bro resp. Banverkets BV Bro finns även hänvisningar till "Maskindirektivet" samt Tryckkärlsnormer och Lyftdonsnormer.

Vägverkets ATB Bro

Bro som är i trafikläge är funktionsmässigt att betrakta som vilken fast bro som helst och ska således utföras och dimensioneras som fast bro i denna dimensioneringssituation. Om det förekommer maskindelar som belastas av trafiklast i denna dimensioneringssituation, ska de också dimensioneras för dessa laster enligt totalsäkerhetsfilosofin.

Maskinkonstruktioner i andra dimensioneringssituationer ska beräknas för laster enligt lastkombination IX enligt totalsäkerhetsfilosofin.

Lyftdonsnormerna

”Lyft” som sker med hydraulcylindrar i sväng- och klaffbroar är inte att betrakta som lyft i lyftdonsnormernas mening.

För lyftbroar skall Lyftdonsnormerna tillämpas vid dimensionering och utförande av linspel, linblock, linrummor, drivanordningar och lininfästningar liksom för upplagskonstruktioner för dessa delar.

I samband med projektering av en lyftbro måste man bestämma vilken maskingrupp bron ska anses tillhöra. Avgörande för bestämning av maskingrupp är drifttidklass och lastspektra (se SS 764 30 03, avsnitt 2.1.0, 2.1.1, 2.1.2 och 2.1.3). För lyftbroar erhålls alltid lastspektrum 3 och nästan alltid en genomsnittlig drifttid på mindre än 2 timmar/dygn vilket ger driftsklass V₁. Klassen skall ökas med två steg till V₃ om livslängd minst 40 år eftersträvas. Tabell T-2.1.3 ger då maskingrupp 4m. Vid bestämning av maskingrupp (säkerhetsklass) bör man vara medveten om att lyftdonsnormerna primärt är skrivna för kranar och traverser, för vilka lasternas storlek och sättet som lasten lyfts på är osäkra. Med hänsyn till detta finns det ingen anledning att vara extra försiktig vid val av maskingrupp för lyftbroar.

Hissar

För hissar skall Boverkets föreskrifter och allmänna råd om hissar tillämpas.

Med hiss avses en motordriven lyftanordning med hisskorg eller annan lastbärande del som styrs av gejder, väggar eller liknande och som transporterar personer eller personer och gods mellan fasta stannplan.

Tryckkärlsnormerna

Trots att det inledningsvis i Tryckkärlsnormen anges att den inte är avsedd att gälla för hydraulcylindrar så bör den tillämpas vid dimensionering och utförande av hydraulcylindrar till öppningsbara broar. Tillåtna tryck anges i Vägverkets ATB Bro.

7.8 Särskilda krav på grundkonstruktioner

För öppningsbara broar ställs höga krav på stabilitet i grunden, eftersom det är av stor vikt att markrörelser inte påverkar eller äventyrar bronns funktion. Grundläggning på fast berg eller i bärkraftigt friktionsmaterial bör eftersträvas.

I vissa områden där mäktiga sedimentära jordar förekommer kan grundläggning på pålar inte undvikas. Vid svåra förhållanden och där t.ex. pålningen består av mantelbärande pålar, kan stöden på båda sidor om farleden behöva förbindas med en styv betongkonstruktion under farledsbotten för att säkerställa att stödförskjutningar som ändrar spännvidderna inte inträffar.

I samband med nödstopp kan stora tröghetskrafter uppkomma. Effekterna av detta ska beaktas för grundläggningen. Det bör noteras att svängpelare grundlagda på pålar ofta har liten vridstyvhet.

I samband med att riskanalyserna för bronns funktion genomförs med bedömningar av tidsåtgång och kostnader för återställande av bron efter eventuella haverier, bör även grundläggningen beaktas. Denna bör utföras så robust att den vid t.ex. påsegling skadas i så liten omfattning att den kan göras brukbar genom smärre reparationer. Broarna bör konstrueras med ”brottanvisningar” i övergången mellan överbyggnad och grundkonstruktion.

7.9 Redovisning, dokumentation och utbildning

I Vägverkets ATB Bro resp. Banverkets BV Bro finns det krav på den speciella redovisning och dokumentation som behövs för en öppningsbar bro. Utöver detta är det av stor vikt att man se till att blivande underhållspersonal får en gedigen utbildning i bronns uppbyggnad och funktion.

I många fall upphandlas öppningsbara broar där drift- och underhåll under garantitiden (normalt 5 år) ingår i entreprenörens åtagande.

7.10 Riskanalyser

Maskinerier till öppningsbara broar ska CE-märkas. Detta innebär att en riskanalys som beaktar riskerna för personskada (för personer som vistas i t.ex. manöverutrymmen i samband med broöppning) ska upprättas.

Ytterligare en riskanalys bör upprättas. Den analysen är inriktad på bronns funktion och ska ge svar på frågor av typen: ”Vad händer om det blir någon felfunktion på en viss maskinkomponent? Vilka följdverkningar leder detta till och hur ska maskineriet eller bron utformas så att skadeverkningarna blir så små som möjligt?”

Underlag och exempel på sådan riskanalys för en svängbro återfinns i bilaga 3: PM underlag riskanalys.

8 Kontroll och uppföljning i utförandeskede

Kontrollen under utförandeskedet bör vara noggrannare än för en fast bro, eftersom öppningsfunktionen är mer komplex än den trafiklastbärande funktionen. Det innebär att toleranskraven på stålkonstruktionen bör vara betydligt strängare vid byggande av öppningsbara broar, än vad som erfordras för fasta broar, för att den på ett korrekt sätt ska samverka med maskineriet.

Entreprenörens ansvar för stål- och maskinbyggandet, elinstallationen samt styr- och reglerarbetena bör vara klart definierat. Samordningsansvaret bör helst tilldelas den underentreprenör som svarar för maskineriet och som normalt har den bästa erfarenheten från byggandet av öppningsbara broar.

9 Broförvaltning

För att säkerställa en effektiv förvaltning av bron är det väsentligt att:

- Beställaren överlämnar beskrivningar av brons funktion samt skötselanvisningar till förvaltaren.
- Förvaltaren ser till att personalen får erforderlig utbildning för brons skötsel.
- Förvaltaren ser till att kontinuerlig tillsyn kommer att ske.

I Vägverkets BaTMan handbok finns det en utförlig beskrivning på hur inspektion av elektrisk och maskinell utrustning bör gå till.

10 Krav på inblandade parter

10.1 Beställaren

Beställaren bör vara medveten om att oplanerade avstängningar av bron sannolikt kommer att inträffa. Därför bör denna tänka igenom scenariot vid en sådan situation och utarbeta ett åtgärdsprogram i samråd med andra berörda parter. Detta arbete kan ge upplysningar som påverkar projekteringen av bron.

Beställaren bör se till att han har tillgång till tillräcklig kompetens för att veta vilka krav som ställs i samband med sammansättning av sin egen projektorganisation och för upphandling av projektör, konstruktör och entreprenör.

Beställaren måste bestämma sig för lämplig entreprenadform för utförandet. För- och nackdelar med de alternativ som kan vara aktuella berörs under avsnitt 7.2.

Beställaren har ansvaret för att kontinuerlig tillsyn kommer att ske.

Beställaren avgör om skötsel och underhåll efter garantibesiktningen av bron ska skötas av egen personal eller om man ska handla upp dessa tjänster. Beställaren kan utreda om de anser att det är lämpligt att entreprenören även sköter skötsel och underhåll under garantitiden. Beställaren bör noga kontrollera att entreprenören överlämnar bron och begärd dokumentation, t.ex. manöver- och skötselmanual, i det skick som anges i förfrågningsunderlaget.

10.2 Projektören eller konstruktören

För att säkerställa ett bra utförande av öppningsbara broar bör projektör/konstruktör utnyttja:

- personer som har övergripande kunskaper om vilka olika kompetenser som krävs för projektering/konstruktion av en öppningsbar bro, dvs. broteknik, maskinteknik, elteknik och styr- och reglerteknik samt har erfarenhet från upprättande av riskanalyser avseende CE-märkning och brofunktion.
- personal med god kännedom om för- och nackdelar med olika brotyper, utformning och kunskap om detaljlösningar.
- personal med erfarenhet från reparation och underhåll av öppningsbara broar.

10.3 Huvudentreprenören

Entreprenören bör utnyttja egen personal eller rådgivare med erfarenhet från byggande och reparation av öppningsbara broar.

Entreprenören bör utse en samordningsansvarig som har erfarenhet från byggande av öppningsbara broar. Dennes ansvarsområde varierar något beroende på entreprenadform.

Entreprenören bör se till att ansvaret för stål- och maskinbyggandet, elinstallationen samt styr- och reglerarbetena är klart definierat. Detta ansvar bör helst tilldelas den som svarar för maskineriet, eftersom öppningsfunktionen är mer komplex än den trafiklastbärande funktionen och traditionella stålbrobyggare inte är vana vid de höga precisionskrav som gäller för öppningsbara broar.

Entreprenören måste förvissa sig om att anlidade underentreprenörer har kompetens för och erfarenhet från utförandet av öppningsbara broar. Vid entreprenader med konstruktionsansvar bör erforderligt konstruktionsarbete för respektive underentreprenör helst ingå i dennes åtagande. Vidare bör den underentreprenör som ansvarar för maskineriet ges möjligheten att styra de arbeten för hydrauliska installationer, elinstallationer samt, styr – och reglerteknik, som utförs av andra underentreprenörer.

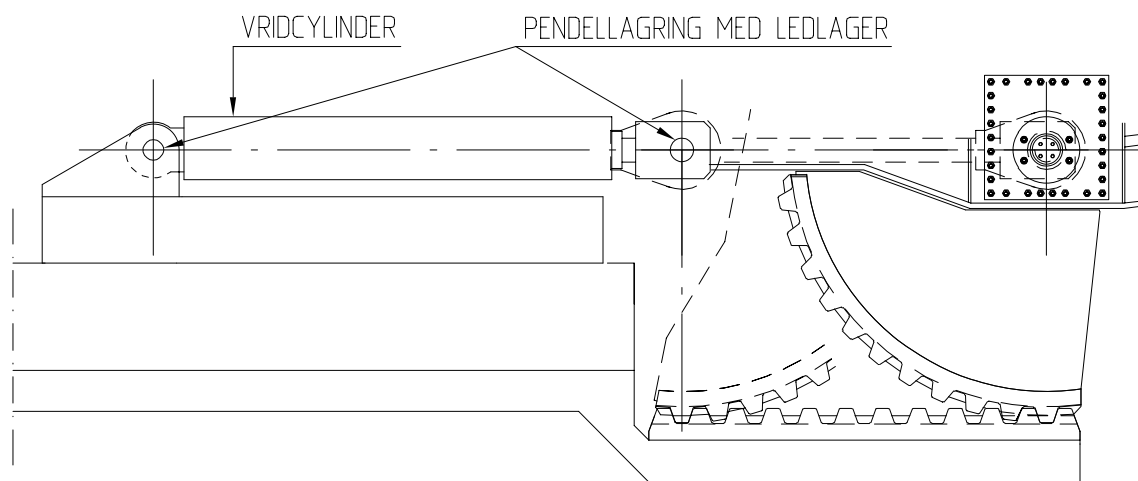
10.4 Förvaltaren

Förvaltaren bör ha tillgång till egen personal eller externt anlitad personal som tilldelats befogenheter och resurser att genomföra den skötsel och det underhåll som föreskrivs i anvisningarna, som upprättats för respektive bro. Dålig skötsel och försummat underhåll kan orsaka onödiga broavstängningar med olägenheter för både land- och sjötrafiken. Upprättandet av sådana anvisningar bör alltid ingå i projektörens eller entreprenörens åtagande.

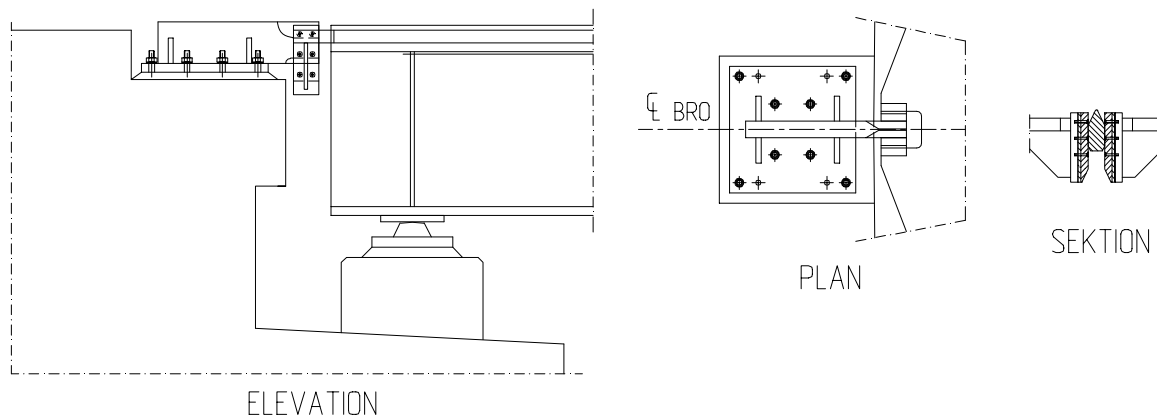
Förvaltaren bör se till att den personal, som ska ha hand om skötsel och underhåll, deltar i den utbildning, som bör ingå i entreprenörens åtagande.

Förvaltaren bör under garantitiden snarast rapportera incidenter och indikationer på fel till entreprenören och beställaren.

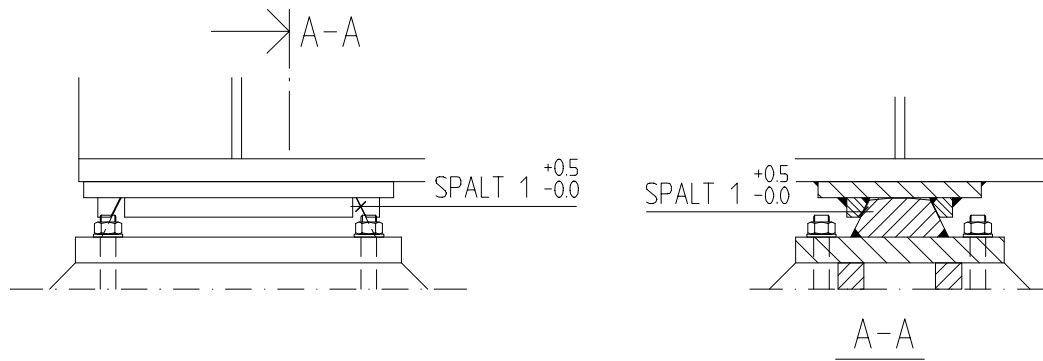
BILAGA 1 Exempel på lämpliga detaljutformningar



Vridcylinder för rullsegmentbroar

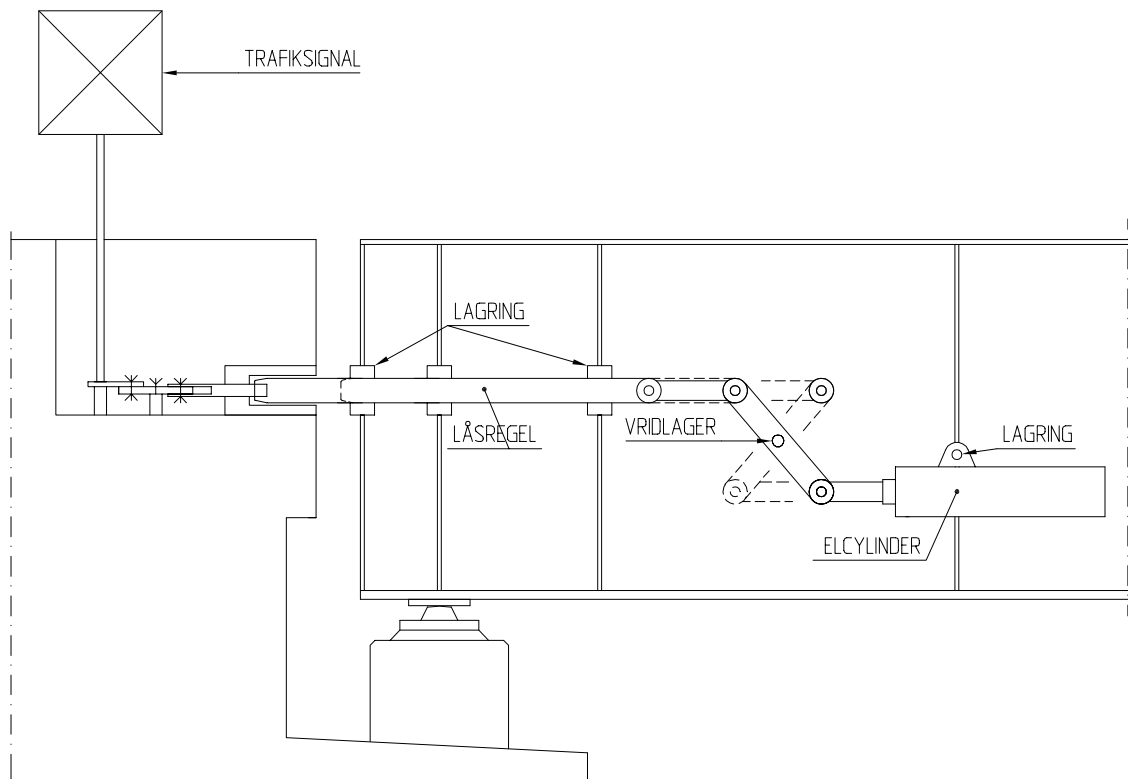


Centreringsregel till lyft- och lyftsvängbro för järnvägstrafik



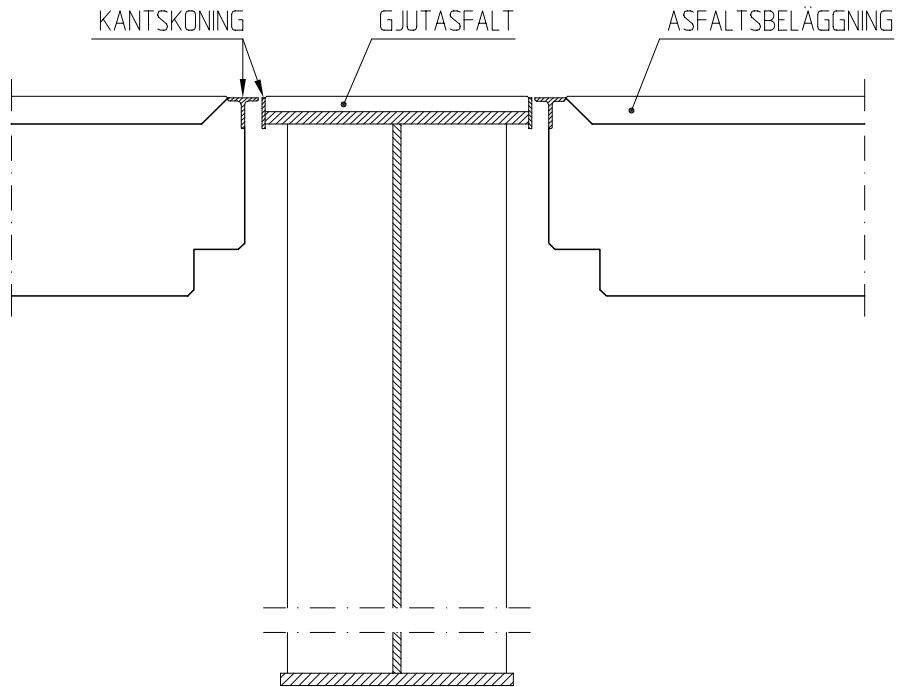
Centreringslager

Mekaniska kontrollsystem



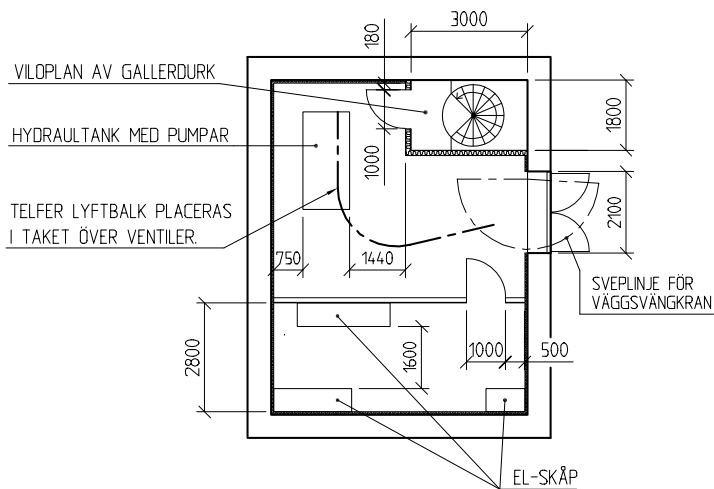
Säkerhetslåsning för järnvägsbroar (mekaniskt kontrollsystem)

Kantskoningar vid slitsar

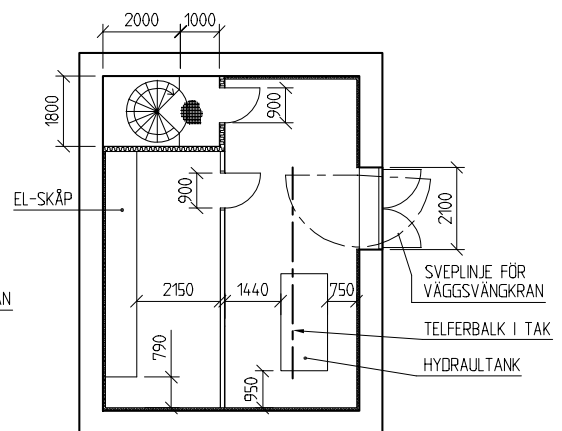


Kantskoning vid slitsar för klaffbrobalkar

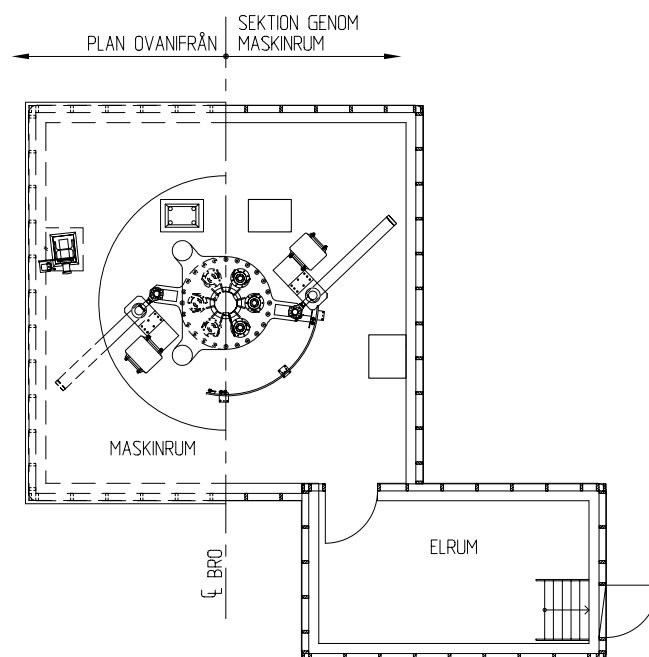
Exempel på planlösningar i manöverutrymmen



Plan, Apparatrum



Plan, Apparatrum



Plan, maskinrum

Exempel på planlösningar i manöverutrymmen

Exakta måttkrav för t.ex. service och underhåll finns i bl.a. starkströmsföreskrifterna.

BILAGA 2 Fotografier

Lyftbroar



Lyftbro, Holland



Lyftbro, Trollhättan



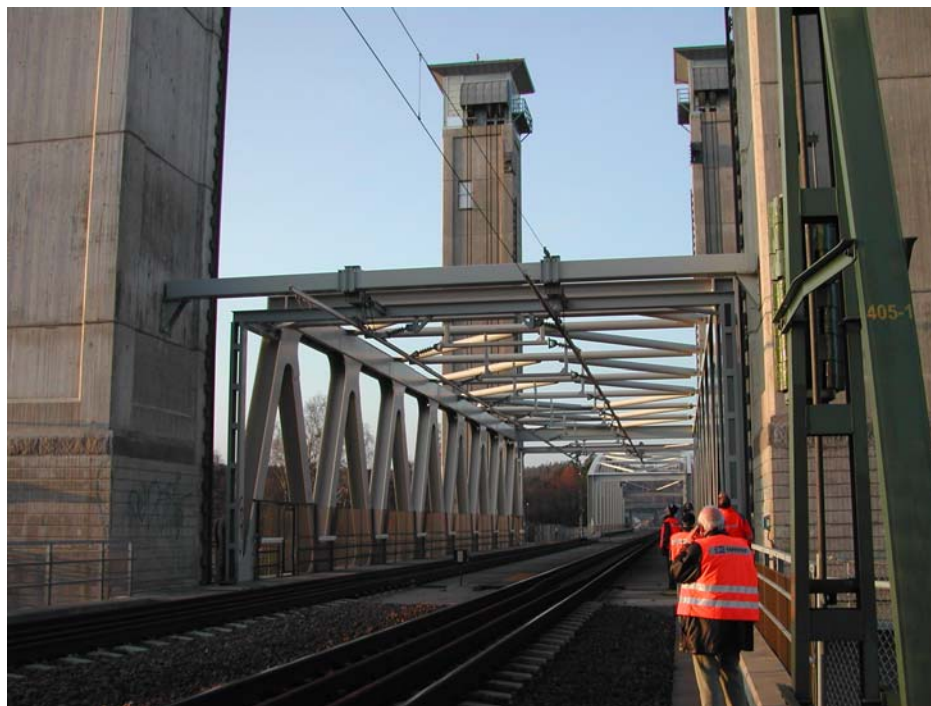
Lyftbro, Trollhättan



Bladskarv, Trollhättan



Centreringsregel, Trollhättan



Kontaktledning på lyftbron i Trollhättan



Kontaktledning, Trollhättan

Svängbroar



Svängbro, Säffle



Svängbro, Arbogaån i Kungsör



Svängbro, Köpmannebro



Svängbro, Köpmannebro



Lyft / vridmaskineri, Köpmannebro



Köpmannebro



Centreringsregel och bladskarv , Köpmannebro



Centreringslager, Köpmannebro



Svängbro, Göteborg



Svängbro, Göteborg



Svängbro, Malmö



Lyft / vridmaskineri, Malmö



Brostolpe för kontaktledning på Marieholmsbron, svängbro

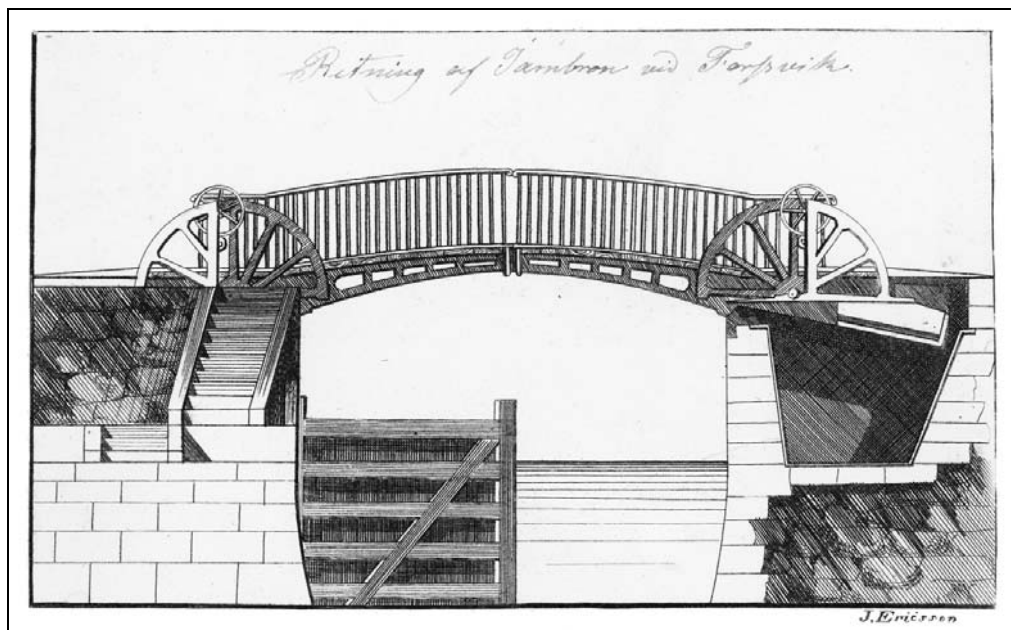


Svängbro, Vaddö kanal



Fd. svängbro?

Klaffbroar



Klaffbro, Forsvik byggd 1813.



Klaffbro, Forsvik



Klaffbro, Vänersborg



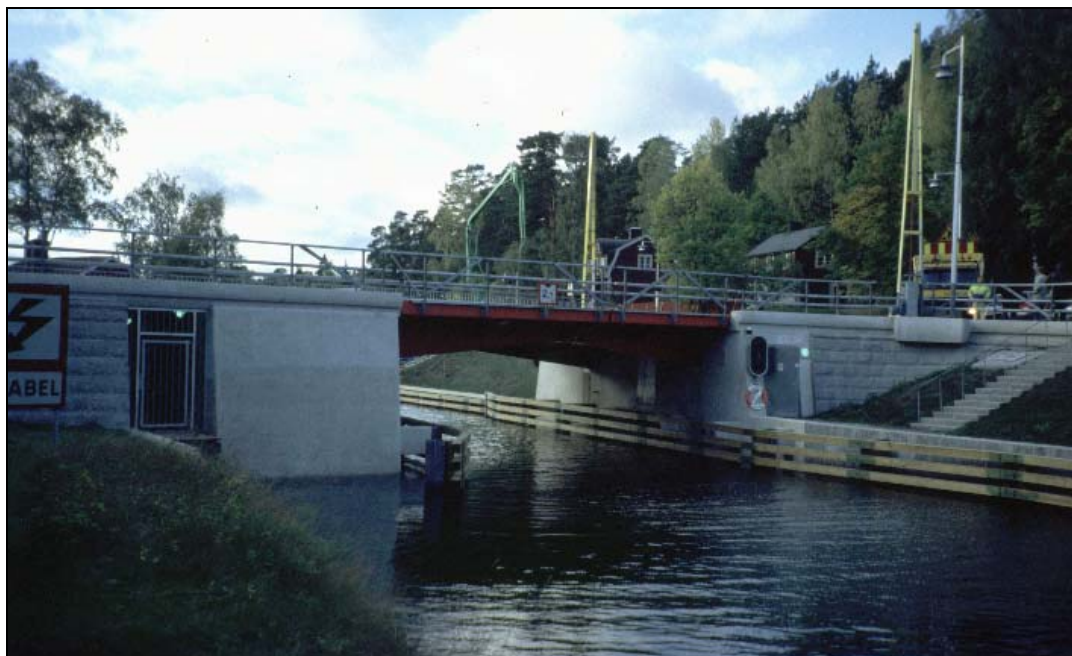
Kontaktledning, Vänersborg



Klaffbro, Vadstena slott



Klaffbro, Holländsk klaff



Klaffbro, Strömma kanal



Klaffbro, Strömma kanal



Klaffbro, Saltsjöbron



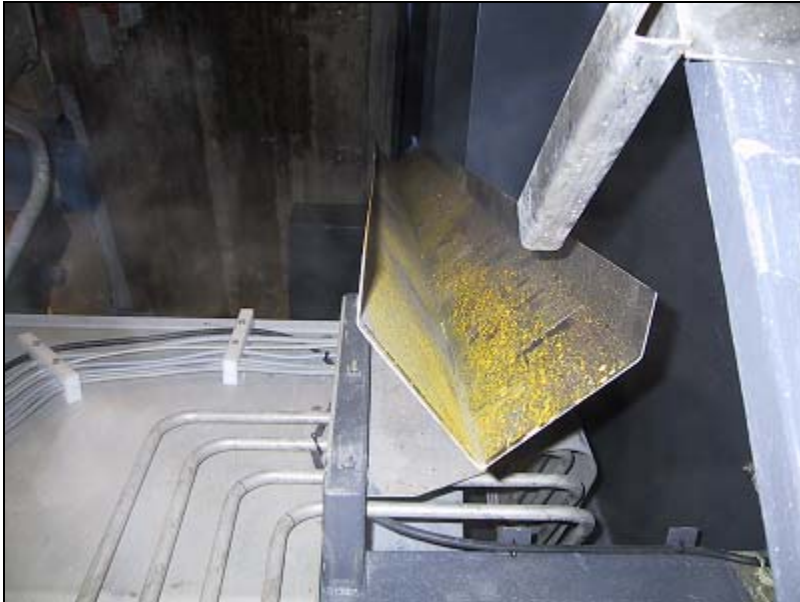
Klaffbro, Saltsjöbron



Klaffkammare, Saltsjöbron



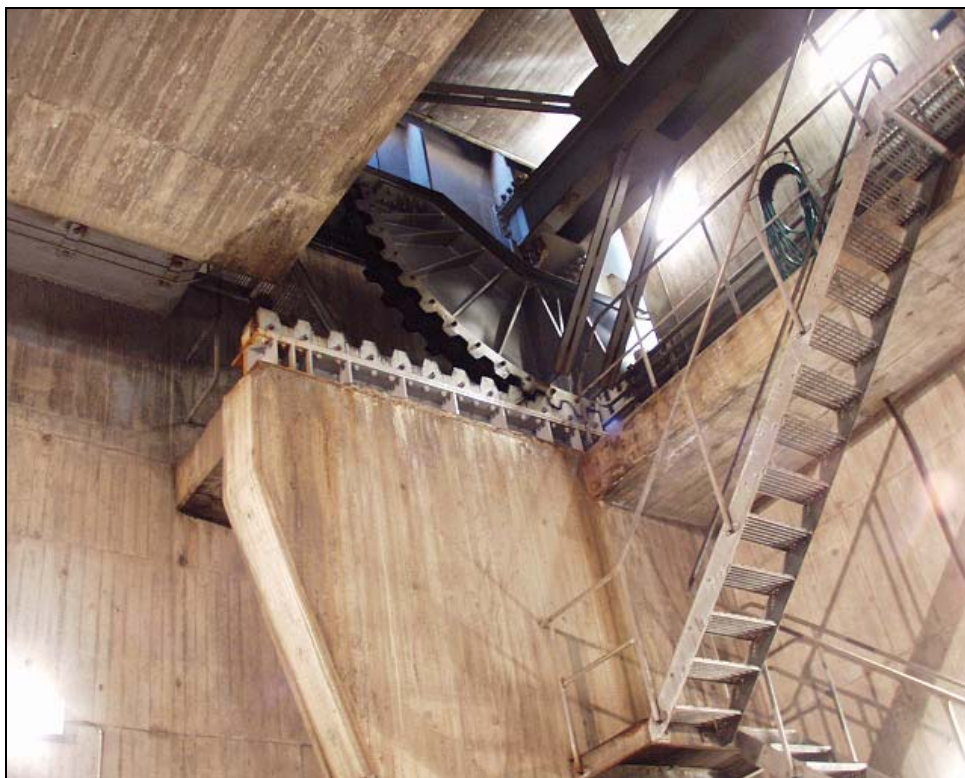
Lejdare, Saltsjöbron



Avvattningssystem, Saltsjöbron



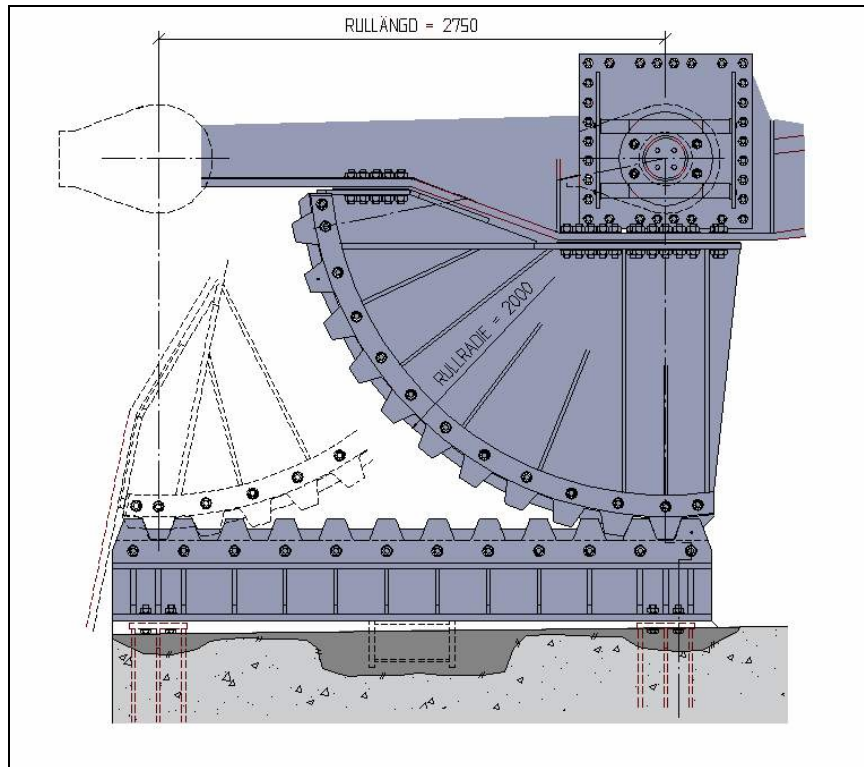
Hydraulcylinder, Saltsjöbron



Klaffkammare, rullbana och kuggsegment, Säffle



Rullbana och kuggsegment, Säffle



Rullbana och kuggsegment, Säffle

Rullbroar



Rullbro, Ljungsbro



Rullbro, Hajstorp



Rullbro, Sturefors



Rullbro, Malfors

BILAGA 3 PM underlag för riskanalysen

Underlag för riskanalysarbete

Allmänt

Riskanalysarbetet struktureras och fördelas på ett möte där samtliga berörda projektörer deltar.

Mötesdeltagare som ansvarar för projektering eller utförande av något eller några i projektet ingående delar bör före mötet gå igenom AFS 1994:48, maskindirektivet. I samband härmed noterar var och en de delar eller delfunktioner som kan tänkas kunna skadas så att felfunktion inträffar och personskada uppkommer.

AFS 1994:48 handlar nästan uteslutande om personsäkerhet. I det här fallet ska också en analys upprättas avseende risker för felfunktioner som berör drift och underhåll och som kan leda till reparationsåtgärder med åtföljande broavstängning eller som omöjliggör broöppning.

Exempel på felscenarier

Regeln ute vid lyft och utsvängning

Regeln ute vid insvängning och sänkning

Sänkning i fel position

Full fart mot buffertar

Nödstopp vid full fart

Strömavbrott under pågående manöver

Slang-, rör- eller kabelbrott

Dålig smörjning

Svängmotorbortfall

Lyftcylinderbortfall

Vridcylinderbortfall

Fel på signalsäkerhetstekniska kontrollen i bladskarven

Påsegling av stängd bro

Påsegling av öppen bro

Övervakningskameror, signaler och bommar ur funktion

Åverkan genom sabotage

Klämskador på personer

Påverkan av temperatur, snö, is

Fel i styrsystem

Åverkan på gränslägen av tvångsrörelser (temperatur),

Säkerhetssystemets funktion vid nödkörning

Överkopplingsmöjligheter

Bron går med full fart mot anslagslager

Vatten, fukt i maskinrummen

Oljeläckage, larm

Rörelser i kablageupphängningar (klämning, nötning)

Fastrostade reglar

Bromanöver med öppna inspektionsluckor

Vägavstängning på grund av öppna luckor

Brand

Redovisning

I uppräkningslistan ovan, som inte på något vis gör anspråk på att vara fullständig, har ingen åtskillnad gjorts mellan risker för att personer som vistas i eller invid bron kommer till skada och att de maskinella anläggningarna inte fungerar.

När arbetet är färdigt ska analysen vara uppdelad i två delar. Den ena ska tjäna som underlag för CE-märkning och den andra som hjälp vid projektering av maskineri, signal- och styrsystem samt även utgöra underlag för manöver- och skötselinstruktion.

Vid arbetet med dessa frågor kan det vara bra att känna till att de allra flesta misstag med öppningsbara broar har inträffat i samband med montage och installationer och vid intrimning och idrifttagande.

Exempel på blankett för sammanställning av genomfört riskanalysarbete

Riskanalys skall utföras

- som en ingående del i CE-märkning enligt AFS 1994:48 med tillägg
- riskanalys för att skapa ett funktionssäkert system för drift och underhåll

Denna riskanalys skall omfatta båda ändamålen. Riskanalysen skall vid ett senare tillfälle kunna delas upp, varvid de risker, som är att hänföra till personsäkerhet förtecknas separat.

Med avseende på riskanalys enligt AFS 1994:48 används följande definitioner.

<p>Riskområde</p> <ul style="list-style-type: none"> – västra brofästet med tillfartsväg – östra brofästet med tillfartsväg – brobanan/överbyggnaden – centrumpelaren – maskinrummet
<p>Utsatta personer</p> <ul style="list-style-type: none"> – bropersonal – gång- och cykeltrafikanter – biltrafikanter – tågtrafikanter – sjötrafikanter – andra personer, som bereder sig tillträde till riskområdet
<p>Operatörer</p> <ul style="list-style-type: none"> – personal för manövrering av bron – personal för översyn, inspektion, service och reparation

Felscenario	Beskrivning, t.ex. orsak, vilket riskområde, vilken skada kan uppstå, personskada, åtgärd för att eliminera eller minimera risken
Felaktig manöver, normal drift	

Felaktig manöver, nöddrift	
Fel i styrsystem, normal	
Fel i styrsystem, nöddrift	
Strömavbrott under pågående manöver	
Återkommande spänning/ Återstart	

Öppningsbara broar



Giltig från
2007-03-26

Versionsnummer
01

Sida
65 (70)

Vägtrafiksignaler tänds ej/ släcks ej	
Vägbommar fälls ej/går ej upp	
Låskilar kvar i låst läge vid öppning och utsvängning	
Låskilar återgått till låst läge vid insvängning och sänkning	
Bron sänker på fel ställe	

Inbromsning sker ej mot ändläge/buffert	
Bron slår emot kaj	
Nödstopp vid full fart	
Fastfrusen bro/snö/is	
Fastfrusna komponenter- låskilar, bommar, annat	

Vindpåverkan på bro- Motvind/medvind	
Motorfel	
Lyftcylinderfel	
Rör/slangbrott	
Kabelbrott	

Lossnande gränslägen	
Hög/låg temperatur/dålig ventilation i centrumpelare	
Låg/hög temperatur/dålig ventilation i hydraulrum	
Klämrisker vid broändar	
Klämrisker i centrumpelare	

Inträngande vatten	
Oljeläckage	
Bristande visuell övervakning vid manöver från fjärrmanöverplats	
Visuell övervakning vid manöver från centrumpelare	
Påsegling stängd bro	

Påsegling under brorörelse	
Bristande underhåll	
Brand i maskinutrymme	
Trafikolycka på bron	
Åverkan/sabotage	
Lekplats/gömställen	