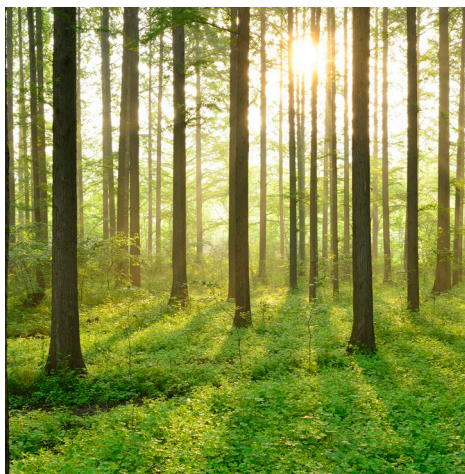


FÖRVALTNING AV BROAR INOM VATTENKRAFTSINDUSTRIN

RAPPORT 2018:527



VATTENKRAFT

BETONGTEKNISKT PROGRAM
VATTENKRAFT



Energiforsk

Förvaltning av broar inom vattenkraftsindustrin

**ANDERS WIBERG
PER MAXSTADH
HÅKAN BOND**

ISBN 978-91-7673- 527-5 | © Energiforsk september 2018

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

I anslutning till svenska vattenkraftverk finns en stor mängd brokonstruktioner av olika typ och storlek. Broarna spänner över utskov, intag och sugrörsutlopp. De broar som utgör en del av en riksväg eller länsväg förvaltas vanligtvis av Trafikverket, övriga broar utgör vattenkraftföretagens ansvar vad gäller tillståndskontroll, underhåll och reparationer.

I denna studie sammanfattas de förutsättningar som gäller vid förvaltning av brokonstruktioner inom vattenkraften. Vidare har ett förslag på rutinmässig tillståndskontroll av vattenkraftsindustrins brokonstruktioner utarbetats.

Studien har utförts av Anders Wiberg, Per Maxstadh och Håkan Bond, seniora experter inom bro- och vattenbyggnad på WSP Sverige. Projektet har genomförts inom Betongtekniskt program vattenkraft, med intressenterna Fortum Sverige AB, Jämtkraft AB, Karlstads Energi AB, Skellefteå Kraft AB, Sollefteåforsens AB, Statkraft Sverige AB, Svensk Kärnbränslehantering, Sydkraft Hydropower AB, Umeå Energi AB, Vattenfall AB Vattenkraft och Vattenfall Indalsälven AB.

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Vattenkraftsindustrin äger en icke oansenlig mängd brokonstruktioner i anslutning till dammar och kraftstationer. Mängden broar per förvaltare eller ägare, brotyp, ålder och storlek på dessa varierar kraftigt. Mängden är dock inte så stor att energibolagen och dammägarna generellt besitter intern specialkompetens för att förvalta dessa.

Att vara ägare och förvaltare av en eller flera broar innebär ett ansvar för funktionen samt för säkerheten på och vid bron. När en bro ligger i anslutning till en dammanläggning har den dessutom ofta en betydelse för dammsäkerheten. Samhällets krav på broförvaltare och broförvaltning finns samlat i lagar, förordningar och föreskrifter. I denna rapport har dessa sammanställts.

En förutsättning för en ansvarsfull och ekonomiskt effektiv broförvaltning är att aktuellt tillstånd och status är kända, att varje konstruktion har inspekterats och eventuella skador och brister dokumenterats. Det är också viktigt att använda en struktur och metodik som aktivt medverkar till att rätt prioriteringar görs för underhåll och reinvesteringar. Eftersom Trafikverket är den största broförvaltaren i Sverige och även har väl inarbetade rutiner för broförvaltning har dessa beskrivits och sammanfattats.

Avslutningsvis ges förslag på rutiner för broförvaltning inom kraftindustrin, samt en handledning för broinspektion.

Rekommendationen från denna rapports författare är att tillämpa Trafikverkets inspektionstyper och inspektionsintervall. Tillämpas RIDAS intervaller för fördjupade inspektioner, på tre respektive sex år beroende på konsekvensklass, för huvudinspektioner på broar i anslutning till anläggningen, så uppfylls även Trafikverkets krav på huvudinspektion vart sjätte år. Även kravet på allmän inspektion var tredje år kommer uppfyllas för broar vid dammar med de högre konsekvensklasserna.

Vidare rekommenderas att inte tynga RIDAS med tillämpningsvägledningar för broförvaltning eller utveckla egna krav eller rekommendationer i RIDAS eller annat dokument. Däremot kan det vara lämpligt att hänvisa till befintliga krav och rutiner som framförallt tagits fram och kontinuerligt förnyas av Trafikverket. Ett förslag är att det i RIDAS skrivs in en rekommendation om att Trafikverkets rutiner för inspektion och inspektionsintervall tillämpas även för kraftindustrins broar.

Ett lämpligt och funktionellt hjälpmedel för broförvaltning är Trafikverkets managementsystem BaTMan, som kan användas med tillstånd och förvaltningsavgift till Trafikverket. Om det skulle tillåtas för privata aktörer inom kraftindustrin är dock oklart och osäkert.

Summary

The hydropower industry owns a non-insignificant amount of bridges in connection to dams and power stations. The amount of bridges per owner, type, age and size varies considerably. However, the amount is not so large that the energy companies and the dam owners generally have enough internal specialist competence to manage them.

Being an owner and manager of one or more bridges means a responsibility for the function as well as for the safety at the bridge. Moreover, when a bridge is adjacent to a dam site, it often has a bearing on dam safety. The community's requirements for bridge managers and bridge management are gathered in laws, ordinances and regulations. In this report, these have been compiled.

A prerequisite for responsible and economically efficient bridge management is that the current state and status is known, that each construction has been inspected and any damage and defects documented. It is also important to use a structure and methodology that actively contributes to the right priorities for maintenance and reinvestment. Since the Swedish Transport Administration is the largest bridge manager in Sweden and has well-established bridge management procedures, these have been described and summarized.

Finally, suggestions are given for bridge management in the power industry, as well as a brief bridge inspection manual.

The recommendation from this report's author is to apply the Swedish Transport Administration's inspection types and inspection intervals. Applied RIDAS intervals for in-depth inspections, in three and six years depending on the class of class, for main inspections on bridges in connection with the plant, also fulfills the Swedish Transport Administration's requirements for main inspection every six years. The requirement for public inspection every third year will be fulfilled for bridges in dams with the higher consequence classes.

It is also recommended that RIDAS is not expanded with bridge management application guidance or to develop custom requirements or recommendations in RIDAS or other documents. However, it may be appropriate to refer to existing requirements and routines that were primarily developed and continuously renewed by the Swedish Transport Administration. One suggestion is that RIDAS writes a recommendation that Trafikverket's inspection and inspection intervals also apply to the power industry's bridges.

An appropriate and functional bridge management facility is the Traffic Administration's BaTMan system, which can be used with permission and management fee to the Swedish Transport Administration. However, if it is allowed for private actors in the power industry, it is unclear and uncertain.

Innehåll

1	Bakgrund och syfte	8
2	Allmänt om broförvaltning	9
2.1	Definitioner gällande förvaltning av konstbyggnader	10
3	Regelverk	12
3.1	Lagar och myndighetsföreskrifter	12
3.2	Trafikverkets krav	13
3.3	Trafikverkets råd	13
4	Allmänhetens säkerhet och det juridiska ansvaret	15
4.1	Trafikolyckor och olyckor till följd av bristande underhåll	15
4.2	Broar och dammsäkerhet	16
4.2.1	Broars betydelse för dammsäkerheten	16
4.2.2	Olyckor som påverkar dammsäkerheten	16
5	Trafikverkets rutiner	17
5.1	Allmänt	17
5.2	Dokumentation	17
5.3	Inspektion	17
5.3.1	Fortlöpande inspektion	18
5.3.2	Översiktlig inspektion	18
5.3.3	Huvudinspektion	19
5.3.4	Allmän inspektion	20
5.3.5	Särskild inspektion	20
5.4	Planering	21
6	Vattenkraftindustrins rutiner	22
6.1	Allmänt	22
6.2	Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet, RIDAS	22
6.3	Företagsgemensamma rutiner eller krav	23
6.3.1	Dokumentation	23
6.3.2	Inspektion	23
6.3.3	Planering	24
6.4	Speciella förutsättningar för broar vid kraftverk och dammar	24
6.4.1	Dimensioneringsförutsättningar	24
6.5	Elforsk rapport 14:66, Dammar med allmänna vägar - Diskussion om risker och lösningar, 2015.	24
6.5.1	Överbelastning av brobanor	25
6.5.2	Genomförda och tänkbara åtgärder	26
6.5.3	Korrosionsproblem av tösaltning	26
6.5.4	Genomförda och tänkbara åtgärder	26
6.5.5	Sammanfattande kommentar till Elforsk rapport 14:66	26
7	Förslag på rutiner för broförvaltning	27

7.1	Inledning	27
7.2	Dokumentation	28
7.2.1	Grunduppgifter	28
7.2.2	Aktuellt tillstånd	28
7.2.3	Varför inte BaTMan?	28
7.3	Broinspektion	29
7.3.1	Allmänt	29
7.3.2	Inspektionstyper och inspektionsintervall	29
7.3.3	Upphandling av broinspektionstjänster	29
7.4	Underhållsplanering	30
7.4.1	Åtgärdsbeskrivning	30
7.5	Förebyggande underhåll	31
7.5.1	Rengöring	32
7.5.2	Impregnering	32
7.5.3	Förslag på kravspecifikation för förebyggande underhåll	32
7.6	Vägledning i RIDAS för broförvaltning	33
8	Handledning i broinspektion	34
8.1	Definitioner	34
8.2	Brotyper	34
8.2.1	Plattbro	34
8.2.2	Balkbro	35
8.2.3	Plattrambro	36
8.2.4	Balkrambro	37
8.2.5	Rörbro 38	
8.2.6	Valvbro	39
8.3	Konstruktionsdelar och funktionella egenskaper	41
8.4	Planering inför inspektion	43
8.5	Genomförande av inspektion	44
8.6	Checklista för broinspektion	45
8.7	Skadetyper – exempel på vanligt förekommande skador	46

1 Bakgrund och syfte

Vattenkraftsindustrin äger en icke oansenlig mängd brokonstruktioner i anslutning till dammar och kraftstationer. Mängden är dock inte så stor att energibolagen och dammägarna generellt besitter intern specialkompetens för att förvalta dessa. Därmed föreligger ett behov att tydliggöra ansvar, krav och rekommendationer för broförvaltningen inom vattenkraftsindustrin, så att en tekniskt kunnig anläggningsförvaltare ska kunna säkerställa att tillräckliga åtgärder utförs och att interna rutiner finns för att uppfylla samhällets krav och för att förhindra kapitalförstöring i det egna brobeståndet.

Vattenkraftindustrins broar spänner över utskov, intag och sugrörsutlopp. En mindre andel av broarna är avsedda för gångtrafik. Majoriteten av broarna är dock avsedda för tyngre trafik. På vissa broar finns även räler för spårbundna kranar som t.ex. används för manövrering av luckor. De broar som utgör en del av det statliga vägnätet förvaltas vanligtvis av Trafikverket. Således ansvarar Trafikverket för tillståndskontroll, samt bekostar underhålls- och reparationsinsatser. Trafikverket tar även ansvar för all inspektion och bärighetsklassning av bro med statligt bidrag.

De broar som vattenkraftsindustrin ansvarar för kan ligga både inom och utom industriområdet till ett kraftverk. I det förra fallet innebär det normalt att broarna trafikeras endast av kraftbolagets egen driftpersonal och av kraftbolaget anlitate konsulter och entreprenörer. I det senare fallet får även allmänheten lov att trafika broarna. Gemensamt för de båda fallen är att det är kraftbolagen som ansvarar för tillståndskontroll, samt står för underhålls- och reparationsinsatser. Dock har det saknats rekommendationer för hur och med vilket intervall tillståndskontroll av kraftindustrins brokonstruktioner ska utföras.

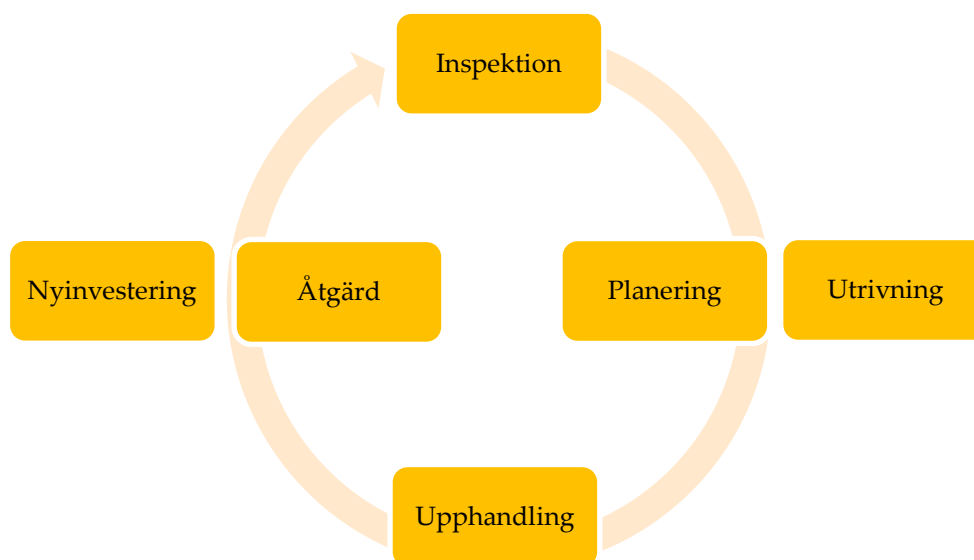
Denna rapport riktar sig främst till intressenter inom energibolag men även till konsulter, politiker och beslutsfattare. Det primära syftet är att sammanställa de förutsättningar som gäller vid förvaltning av brokonstruktioner inom vattenkraften. Det sekundära syftet med rapporten är att presentera ett förslag på rutinmässig tillståndskontroll av vattenkraftsindustrins brokonstruktioner samt en handledning för denna.

2 Allmänt om broförvaltning

Förvaltning innebär att administrera tillgångar för en huvudmans bästa. Med att vara ägare och förvaltare av en eller flera broar följer också ett stort ansvar för funktionen samt för säkerheten på och vid bron. En förutsättning är att aktuellt tillstånd och status är kända, att varje konstruktion har inspekterats och eventuella skador och brister dokumenterats. Att äga och förvalta brokonstruktioner ställer således krav på grundläggande teknisk kompetens. Det är också viktigt att använda en struktur och metodik som aktivt medverkar till att rätt prioriteringar görs för underhåll och reinvesteringar. Att arbeta med förebyggande underhåll och regelbundna inspektioner är alltså en förutsättning för ett ansvarsfullt förvaltarskap. Betydelsen av att arbeta aktivt, engagerat och med ett intresse för konstruktioner och förebyggande aktiviteter bidrar naturligtvis positivt till resultatet.

Förvaltning av broar kan beskrivas med ett antal generella och övergripande aktiviteter. För den enskilda ägaren kan fler av dessa aktiviteter behöva brytas ned mer detaljerat för att ge nödvändig vägledning beroende på kompetens och erfarenhet. En mer utvecklad modell av förvaltning finns illustrerad under kapitel "Förslag på rutiner för broförvaltning".

Illustrationen nedan, Figur 1, beskriver översiktligt processen broförvaltning under en bros hela livslängd. Första steget är att bron byggs och processen avslutas med att bron inte längre uppfyller kraven på funktion eller standard och tas ur drift och rivs ut. Aktiviteterna inspektion, planering, upphandling och åtgärd är navet i processen, och kommer att följa konstruktionen under hela dess livslängd.



Figur 1. Översiktlig beskrivning av processen broförvaltning

Inspektionens huvudsakliga syfte är att upptäcka och bedöma brister som påverkar konstruktionens funktion eller säkerhet på kort och lång sikt. Det är viktigt att inspektioner utförs systematiskt och regelbundet för att kunna följa utvecklingen av en enskild skada eller brist. Iakttagelserna vid inspektionerna ligger till grund för tillståndsbedömning av bron samt planering av underhåll och reparation och bidrar till att minska eller begränsa framtida underhålls- och förvaltningskostnader.

Tillståndsbedömningen tillsammans med övrig information som tekniska grunddata för konstruktionen utgör plattformen för den strategiska förvaltningen.

För varje konstruktion med brister finns det en optimal tidpunkt då en åtgärd bör utföras. Det finns naturligtvis flera sätt att identifiera denna tidpunkt och avgöra när åtgärden ger bäst avkastning för insatt kapital. Planeringen utgår alltid från de brister som upptäckts vid inspektionen. Varje konstruktionsdel värderas utifrån en funktionell egenskap. Inspektören ska avgöra om konstruktionsdelen uppfyller sin funktion och vid brist även bedöma när det finns risk att funktionen upphör. Med tillståndsbedömningen som grund beskriver förvaltaren en lämplig åtgärd och när den bör utföras.

Det är möjligt att skaffa sig en preliminär uppfattning om den årliga budgeten för drift- och underhåll av ett brobestånd motsvarar det verkliga behovet genom att göra ett överslag med hjälp av schablonvärden. Ett riktvärde för drift- och underhållskostnaden för ett brobestånd per år motsvarar ungefär 0,8–1 % av återanskaffningsvärdet. Har man t.ex. en sammanlagd broyta på 10 000 m² och ett återanskaffningsvärde på 25 000 kr/m² och räknar med 1 % får man en årlig drift- och underhållskostnad på 2,5 Mkr. En mer precis budget får man om kostnaderna baseras på förväntade åtgärder.

De planerade åtgärderna bör redovisas utifrån kända och konventionella aktiviteter för att ge möjlighet för både beställare och entreprenör att bedöma och prissätta den tänkta åtgärden. Det är det lämpligt att använda AMA Anläggning som beskrivningshjälpmedel. AMA Anläggning är en vedertagen beskrivning av material, utförande och kontroll. Till dessa dokument kan det vara lämpligt att även bifoga ritningar och/eller detaljerade skisser för förståelsen av åtgärden.

Att arbeta med förebyggande underhåll är en aktivitet som stödjer och aktivt bidrar genom hela processen. Det förebyggande underhållet är en investering och kommer, rätt utförd, att leda till besparingar under konstruktionens livslängd.

2.1 DEFINITIONER GÄLLANDE FÖRVALTNING AV KONSTBYGGNADER

Svensk standard har tagit fram en nomenklatur och definitioner av olika begrepp som rör underhåll, SS-EN 13306, vilken är relevant även för broförvaltning.

Drift – system, organisation och åtgärder för att hålla en förbindelse/anläggning tillgänglig och säker för trafik vid normal påverkan. Åtgärder som normalt saknar restvärde vid årets slut. I många fall är detta ett förebyggande underhåll som t ex:

- renhållning
- rengöring

- inspektion
- målning
- impregnering

Energiförbrukning räknas också till drift, men utgör inte ett förebyggande underhåll. Målningen som avses ovan är bättringsmålning på en konstruktionsdel och inte ommålning av en hel stålbro. Denna typ av målningsarbete bör placeras under planerat underhåll då den kräver projektering och är kostnadskrävande.

Löpande underhåll – driftanmärkningar eller akuta underhållsåtgärder som t ex:

- lagning av mindre betongskador
- lagning av slaghål, dvs. skador i beläggningen orsakade av underliggande defekter eller ojämnheter.
- tätning av sprickor i beläggningen
- dikesrensning.

Planerat underhåll – system, organisation och åtgärder för att säkerställa en fastställd teknisk livslängd under kända miljöbetingelser. Planerat underhåll avser att vidmakthålla en anläggnings kapitalvärde. Exempel på planerade underhållsåtgärder är:

- byte av beläggning/slitlager
- byte av tätskikt
- byte av brofogar
- byte av brolager
- byte av kantbalkar

Reinvestering – system, organisation och åtgärder för att uppgradera en anläggning till minst den tidigare fastställda tekniska nivån eller till nya miljöbetingelser som t.ex.:

- uppgradering genom fysiska förstärkningar
- utbyte av material med avseende på nya rön och regler

Gränsen mellan planerat underhåll och reinvestering är diffus och hur en åtgärd ska klassas definieras av ägaren eller förvaltaren.

Nyinvestering – system, organisation och åtgärd för nybyggnad.

3 Regelverk

Samhällets krav på broförvaltare och broförvaltning finns samlat i lagar, förordningar och föreskrifter. Dessa måste följas, dvs. är skall-krav för alla som äger eller förvaltar en bro. Det finns dessutom krav från beställare och råd som bör följas, men som man kan avvika från om det kan visas att lagar och föreskrifter ändå uppfylls. I det följande avsnittet görs en sammanställning av idag gällande krav och normer vid förvaltning av brokonstruktioner.

Regelverket för förvaltning och nybyggande av broar kan åskådliggöras med en "regelpyramid" med de högst styrande dokumenten i form av lagar, förordningar och myndighetsföreskrifter överst och standarder med godtagna lösningar och kunskaper underst, se Figur 2 nedan.



Figur 2. Hierarkiskt förhållande mellan lagar, förordningar, föreskrifter, beställarkrav och råd gällande broförvaltning.

3.1 LAGAR OCH MYNDIGHETSFÖRESKRIFTER

Föreskrifter är regler som är bindande för myndigheter och enskilda. Rätten att ge ut föreskrifter beslutas av regeringen i Plan- och byggförordningen, PBF. Denna rätt har för vägar och banor, inklusive broar, flyttats från Trafikverket och Boverket till Transportstyrelsen sedan 1 juli 2013. De redan utgivna föreskrifterna från

Vägverket, Trafikverket och Boverket gäller tills Transportstyrelsen ger ut motsvarande föreskrift.

För närvarande har Transportstyrelsen ännu inte gett ut föreskrifter gällande broar. När de ges ut kommer de att finnas samlade i Transportstyrelsens författningssamling (TSFS).

De föreskrifter som berör broförvaltning som finns utgivna av Boverket och Trafikverket, tidigare Vägverket, är

- BFS 2015:6 EKS 10
- VVFS 2003:140 - *Tekniska egenskapskrav vid byggande av vägar och gator*
- VVFS 2004:31 "VKR" (senast ändrad 2007:103) - *Bärförmåga, stadga och beständighet*
- VVFS 2004:43 "NAD" (senast ändrad TRVFS 2011:12) - *Tillämpning av Eurokoderna. Nationella val för väg- och GC-broar*

När det gäller miljöbalken kan den i vissa delar vara relevant även för broförvaltning. Miljöbalken berör framförallt kravet på dokumenterad egenkontroll, att förebygga och förhindra olägenheter samt dammägarens strikta ansvar för konsekvenser av dammbrott (Svenska kraftnät, 2007).

3.2 TRAFIKVERKETS KRAV

Som beställare av nybyggnation av broar använder Trafikverket dessa krav

- Krav Brobyggande, ver 1.0 (TDOK 2016:0204)
- Krav Tunnelbyggande, ver 1.0 (TDOK 2016:0231)
- AMA Anläggning 17
- Trafikverkets ändringar och tillägg till AMA Anläggning 17, ver 1.0 (TDOK 2017:0441)
- TK Geo 13, ver 2.0 (TDOK 2013:0667)
- TRVK Väg (TRV 2011:72)
- Krav för Vägars och gators utformning (VGU) ver 2 (TRV 2015:086)

För underhåll av broar ställer Trafikverket sina krav i

- Krav Brounderhåll, ver 3.0 (TDOK 2013:0415)
- Krav Bärighetsberäkning av broar, ver 4.0 (TDOK 2013:0267)
- Krav Förvaltningsdata (TDOK 2013:0263)

3.3 TRAFIKVERKETS RÅD

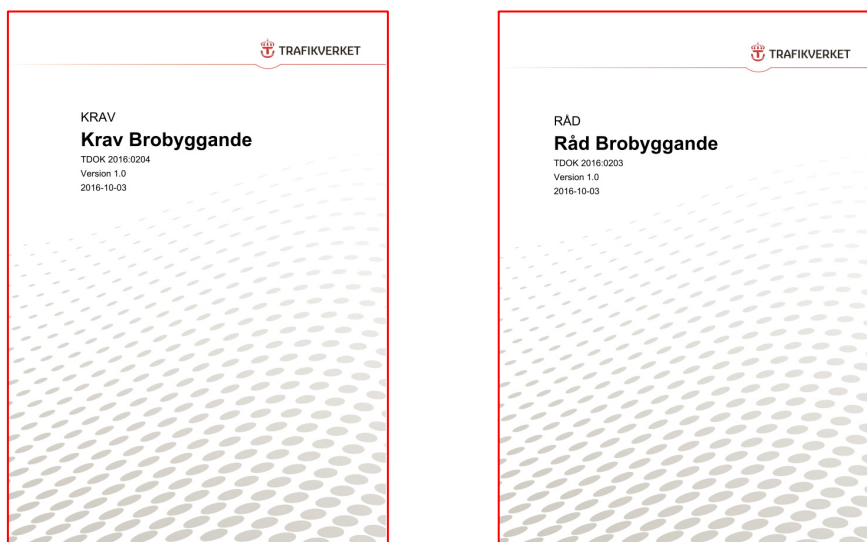
I anslutning till trafikverkets kravdokument finns råd i en motsvarande publikation, se exempel "Brobyggande" i Figur 3. Dokumenten har samma indelning och rubriker. Under vissa rubriker finns det innehåll endast i kravdokumentet och under vissa endast i rådsdokumentet.

Dessa råd tillämpas av Trafikverket:

- Råd Brobyggande, ver 1.0 (TDOK 2016:0203)
- Råd Tunnelbyggande, ver 1.0 (TDOK 2016:0232)

- Råd Bärighetsberäkning av broar, ver 4.0 (TDOK 2013:0273)
- Råd Brounderhåll, ver 1.0 (TDOK 2013:0416)

Utformningar, dimensioneringsmetoder etc. som anges i råden får anses vara accepterade tillämpningar av kraven.



Figur 3. Trafikverkets krav och råd för brobyggande.

4 Allmänhetens säkerhet och det juridiska ansvaret

Som tidigare konstaterats följer det med att vara ägare och förvaltare av en eller flera broar ett stort ansvar för funktionen och säkerheten på och vid bron. Det åligger broägaren att se till att kraven i lagar, förordningar och föreskrifter gällande broar är uppfyllda. Bästa möjliga och tillgängliga teknik för att göra detta i Sverige beskrivs i Trafikverkets kravdokument.

Det är med andra ord helt nödvändigt att ägarförhållandena är utredda för en bro och om ägaren får statligt bidrag för att upprätthålla lagstadgad standard på bron eller inte, eftersom Trafikverket tar ansvar för all inspektion och bärighetsklassning av bro med statligt bidrag. Ansvaret för att underhåll utförs och att krav uppfylls åligger dock alltid ägaren av bron även om den har statligt bidrag.

4.1 TRAFIKOLYCKOR OCH OLYCKOR TILL FÖLJD AV BRISTANDE UNDERHÅLL

Det juridiska ansvaret för skador, som uppkommer till följd av olyckor som skett på grund av bristande underhåll eller krav som inte uppfyllts, ligger på ägaren av bron. I plan- och bygglagen SFS 2010:900 kap 8, 4 § finns konkreta egenskapskrav som enligt 14 § ska upprätthållas, se citat nedan:

"Underhåll och varsamhet

14 § Ett byggnadsverk ska hållas i vårdat skick och underhållas så att dess utformning och de tekniska egenskaper som avses i 4 § i huvudsak bevaras. Underhållet ska anpassas till omgivningens karaktär och byggnadsverkets värde från historisk, kulturhistorisk, miljömässig och konstnärlig synpunkt."

"Byggnadsverks tekniska egenskaper

4 § Ett byggnadsverk ska ha de tekniska egenskaper som är väsentliga i fråga om

1. bärförmåga, stadga och beständighet,
2. säkerhet i händelse av brand,
3. skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljön,
4. säkerhet vid användning,
5. skydd mot buller,
6. energihushållning och värmeisolering,
7. lämplighet för det avsedda ändamålet,
8. tillgänglighet och användbarhet för personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga,
9. hushållning med vatten och avfall, och
10. bredbandsanslutning."

Några prejudicerande fall med olyckor på privat ägda broar med statligt bidrag har inte hittats i denna studie, vilket gör att det är svårt att säga hur utfallet av en sådan händelse skulle bli. Det skulle sannolikt bero på vilken orsak till olyckan man skulle kunna finna och kunna bevisa.

Ett av flera problem med allmänhetens trafik på energibolagens broar är att uppsatta skyltar med lastbegränsning inte alltid respekteras. Detta innebär att broarnas dimensionerade bärförmåga riskerar att överskridas. Problemet är dock inte unikt för energibolagens broar utan är generellt för alla broförvaltare. Det är den enskilde trafikantens ansvar att följa uppsatt skyltning och gällande bestämmelser för fordonsvikter.

4.2 BROAR OCH DAMMSÄKERHET

4.2.1 Broars betydelse för dammsäkerheten

2015 publicerades en studie av dåvarande Elforsk som kartlade omfattningen av allmänna vägar över och vid dammar och lyfte fram de aspekter på allmänt trafikerade vägar på dammar som kan innebära dammsäkerhetsrisker. Den diskuterade också möjliga lösningar för att förebygga och minska sådana risker. En sammanfattning av denna rapport, rörande delar relevanta för broförvaltning, återges i denna rapport under avsnitt 6.5.

För de fall där broar är byggda i nära eller direkt anslutning till dammanläggningar har de ofta en betydelse för dammsäkerheten på åtminstone två olika sätt, dels som *tillfartsvägar* till anläggningen och dels som *arbetsplattform och uppställningsplats* vid t.ex. reservmanövrering av luckor med mobilkran eller vid reparationsarbeten.

Detta betyder att kraftindustrins broägare, förutom tidigare nämnda ansvar för funktion och säkerhet på själva bron, även har ansvar för konsekvenser av skador på egna broar med avseende på dammsäkerheten enligt Miljöbalken.

4.2.2 Olyckor som påverkar dammsäkerheten

Vidare kan en trafikolycka på en bro påverka dammsäkerheten genom att förändra eller förhindra funktionen för de avbördande systemen. För de fall där bron ägs och förvaltas av kraftindustrin är rimligtvis ansvaret även deras eget, precis som för de egna dammarna.

Frågan om hur det juridiska ansvaret för allmänhetens säkerhet fördelas vid olyckor på andras, ofta Trafikverkets eller samfälligheters, brokonstruktioner som har betydelse för dammsäkerheten skulle kunna uppkomma. Antag t.ex. att en bro, som ägs och förvaltas av Trafikverket, havererar på grund av bristande underhåll och hindrar avbördningen i ett utskov under en höglödessituation med efterföljande dammhaveri och skador. Några prejudicerande fall med denna typ av olycka finns inte i Sverige, såvitt författarna känner till, vilket gör det är mycket svårt att säga hur utfallet av en sådan händelse skulle bli.

5 Trafikverkets rutiner

5.1 ALLMÄNT

Trafikverket är en statlig förvaltningsmyndighet som grundades första april år 2010, då Banverket och Vägverket slogs samman till en myndighet. Trafikverket, som är den största broförvaltaren i Sverige, har väl inarbetade och fungerande rutiner för broförvaltning som även tillämpas av de flesta kommuner och flera andra konstbyggnadsförvaltare såsom t.ex. landsting och hamnar.

Trafikverket har tagit fram ett komplett förvaltningsverktyg, BaTMan (Bridge and Tunnel Management), som hanterar hela förvaltningsprocessen under en konstruktions livslängd. Förvaltningssystemet BaTMan är ett digitalt webbaserat verktyg genom vilket användare såsom förvaltare, konsulter och planerare får stöd i förvaltningsarbetet kring såväl inspektion som upphandling och åtgärd.

Trafikverkets metodik som ligger till grund för förvaltning av byggnadsverk och konstruktioner finns beskriven i BaTMans handbok. Denna finns att tillgå på "<https://batmanhandbok.trafikverket.se/>". Ägare och förvaltare av BaTMan:s handbok är Trafikverket.

Handboken beskriver genomförandet av de olika förvaltningsstegen samt hur dessa dokumenteras. Dessutom finns mätmetoder, begrepp och definitioner, kodförteckningar m.m. beskrivna.

5.2 DOKUMENTATION

Brobeståndet på de allmänna vägarna hanteras i Trafikverkets system BaTMan och data finns i NVDB (nationella vägdatan). Här läggs broarnas grunduppgifter in och hålls uppdaterade under brons livslängd.

Grunduppgifterna består av följande ärenden.

- Allmänna uppgifter
- Ritningar
- Konstruktionsuppbyggnad
- Tekniska uppgifter
- Bärighet
- Passager

De allmänna uppgifterna består av identitetsnummer, konstruktionens benämning, ägare, förvaltare, belägenhet och geografisk placering.

5.3 INSPEKTION

I BaTMans handbok anges att *inspektionerna ska klargöra broarnas fysiska och funktionella tillstånd samt ge underlag för planering och genomförande av sådana åtgärder som krävs för att säkerställa ställda krav på både kort och lång sikt.*

Skador på broar ges en tillståndsklass, TK, där klassen anger när skadan bedöms behöva åtgärdas för att konstruktionselementets funktion ej ska bli bristfällig. I

nedanstående tabell visas tillståndsklasserna samt inom vilken tidsperiod som åtgärd bör ske.

Tillståndsklass	Åtgärd inom	Förklarande text
3	1 år	Bristfällig funktion vid inspektionstillfället
2	3 år	Bristfällig funktion inom 3 år
1	10 år	Bristfällig funktion inom 10 år
0	–	Bristfällig funktion bortom 10 år

Om en konstruktionsdels funktionella skick har bedömts som TK 2 ska dess brister åtgärdas innan delens funktion försämras ytterligare. En konstruktionsdel vars skick bedömts som TK 3 ska utredas snarast. Vid behov genomförs ytterligare utredningar som syftar till att klargöra tillståndets påverkan på elementets funktion och hur det avspeglas på säkerheten. Om utredaren anser att den av inspektören gjorda bedömningen är korrekt tas åtgärdsstrategier fram baserat på inspektionsunderlaget

Nedan beskrivs förekommande inspektionstyper och inspektionsintervall på Trafikverkets broar.

5.3.1 Fortlöpande inspektion

Syfte

Inspektionens syfte är att upptäcka akuta skador som kan påverka trafiksäkerheten och konstruktionens bestånd på kort sikt.

Omfattning

Inspektionen avser brons översida samt till bron anslutande vägbankar.

Tidsintervall

Inspektionerna utförs kontinuerligt av underhållsentreprenör, lämpligen i samband med inspektion av vägnätet.

5.3.2 Översiktlig inspektion

Syfte

Inspektionen syftar till att verifiera att de krav som ställs i underhållsentreprenaderna är uppfyllda.

Omfattning

Inspektionen avser de konstruktionsdelar och element för vilka krav på egenskaper och åtgärder ställts.

Tidsintervall

Inspektionerna utförs av underhållsentreprenör minst en gång per år

Kompetens

Inspektionerna genomförs av personal med god kunskap om förekommande mätmetoder samt kännedom om broarnas konstruktiva uppbyggnad och verkningssätt.

5.3.3 Huvudinspektion*Syfte*

Inspektionens syfte är att upptäcka och bedöma sådana brister som kan påverka konstruktionens funktion eller trafiksäkerheten inom en tioårsperiod.

Syftet är också att upptäcka sådana brister, som om de inte åtgärdas inom tidsperioden, kan leda till förhöjda förvaltningskostnader samt att kontrollera att de i underhållsentreprenaden ställda funktionskraven är uppfyllda.

Omfattning

Samtliga konstruktionsdelar, även de i vatten, inspekteras på handnära avstånd. I samband med huvudinspektionen utförs även erforderliga mätningar för att fastställa bland annat bottenprofiler, kloridhalt och karbonatisering i betong, korrosion på armering och sprickor i stålkonstruktion.

Tidsintervall

Inspektioner ska genomföras med maximalt sex års tidsintervall.

Kompetens

Inspektionerna ska utföras av personal som har följande kompetens:

- ingenjörsutbildning
- kunskap om Trafikverkets inspektionsmetodik erhållen genom flerårig praktisk tillämpning eller genom teoretisk utbildning t.ex. Trafikverkets inspektionsutbildning
- erfarenhet av mätning och bedömning av det fysiska och funktionella tillståndet med hjälp av mätmetoder framtagna för det specifika byggnadsverket och dess konstruktionselement
- kunskap om konstruktioners beständighet och de nedbrytningsprocesser som konstruktionerna är utsatta för
- kunskap och erfarenhet att prognostisera skadeutveckling
- kunskap och erfarenhet av att finna lämpliga teknisk-ekonomiska lösningar för skadornas åtgärdande

5.3.4 Allmän inspektion

Syfte

Uppföljning av de vid närmast föregående huvudinspektion gjorda bedömningarna av sådana skador som inte är åtgärdade.

Upptäcka och bedöma sådana skador som, om de inte hade upptäckts förrän vid nästa huvudinspektion, skulle ha inneburit otillfredsställande bärighet eller trafik-säkerhet eller lett till väsentligt ökade förvaltningskostnader.

Kontrollera att de i underhållsentreprenaden ställda funktionskraven är uppfyllda.

Omfattning

Samtliga konstruktionselement, utom element i vatten, inspekteras. Inspektionen genomförs på ett sådant avstånd och med eventuella optiska hjälpmedel, att ovanstående syften uppnås.

Tidsintervall

Inspektionerna ska genomföras med max tre års tidsintervall – med huvudinspektion inräknat. Kravet gäller endast broar med en teoretisk spännvidd i längsta spannet större än 5,0 m.

Kompetens

Inspektionerna genomförs med personal som uppfyller de krav som gäller för huvudinspektion.

5.3.5 Särskild inspektion

Syfte

Den särskilda inspektionen görs då så erfordras, för att närmare undersöka de vid regelbundna inspektioner konstaterade eller förmodade bristerna.

Omfattning

Exempel på sådan undersökning är ultraljudsprovning för inspektion av svetsar på stålkonstruktioner och särskild inspektion av berg.

Inspektionen utförs även av maskinell och elektrisk utrustning på rörliga broar för att dessa för trafikanten och ägaren ska fungera på ett tillförlitligt och ekonomiskt sätt.

För några av de särskilda inspektionerna finns fördjupade beskrivningar.

- Svets
- Tätskikt
- Maskinell och elektrisk utrustning

Dessutom finns särskilda inspektioner för följande områden;

- Mätning/Kontroll

- Berg
- Miljö
- Nit/Skruv
- Under vatten

Tidsintervall

Tidsintervallet specificeras beroende på typ av särskild inspektion som avses.

Kompetens

Inspektionerna genomförs med personal som uppfyller de krav som gäller för huvudinspektion samt eventuell specialkompetens som behövs.

5.4 PLANERING

I BaTMan finns en planeringsmodul, som är en central del och ett nav i den strategiska förvaltningen. Planeringen utförs för varje objekt och ska klargöra huvudstrategin för det enskilda objektet, men också utgöra underlag till en framtida prioritering för hela beståndet av konstruktioner. Trafikverkets planeringsarbete är indelat i objektplanering, långsiktig planering och kortsiktig planering.

Objektplaneringen är en del av den operativa förvaltningen, där målet är att för minsta möjliga kostnad över tid kunna uppfylla de av samhället ställda kraven på brokonstruktioner. Med objektspecifik planering fastslås åtgärdsbehovet och strategier skapas för varje enskild konstruktion i syfte att vidare kunna uppnå god funktionell standard till lägsta livscykelkostnad. En åtgärdsstrategi beskriver hur de brister som en konstruktion besitter ska åtgärdas på ett specifikt sätt.

De framtagna strategialternativen ställs sedan mot varandra för att kunna urskilja vilket alternativ som ger störst samhällsekonomiska vinst.

Det mest samhällsekonomiska alternativet benämns S1-strategi och förses med en giltighetsperiod, vanligtvis tre till fem år, som avser inom vilken tid det är teknisk möjligt att genomföra strategins första åtgärd utan att konstruktionen försämras.

En riskanalys utförs i syfte att åskådliggöra vilka konsekvenser som uppstår om S1-strategin inte tillhandahålls de medel som behoven avser. Riskanalysen mynnar ut i nästa tänkbara strategi, S2, som tillämpas då S1-strategins första åtgärd inte genomförs inom giltighetsperioden. En åtgärd, som inte tilldelas medel som täcker behovet eller som inte utförs inom den utsatta giltighetsperioden, kan leda till att S1-strategin inte längre anses som samhällsekonomiskt lönsam. En S2-strategis främsta syfte är att beräkna lönsamheten för S1-strategin.

Den valda strategin ligger sedan till grund vid upprättandet av kravspecifikationen för utförande av åtgärder och vid den kortsiktiga planeringen där prioriteringar görs inom ekonomiska ramar. Efter att åtgärdsbehovet klarlagts kan underlag för ansökan om medel tas fram.

6 Vattenkraftindustrins rutiner

6.1 ALLMÄNT

För att få en bild av vattenkraftsindustrins rutiner måste man veta att vattenkraftsindustrin i Sverige består av ett stort antal aktörer och dammägare. De största elproducenterna är: Vattenfall, Fortum, Uniper, Skellefteå Kraft, Statkraft, Holmen Kraft, Jämtkraft, Umeå Energi och Tekniska Verken i Linköping. En av de större dammägarna är också Vattenregleringsföretagen, som dock inte producerar el. Bland alla dessa bolag varierar storleken på broinnehavet från en handfull till ett hundratal broar. Lika mycket varierar storleken, typen och åldern på broarna, från brolängder på två meter till över 100 m och från stenalvsbroar byggda i början av 1900-talet till moderna stål- och betongbroar. De större aktörerna inom vattenkraftsindustrin har dessutom regionala eller lokala organisationer som sköter den dagliga driften och underhållet av anläggningarna.

Med denna bakgrund är det lätt att förstå att rutinerna skiljer sig åt i olika bolag och vid olika anläggningar. Inga gemensamma riktlinjer för broförvaltning, likt de som finns för dammsäkerhet, finns idag inom vattenkraftsindustrin.

6.2 KRAFTFÖRETAGENS RIKTLINJER FÖR DAMMSÄKERHET, RIDAS

1997 utkom den första versionen av RIDAS. Den senaste versionen är nu från 2012, med kapitel 1–3 reviderade 2016. RIDAS, liksom dammsäkerhetsarbetet, är under ständig utveckling. Riktlinjerna är inte lag eller förordning och de ska inte heller uppfattas som föreskrifter utan ses som ett stöd i respektive medlemsföretags dammsäkerhetsarbete.

RIDAS är, som namnet antyder, helt inriktad på dammar och dammsäkerhet. När det gäller dammsäkerhet ser man, i RIDAS, på dammen som ett system av flera funktioner. Eftersom broar ofta är en del i detta tekniska system har de betydelse för dammsäkerheten.

I RIDAS kapitel 7 "Dammar, system och konstruktion" står det i avsnitt 7.1.1. om dammars tekniska systemfunktion: *"En damm består normalt av flera delar som funktionsmässigt bildar ett system. Funktionen i detta system är beroende av dammdelarnas funktion. Vid analys av en damms säkerhet skall den därför betraktas som en sammansatt systemfunktion vars säkerhet är beroende av säkerheten i delsystemens funktion."*

Vidare föreslås det i RIDAS 6.2.2.7. ett program för regelbunden tillståndskontroll, se Tabell 6.1, för att upprätthålla dammsäkerheten. RIDAS beskriver omfattningen av och syftet med tillståndskontrollerna "Inspektioner" och "Fördjupade inspektioner enligt följande:

6.2.2.4 Inspektion *"Inspektion, som omfattar alla anläggningsdelar som har betydelse för dammsäkerheten, skall vara beskriven i en instruktion och utföras med hjälp av checklista. Inspektionen dokumenteras i protokoll."...*"Syftet med inspektion är att återkommande värdera eventuella förändringar och verifiera säkerheten."

6.2.2.5 Fördjupad inspektion *”Den fördjupade inspektionen omfattar alla anläggningsdelar som har betydelse för dammsäkerheten.”...”Syftet med fördjupad inspektion är att återkommande få en samlad sakkunnig värdering av mätresultat, eventuella fel/brister eller andra förändringar som utgör underlag för bedömning av dammsäkerheten.”*

Tabell 6.1 Förslag till program för tillståndskontroll av dammar tillhörande konsekvensklasserna 1+, 1 och 2 från RIDAS 2012, 6.2.2.7 (Tabell 2)

Konsekvensklass	1+	1	2
Tillståndskontroll			
Driftmässig tillsyn	Fortlöpande	Fortlöpande	Fortlöpande
Dammätning	Fortlöpande	Fortlöpande	Fortlöpande
Funktionsprovning	1 gång/år	1 gång/år	1 gång/år
Inspektion	2 gånger/år	2 gånger/år	1 gång/år
Fördjupad inspektion	1 gång/3 år	1 gång/3 år	1 gång/6 år
FDU	1 gång/9 år	1 gång/12 år	1 gång/18 år

6.3 FÖRETAGSGEMENSAMMA RUTINER ELLER KRAV

Som stöd i arbetet att ta fram denna rapport har en referensgrupp med representanter från vattenkraftsindustrin funnits. Dessa har bidragit med material och svarat på frågor om hur broförvaltningen sköts idag inom deras respektive organisationer.

I det följande sammanfattas de gemensamma nämnarna för referensgruppens respektive organisationer med avseende på dokumentation, inspektion och planering.

6.3.1 Dokumentation

Hos de allra flesta representerade organisationer i referensgruppen finns det någon typ av broregister. Man är generellt sett väl medveten om vilka uppgifter man vill ska finnas i registret om broarna. Det är dock inte alltid att de önskade uppgifterna finns med i registret och dessutom är man i flera fall osäker på om alla broar man förvaltar eller äger finns med i registret.

Ritningar och teknisk dokumentation förvaras oftast tillsammans med övriga ritningar och dokument kopplade till en anläggning. Både digitala arkiv och fysiska arkiv med original eller kopior förekommer i branschen. Alla tillfrågade anser att information om broarna också bör finnas med i DTU-manualen för anläggningen.

6.3.2 Inspektion

I en stor majoritet av fallen, där referenspersonerna uppgett att broinspektioner i egen regi genomförs, är det i samband med ordinarie inspektioner eller fördjupade

inspektioner av hela anläggningen som detta genomförs. I några fall har det uppgetts att särskilda broinspektioner genomförts och att en brospecialist har anlitats.

6.3.3 Planering

Planering av underhåll och reparationer utförs generellt i samband med att andra åtgärder på anläggningen planeras. Detta för att det är svårt att finna synergieffekter i att planera alla broar för sig då de ofta är belägna med stora inbördes avstånd. Det finns större vinster i att utföra åtgärder samtidigt som andra liknande åtgärder på andra anläggningsdelar.

6.4 SPECIELLA FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR BROAR VID KRAFTVERK OCH DAMMAR

Det finns en rad speciella förutsättningar för broar vid kraftverk och dammar. Några viktiga exempel är:

- De kan utgöra en arbetsplattform för manuell luckmanövrering eller annat arbete vid utskov eller intag.
- Ibland förekommer spelkurar på utskoven som står nära trafikerade brobanor, vilket kan innebära speciella lösningar med hänsyn till arbetsmiljön.
- De kan utgöra en uppställningsplats för tunga fordon och kranar, t.ex. då en utskovslucka behöver lyftas med kranbil. Eftersom kranbilen är utrustad med stödben för att öka bilens stabilitet vid lyft kan bron utsättas för stora punktlaster. Det förekommer även spårbundna kranar på broar vid kraftverk och dammar.
- Broarna kan ofta även utgöra stöd för nålar eller gåtar.

Som tidigare berörts är det dessutom omöjligt att bortse från att funktionen hos broar vid kraftverk och dammar har stor, ibland avgörande, betydelse för dammsäkerheten, vilket gör att konsekvenserna av en brist riskerar att bli betydligt större än för en genomsnittlig bro.

6.4.1 Dimensioneringsförutsättningar

Inom ramen för arbetet med denna rapport har även svar på frågan om broar vid kraftverk generellt är dimensionerade för punktlaster från kranbilars stödben sökts. Kortfattat är slutsatsen att man *inte* kan säga att broarna generellt skulle vara dimensionerade för detta. Dock finns, vid flera anläggningar, anvisningar om var stödben ska placeras och hur stora lasterna får vara. I många fall har uppgifter om belastningar etc. kompletterats när det behövs vid arbeten med mobilkranar mm som utgjort en ovanligt stor last på bron.

6.5 ELFORSK RAPPORT 14:66, DAMMAR MED ALLMÄNNA VÄGAR - DISKUSSION OM RISKER OCH LÖSNINGAR, 2015.

2015 publicerades en studie av dåvarande Elforsk som kartlade omfattningen av allmänna vägar över och vid dammar och lyfte fram de aspekter på allmänt trafikerade vägar på dammar som kan innebära dammsäkerhetsrisker. Den disku-

terade också möjliga lösningar för att förebygga och minska sådana risker. I studien konstaterades att exempel på inträffade skador, som orsakats av vägen eller trafiken finns, men de är relativt få. Man menade att i de flesta fall kan åtgärder vidtas som minskar, men sällan eliminerar, olägenheterna med vägar över dammar. Risker och problem knutna till förvaltning av broar som identifierades i en enkätundersökning var; hjul/axeltryck på brobanor över utskov eller intag; tösaltning och följande betongskador; last eller fordon kan hamna i vattnet och blockera utskov.

En bakgrund till studien var att trafiksituationen har förändrats jämfört med den som rådde då flertalet av dammarna byggdes. Lastfordonen har blivit större och tyngre och trafikintensiteten har ökat. Tyngdpunkten i studien låg på vägar på fyllningsdammarna, men de aspekter som berörde broar har sammanfattats nedan i citatform.

6.5.1 Överbelastning av brobanor

Överbelastning av brobanor över utskov och intag kan vara ett problem och i ett fall har detta lett till omfattande skador på en brobanas upplag. En viktig orsak till det inträffade var avsaknad av samråd med dammägaren vid kommunal samhällsplanering samt att trafikanter nonchalerat skyltade restriktioner. Ibland saknas dokumenterade beräkningar av vilken trafiklast som broarna kan bära och skyltningen av tillåten belastning är inte utförd enligt modern standard. Rutiner för bättre samverkan med myndigheter och väghållare behöver utvecklas.

Risken för att allvarlig olycka ska inträffa på grund av överbelastning av brobana bedöms som liten när det gäller de större dammarna. I fall där utskovsluckors falsar och gåtar är förbundna med brons bärande delar kan dock deformation av brobanan även leda till deformationer som skadar utskovsfunktionen.

Vid 14 % av dammarna med väg öppen för allmän trafik har i enkäten angetts att överbelastning av brobanor kan vara ett problem.

Vid intervjuer har framkommit att det relativt ofta saknas dokumenterade beräkningar av vilken trafiklast broarna kan klara av och att skyltning av tillåten belastning i många fall inte överensstämmer med idag gällande standard.

Ansvarsfördelningen mellan dammägaren och väghållaren är enligt vad som framkommit vid intervjuer ofta oklara. Dammägarrepresentanter som intervjuats ifrågasätter om dammägaren överhuvudtaget har blivit tillfrågade av väghållare vid bestämning av vägens/brons bärighetsklass (BK1–BK3).

Några av de intervjuade har framhållit att de har problem med att hitta fungerande samarbetsformer med Trafikverket i dessa frågor. Även andra väghållare, som mindre vägföreningar, är ofta svåra att samverka med på grund av att förvaltningsorganisation som kan ta beslut mellan årsmötena ofta saknas.

6.5.2 Genomförda och tänkbara åtgärder

Dammägaren bör se till att ansvarsfördelningen mellan väghållare och dammägare klargörs samt att det finns rutiner för samråd vid bestämning av bärighetsklass och vid dispensärenden för tunga transporter. Beskrivning av ansvarsfördelningen bör enligt arbetsgruppens uppfattning finnas i anläggningens DTU-manual.

Tillåten belastning bör bestämmas genom beräkning samt dokumenteras och skyltas enligt nu gällande standard.

Trafikverket har utvecklat bro- och tunnelförvaltningssystemet "BaTMan" som finns tillgängligt på internet till hjälp för förvaltning, inspektion och kontroll av broar och andra konstruktioner. Eventuell anslutning till systemet kan vara värt att undersöka närmare.

Dammägarna bör fortlöpande och aktivt bevaka förändringar i samhällsplanering. Ett sätt kan vara att ha en stående punkt om detta på agendan för Älvgruppsmöten. På så sätt kan dammägarna få kännedom om aktuella förändringar i bebyggelse och infrastruktur som kan påverka dammarna och eventuellt kräva någon form av agerande från ägarens sida.

6.5.3 Korrosionsproblem av tösaltning

Problemet bedöms av arbetsgruppens medlemmar som relativt litet. Tösaltning på betongbroar och angränsande konstruktioner som inte har fungerande isolering mot inträngning av kloriderna resulterar på sikt i armeringskorrosion som i sin tur ger avspjälkning av täcksiktet. När skadorna gått så långt blir reparationer kostsamma. Tösaltning innebär också ökade problem med korrosion på stålkonstruktioner m.m. I enkätsvaren anges det för 11 % av dammarna med väg öppen för allmän trafik att tösaltningen i det långa loppet kan orsaka skador på betongbroar och stålkonstruktioner i anslutning till vägar som saltas eller sandas med saltnnehåll. I ett fall anges att skador av tösaltning på betongbro över utskov och intag har konstaterats.

6.5.4 Genomförda och tänkbara åtgärder

Tillståndskontroll och underhåll av broars skydd mot kloridinträngning bör göras regelbundet vid anläggningar där tösaltning förekommer. Rutiner för detta bör utarbetas och föras in i DTU-manual. Det tidigare omnämnda bro- och tunnelförvaltningssystemet "BaTMan" som finns tillgängligt på internet via Trafikverket kan eventuell vara till hjälp även för detta.

6.5.5 Sammanfattande kommentar till Elforsk rapport 14:66

Det man kom fram till i ovanstående rapport 2015 bedöms fortfarande vara relevant och riktigt och eftersom den bl.a. bygger på enkätundersökningar speglar den synen som broförvaltarna inom kraftindustrin har på olika frågor.

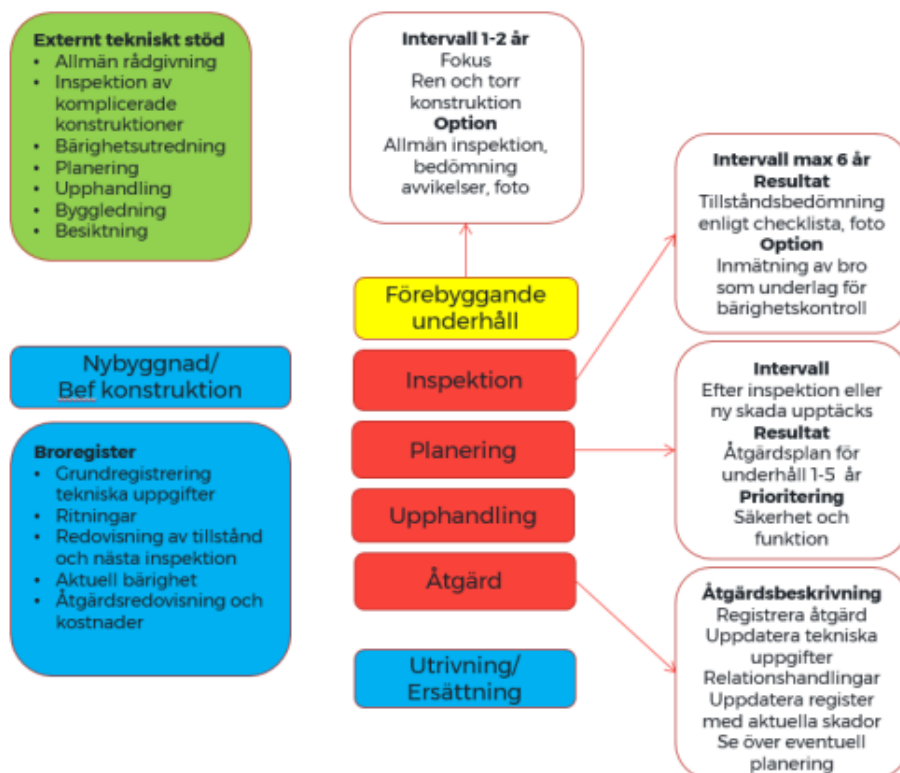
När det gäller anslutning till och användning av BaTMan redogör författarna av denna rapport för sina erfarenheter under avsnitt 7.2.3, vilka ger vid handen att det inte är säkert att det är möjligt för privata aktörer att ansluta sig till BaTMan, men att det vore bra.

7 Förslag på rutiner för broförvaltning

7.1 INLEDNING

I kapitel 2 "Allmänt om broförvaltning" beskrevs processen förvaltning med ett antal generella övergripande aktiviteter. För den enskilda ägaren med ingen eller ringa erfarenhet kan fler av dessa aktiviteter behöva brytas ned, för att ge bättre förståelse och nödvändig vägledning. Illustrationen nedan, Figur 3, är tänkt att ge en tydligare bild av de centrala aktiviteterna i den föreslagna processen. För att ge stöd och innehåll till flera av dessa aktiviteter beskrivs i detta kapitel några av aktiviteterna lite mer ingående och utgör ett förslag på rutiner för broförvaltning inom kraftindustrin.

Som ägare och förvaltare av en eller flera broar följer, som tidigare konstaterats, också ett stort ansvar för funktion och säkerheten på och vid bron. Ett råd är att konsultera någon form av externt tekniskt stöd, som kan bidra med kompetens och ge god vägledning i mer komplicerade frågor.



Figur 4. Processen broförvaltning

7.2 DOKUMENTATION

7.2.1 Grunduppgifter

Hos vattenkraftsindustrins broförvaltare finns, i de flesta fall, någon form av registerhållning/brojournal. Förvaltningen av en konstruktion eller ett bestånd av konstruktioner underlättas avsevärt om broregistret har en struktur som motsvarar de aktiviteter som redovisas i illustrationen ovan.

Systemet bör vara digitalt och ge förvaltaren möjlighet att grundregistrera och koppla dokument till varje enskild konstruktion.

Förslag på övergripande krav: (lika Trafikverkets övergripande krav)

- Då en bro byggs, förbättras eller underhålls ska åtgärderna dokumenteras.
- Då befintliga skyddsanordningar byts ut ska kraven för ny bro tillämpas.

7.2.2 Aktuellt tillstånd

Redovisningen i systemet ska ge ägaren en aktuell status av konstruktionens tillstånd (skador), bärighet och planerade åtgärder inklusive bedömda kostnader.

För att inspektionen oberoende av inspektör ska kunna utföras metodiskt och på ett likartat sätt bör en inspektionsblankett tas fram. Denna kan mycket väl vara digital. Där redovisas vilka konstruktionsdelar som omfattas av inspektionen, vilka fysiska egenskaper som ska vara uppfyllda och vilka kontroller och mätningar som ska utföras. Till hjälp finns en checklista i avsnitt 8.5 och förslag på kravspecifikationer i avsnitt 7.5.3. Det bör även finnas utrymme för anteckningar av mätvärden och övriga anmärkningar. Alla skador bör ges ett ID-nummer och fotograferas.

7.2.3 Varför inte BaTMan?

Det kan tyckas vara naturligt och en bra lösning att använda sig av Trafikverkets system BaTMan för dokumentation och hantering av data rörande broförvaltning och att, liksom 112 av Sveriges 290 kommuner, Storstockholms lokaltrafik och Göteborgs Hamn, skriva avtal med Trafikverket om att använda systemet. Tyvärr är det inte självklart att detta är en möjlighet för energibolagen i Sverige, då Trafikverket hittills nekat privata aktörer i skogsindustrin att använda systemet. Såvitt författarna till denna rapport känner till har inte frågan om energibolagens användning av BaTMan prövats, men resultatet av skogsbolagens ansökan är en indikation på vad man kan förvänta sig. Skulle det ändå vara en möjlighet rekommenderas detta om brobeståndet är tillräckligt stort för att rättfärdiga den årliga avgiften för att använda BaTMan.

Ur ett medborgarperspektiv kan man hoppas att systemet öppnas för alla ägare av broar. Det finns idag inget annat system som är så väl utvecklat och ger ägaren en så god kontroll över aktuellt tillstånd och vad som behöver göras för att vidmakthålla, återställa eller förbättra en konstruktions funktion.

7.3 BROINSPEKTION

7.3.1 Allmänt

Inspektionens övergripande syfte är att upptäcka och bedöma brister som påverkar konstruktionens funktion eller säkerhet. Det är också viktigt att inspektioner utförs systematiskt och regelbundet för att kunna följa utvecklingen av en enskild skada eller brist. Inspektionen ska även utgöra underlag för planering av underhåll och reparation samt bidra till att minska eller begränsa underhålls- och förvaltningskostnader.

Vid inspektionen ska iakttaga brister och skador dokumenteras och fotograferas. Det är därför viktigt att ytor på bron är åtkomliga och fria från vegetation och föroreningar.

Ägaren eller ansvarig för planering av inspektioner bör även utreda om ytterligare kontroller ska utföras vid inspektionstillfället. Det är lämpligt att inspektören vid platsbesöket exempelvis även gör nödvändiga inmätningar som underlag för bärighetsutredning om dessa saknas.

Planering och inspektionens genomförande finns mer detaljerat beskrivet i avsnitt 8. "Handledning i broinspektion". Inspektioner av mer komplicerade konstruktioner bör utföras av specialist.

7.3.2 Inspektionstyper och inspektionsintervall

Rekommendationen från denna rapports författare är att tillämpa Trafikverkets inspektionstyper och inspektionsintervall som beskrivits i tidigare avsnitt 5.3.

Tillämpas RIDAS intervaller för fördjupade inspektioner på tre respektive sex år beroende på konsekvensklass för huvudinspektioner på broar i anslutning till anläggningen så uppfylls även Trafikverkets krav på huvudinspektion var sjätte år. Även kravet på allmän inspektion vart tredje år kommer att uppfyllas för broar vid dammar med de högre konsekvensklasserna.

7.3.3 Upphandling av broinspektionstjänster

För att handla upp lämplig personal för att utföra broinspektioner kan Trafikverkets krav med fördel användas, där det föreskrivs att inspektioner ska utföras av personal som har följande kompetens:

- ingenjörsutbildning
- kunskap om Trafikverkets inspektionsmetodik erhållen genom flerårig praktisk tillämpning eller genom teoretisk utbildning t.ex. Trafikverkets inspektionsutbildning
- erfarenhet av mätning och bedömning av det fysiska och funktionella tillståndet med hjälp av mätmetoder framtagna för det specifika byggnadsverket och dess konstruktionselement
- kunskap om konstruktioners beständighet och de nedbrytningsprocesser som konstruktionerna är utsatta för
- kunskap och erfarenhet att prognostisera skadeutveckling

- kunskap och erfarenhet av att finna lämpliga teknisk-ekonomiska lösningar för skadornas åtgärdande

När det gäller inspektion av broar över utskov och andra broar som ligger i nära anslutning till en dammanläggning är givetvis även en grundläggande förståelse för dammsäkerhet önskvärd.

7.4 UNDERHÅLLSPANERING

Iakttagelserna vid inspektionen ligger till grund för planering av underhåll och reparation. Beroende på typ av brist eller skada kan behovet av åtgärd vara akut eller planeras för åtgärd på lite längre sikt. Brister som påverkar säkerhet och bärighet eller funktion ska prioriteras. Övriga brister som påverkar beständighet ska värderas utifrån hur bristen påverkar konstruktionens funktionella egenskap. För varje konstruktion med brister finns det en optimal tidpunkt då en åtgärd bör utföras. Det finns naturligtvis flera sätt att identifiera denna tidpunkt för att avgöra när åtgärden ger bäst avkastning för insatt kapital.

Planeringen bör utföras av person med god erfarenhet av nedbrytningsprocesser och kunskap om hur olika brister påverkar konstruktionens egenskap och funktion.

Underhållsplanen innehåller plan för förebyggande underhåll (generellt, se avsnitt 7.5) och är objektspecifik beroende på typ av bro samt beroende på inspektionsanmärkningar.

För broar av trä bör en objektspecifik underhållsplan upprättas. För nyare träkonstruktioner upprättar normalt leverantören av träbron denna.

7.4.1 Åtgärdsbeskrivning

Trafikverket har samlat aktuella kostnader för åtgärder per konstruktionsdel och aktivitet i en à-prislista för broåtgärder. Dokumentet finns att söka ut via biblioteket på portalsidan för BaTMan, <https://batman.trafikverket.se/externportal>, se bilaga 5. À-prislistan innehåller kostnader för vanliga broåtgärder. Priserna är framtagna utifrån utförda entreprenader för underhåll och är ett snittpris av doku- menterade prissatta aktiviteter. Dessa kan med fördel även användas för andra aktörer och ägare av brobestånd. Oavsett ägare bör planerade åtgärder redovisas utifrån kända och konventionella aktiviteter, för att ge möjlighet för både beställare och entreprenör att bedöma och prissätta den tänkta åtgärden. När det gäller material, utförande och kontroll, utgår beskrivningen av aktiviteter från arbeten, s.k. produktionsresultat, redovisade i AMA Anläggning (AMA -> Allmän Material- och arbetsbeskrivning av Anläggningsarbeten).

Planeringen av aktiviteter eller åtgärdsbeskrivningen bör redovisas per konstruktionsdel och en bestämd aktivitet. Med bestämd aktivitet avses att den finns redovisad i en mät- och ersättningsregel. En fördel är att använda Trafikverkets struktur. Här följer ett antal exempel på vanligt förekommande åtgärder med redovisning av konstruktionsdel och aktivitet. Koden redovisas och kan återfinnas i à-prislistan med förslag på kostnad.

Kod	Åtgärd	Beskrivning
310.05	Frontmur – betongreparation	Åtgärden avser komplett arbete för att vidmakthåll en funktion. Reparationen avser del av eller hela ytan. Reparationen syftar till att laga en ytlig betongskada (ex. vittring).
930.81	Kantbalk – utbyte	Åtgärden avser komplett arbete för att återställa en funktion. Utbyte innebär att hela kantbalken ersätts. Kantbalkens funktion är att vara upplag för bro-räcket.
1005.81	Tätskikt – utbyte	Åtgärden avser komplett arbete för att vidmakthålla en funktion. Utbyte innebär att hela tätskiktet på bron ersätts. Tätskiktets funktion är att skydda underliggande konstruktion.
1205.81	Räcke – utbyte	Åtgärden avser komplett arbete för att återställa en funktion. Utbyte innebär att hela räcket ersätts med nytt. Räckets funktion är att skydda trafikanten från att köra av bron.

Det är lämpligt att upprätta två separata tekniska dokument för att beskriva en åtgärd. Dels en teknisk beskrivning av åtgärden, dels en mängdförteckning. Beskrivning bör tydligt redovisa vad som ska utföras och vad som ingår i respektive aktivitet. Som nämnts tidigare är det lämpligt att använda AMA Anläggning som beskrivningshjälpmedel. AMA Anläggning är en vedertagen beskrivning av material, utförande och kontroll. Till dessa dokument kan det vara lämpligt att även bifoga ritningar och/eller detaljerade skisser för förståelsen av åtgärden.

Genom att beskriva åtgärden på detta sätt, ger det en trygghet för både beställaren och entreprenören vad som avses och vad som gäller. Det är viktigt att förstå hur olika dokument förhåller sig till varandra då man planerar för och upphandlar en åtgärd. Det är därför lämpligt att man utgår från de generella branschgemensamma avtalsmallar för kontrakt som finns upprättade för olika typer av entreprenader.

7.5 FÖREBYGGANDE UNDERHÅLL

Alla konstruktioner behöver någon form av underhåll för att över tid uppfylla de krav som ställs på bland annat säkerhet och beständighet. Att avsätta resurser till ett förebyggande underhåll är en bra investering och kommer att leda till besparingar sett i ett livslängdsperspektiv.

Det förebyggande underhållet syftar till att vidmakthålla konstruktionens funktion och innehåller åtgärder som rengöring, växtbekämpning, sprickreparationer, återfyllnad av material etc.

Rengöring, kontroll och eventuella åtgärder bör utföras 1 gång per år.

7.5.1 Rengöring

Rengöring ska utföras genom högtrycksspolning med vatten som har arbetstryck 160–200 bar. Avståndet mellan munstycke och ytan som ska rengöras ska vara 15–25 cm.

7.5.2 Impregnering

En effektiv preventiv åtgärd är impregnering. Ytor av betong som är exponerade för vatten bör impregneras med ett vattenavvisande medel. Impregneringen ska påföras enligt tillverkarens anvisningar. Med impregnering är det möjligt att förhindra vatten och vattenlösta klorider att tränga in till armeringen.

Konstruktionsdelar som ofta utsätts för vatten och är viktiga att impregnera är:

- Kantbalkar
- Ving- och stödmurar
- Frontmurar
- Underutor på broplattor

Om dessa delar även utsätts för klorider är impregnering ännu viktigare.

7.5.3 Förslag på kravspecifikation för förebyggande underhåll

I tabellen nedan redovisas ett förslag på krav på egenskaper som skall upprätthållas med hjälp av förebyggande underhåll. Kraven är indelade per konstruktionsdel, brist och krav.

Tabell 7.1 Förslag på egenskapskrav som skall upprätthållas med förebyggande underhåll.

Konstruktionsdel	Brist	Krav
Slänt och kon	Urspolning	Urspolning > 0,2 meter bör åtgärdas
Slänt och kon	Växlighet	Fri från växlighet högre än 0,5 meter över markytan, avser även brons närmaste omgivning
Stöd, lagerpall	Förorening	Ren till 100 %, 1 gång per år
Huvudbärverk och övriga bärverk	Förorening (grus, moss, alger)	Ren till 100 %, 1 gång per år
Huvudbärverk och övriga bärverk	Klorider (salt)	Ren till 100 %, 1 gång per år
Upplagsanordning	Förorening	Ytor av stål ska vara rena till 100 %, 1 gång per år
Kantbalk	Räckesinfästning	Inga skador djupare än 20 mm
Kantbalk	Förorening (grus, moss, alger)	Ren till 100 %, 1 gång per år
Broana av trä	Lös	Slitplanken ska inte vara lösa.

Konstruktionsdel	Brist	Krav
Broana av trä	Fästdon	Inga spikar eller skruvar får sticka upp > 2 mm
Beläggning	Sprickor	Inga sprickor > 3 mm i asfaltbeläggningar
Beläggning	Sprickor	Inga sprickor > 1 mm i gjutasfaltbeläggningar
Beläggning	Sprickor	Inga sprickor > 0,5 mm i betongbeläggningar
Beläggning	Felaktig nivå	Överbeläggning får ej förekomma
Beläggning	Felaktig nivå	Beläggningsens överyta ska ligga högre än övergångskonstruktion, ytavlopp och kantskoningar
Beläggning	Ojämnhet	Slag vid broändar får ej förekomma
Räcke	Förorening	Rena till 100 %, 1 gång per år
Räcke	Skarvning	Navföljare på broräcke ska samverka med vägräcket
Räcke	Infästning	Skruvförband ska vara intakta
Övergångskonstruktion	Tätning	Gummimembran ska vara fria från läckage
Ytavlopp, stuprör	Genomflöde	Rena till 100 %, 1 gång per år
Ytavlopp, stuprör	Infästning	Intakta
Hela bron	Dämning	Bro över vatten ska vara fri från ansamlingar av flytande föremål

7.6 VÄGLEDNING I RIDAS FÖR BROFÖRVALTNING

Rekommendationen från denna rapportts författare är att inte tynga RIDAS med tillämpningsvägledningar för broförvaltning eller utveckla egna krav eller rekommendationer i RIDAS.

Däremot kan det vara lämpligt att hänvisa till befintliga krav och rutiner som framförallt tagits fram och kontinuerligt förnyas av Trafikverket.

8 Handledning i broinspektion

8.1 DEFINITIONER

Enligt Trafikverkets metodik räknas ett byggnadsverk som bro när den teoretiska spännvidden är större än två meter ($>2,0$ m). Med teoretisk spännvidd avses mått mellan konstruktionens statiska systemlinjer (systemlinje är normalt placerad centriskt i en konstruktionsdel). Konstruktioner med mindre spännvidd kallas vägtrumma oavsett konstruktionstyp.

En bro kan delas in i två huvudbeståndsdelar, *Underbyggnad* och *Överbyggnad*.

Underbyggnaden ska överföra laster från överbyggnaden till grunden.

Till underbyggnad räknas (i huvudsak)

- landfästen och
- eventuella mellanstöd

Ett landfäste kan bestå av en bottenplatta, frontmur, lagerpall, grusskift och vingmurar.

Överbyggnaden ska ta upp laster från egenvikt och trafiklast och överföra dess inverkan till underbyggnaden.

Huvudbärverk och huvudbärningsriktning är två andra viktiga begrepp.

- huvudbärverk -> benämning på element som primärt bär last
- huvudbärningsriktning -> den riktning i vilket ett element primärt bär last

Till överbyggnaden räknas (i huvudsak)

- brobaneplatta
- balkar, tvärbalkar
- lager

Överbyggnaden består även av flera andra konstruktionsdelar som kantbalkar, beläggning, räcken, fogar och avvattningssystem.

8.2 BROTYPER

I det följande beskrivs de vanligast förekommande brotyperna kortfattat. En mer omfattande beskrivning av brotyper och tillhörande Trafikverkskoder finns i BaTMans handbok, https://batmanhandbok.trafikverket.se/dokument/Bro_konstruktionstyper/, från vilken även figurerna i detta avsnitt är hämtade.

8.2.1 Plattbro

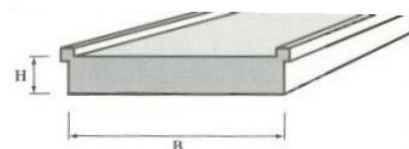
Allmänt

Historiskt är plattbron en tidigt förekommande brotyp. I modern tid har brons huvudbärverk (broplattan) vanligen utformats med en armerad betongplatta.

Plattbron kan även utföras av trä där plattan består av lameller som är hopspända med stålstag.

Beskrivning

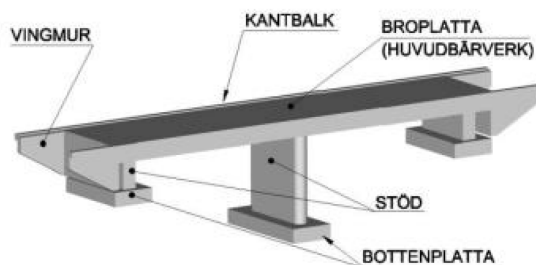
Det som avgör om bron ska definieras som platt- eller balkbro bestäms av huvudbärverkets förhållande mellan bredd och höjd där plattbrons bredd är minst fem gånger större än höjden ($B > 5 \times H$).



Figur 5. Platta

Plattan är upplagd på lager vid broändarna, ett fast lager som fixerar brons läge till bestämda punkter i upplagspallen och ett rörligt som tillåter rörelser på grund av bl.a. temperatur.

Plattbrons änd- och mellanstöd utformas oftast som skivor eller pelare. Ändstöden kan även utgöras av fristående, förhöjda eller integrerade landfästen. Plattbron kan utföras i ett spann eller kontinuerlig i flera spann.



Figur 6. Kontinuerlig plattbro

Användningsområde

Plattbron används oftast där tillgänglig konstruktionshöjd är begränsad eller vid små spannvidder.

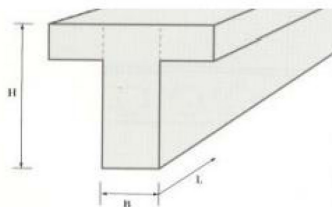
8.2.2 Balkbro

Allmänt

Även balkbron är historiskt en tidigt förekommande brotyp. Brons huvudbärverk (huvudbalkar) kan utformas av armerad betong, stål eller trä med ett sekundärt bärverk (brobanepatta) placerad ovanpå eller mellan huvudbalkarna.

Beskrivning

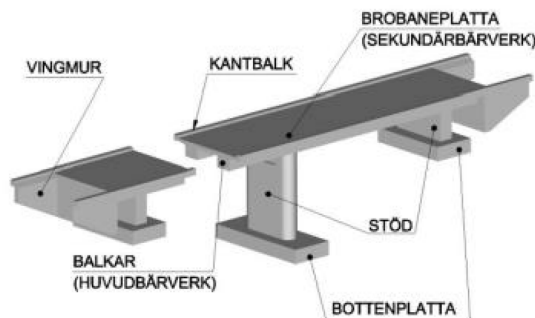
Det som avgör om en bro ska definieras som balk- eller plattbro bestäms av om dess huvudbärverk utgörs av en eller flera balkar där balken/balkarna har en bredd som är mindre än eller lika med fem gånger höjden ($B \leq 5 \times H$).



Figur 7. Balk

Balkbron utförs i ett eller flera spann där huvudbärverket vanligtvis är utformat med en eller flera balkar. För samverkan ska balkarna vara sammanbundna med tvärbalkar över stöd och i brospannets mitt. Balkarna är upplagda på lager vid broändarna, ett fast lager som fixerar bronns läge till bestämda punkter i upplagspallen och ett rörligt som tillåter rörelser på grund av bl.a. temperatur. Liksom för plattbron utformas oftast balkbrons änd- och mellanstöd som skivor eller pelare. Ändstöden kan även utgöras av fristående, förhöjda eller integrerade landfästen.

Landfästet som ofta består av sten på äldre anläggningar är ibland dåligt lagda, påverkade av tjäle eller av annan orsak deformerade med dålig passning mellan stenar som följd.



Figur 8. Kontinuerlig balkbro

Användningsområde

Stålbalksbron är en mycket vanligt förekommande brotyp över utskov och intag på äldre anläggningar.

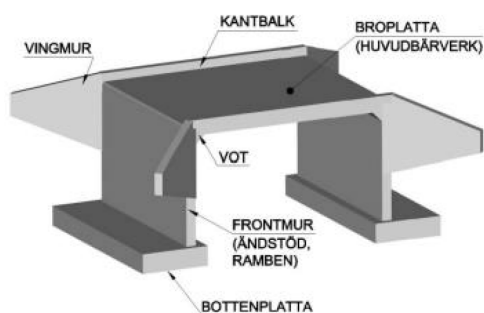
8.2.3 Plattrambro

Allmänt

Den mest förekommande brotypen på allmänt vägnät i Sverige är plattrambro. Den är dock inte så vanlig i direkt anslutning till dammar. Den kan vara utformad i ett eller flera spann och utförd i slak- eller spännarmerad betong.

Beskrivning

En plattrambro definieras av att huvudbärverket (broplattan) utförs inspänd i ändstöden (rambenen) och att armeringen har kontinuitet runt de övre ramhörnens utsidor. Om bron ska definieras som plattrambro eller balkrambro bestäms av kriteriet balk/platta, se tidigare beskrivning. Eventuella mellanstöd kan vara utformade som skivor eller pelare.



Figur 9. Plattrambro

Användningsområde

Den vanligaste typen av plattrambro är utförd i ett spann, med slakarmerad betong i spännvidder upp till ca 25 meter. Med spännarmerad betong kan spännvidden ökas upp till ca 35 meter. Plattrambron är förhållandevis billig att producera och har lång livslängd med litet underhåll.

8.2.4 Balkrambro

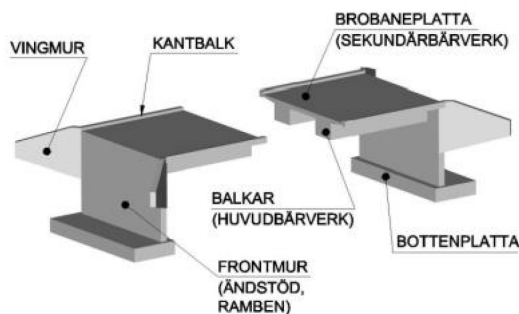
Allmänt

En vidareutveckling av plattrambron och balkbron är balkrambron. Den kan vara utformad i ett eller flera spann och utförd i slakarmerad eller spännarmerad betong.

Beskrivning

Balkrambron kan vara utformad med en eller flera balkar. Om bron ska definieras som balkrambro eller plattrambro bestäms av kriteriet balk/platta, se tidigare beskrivning.

Eventuella mellanstöd kan vara utformade som skivor eller pelare.



Figur 10. Balkrambro

Användningsområde

Den vanligaste typen av balkrambro är utförd i ett spann, med slakarmerade betong i spännvidder upp till ca 40 meter. Med spännarmerad betong kan spännvidden ökas upp till ca 50 meter.

På grund av höga produktionskostnader byggs inte balkrambroar idag. För mindre spännvidder har den ersatts av plattbron och plattrambron, och vid längre spann av balkbron.

8.2.5 Rörbro

Allmänt

Rörbroar kan utföras i betong, stål eller plast. En rörbro kan utföras med flera rör med mellanliggande fyllning för att undvika stora spännvidder. Är avståndet mellan rören mer än 10 meter ska det betraktas som skilda konstruktioner.

Beskrivning

Rörbroar av betong består av förtillverkade armerade element, vilka monteras ihop på plats. I ändarna av röret är de yttre elementen ofta förbundna mekaniskt för att minska konsekvenserna av rörelser i underliggande mark eller av erosion. Rörbroar av betong är styva konstruktioner som inte samverkar med omgivande jord.

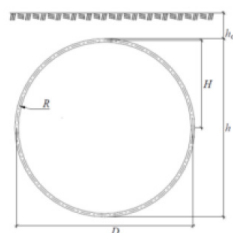
Rörbroar av stål tillverkas vanligen av valsade korrugerade plåtar, som skruvas ihop till önskat utförande. Rörbroar av stål kan utformas med olika typer av tvärsektion som cirkulär, vertikal ellips eller som lågbyggd, se figurer nedan. För cirkulära dimensioner förekommer även spiralfalsade plåtrör utan skruvförband.

Rörbroar av plast utformas enbart med cirkulär sektion och är relativt ovanliga i Sverige.

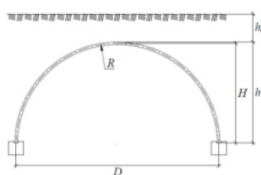
En variant är den s.k. valvbågen som är ett halvrör med upplag mot en betongplatta eller horisontell stålplatta.

Rörbroar och valvbågar av plast eller stål är flexibla konstruktioner som behöver stöd och samverkar med omkringliggande fyllning. Kringfyllningen måste därför vara av god kvalitet och väl packad.

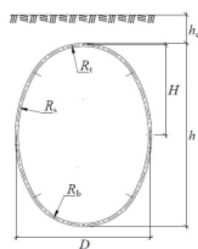
Rörbroar av stål kontrolleras särskilt i vattenlinjen, där risken för korrosion och materialförlust är som störst. När stålet är genomrostat finns det risk för att fyllnadsmaterialet runt bron spolas bort. Eftersom fyllnadsmaterialet samverkar med stålkonstruktionen är det mycket allvarligt och kan leda till att röret förlorar sin bärförmåga. Det är också viktigt att kontrollera att röret inte deformerats. Vid större deformation kan röret mista sin stadga och risk för ras kan förekomma även vid små belastningar.



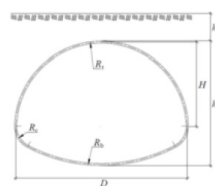
Cirkulärt rör med konstant radie



Valvbåge med en radie



Vertikal ellips



Lågbyggd profil

Figur 11. Rörbroar

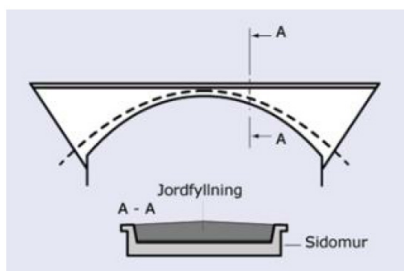
Användningsområde

Rörbroar av betong förekommer vanligen vid mindre spännvidder. Rörbroar av plast kan utföras med spännvidder upp till ca 3 meter. Konstruktioner av stål utförs vanligen med spännvidder från 2 meter till 15 meter. Överfyllnadsmaterialet bör inte understiga 0,6 meter.

8.2.6 Valvbro

Allmänt

Valvbron tillhör en av de äldsta brotyperna. Stenvalvsbroar representerar ofta ett stort kulturhistoriskt värde. Det är därför extra viktigt att vårda och underhålla dem på ett sådant sätt att kulturvärdena inte raseras.



Figur 12. Valvbro

Beskrivning

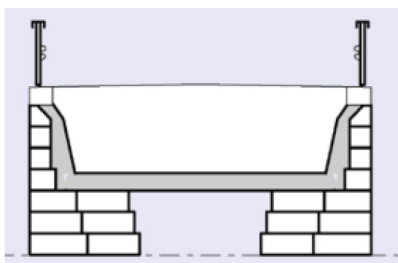
Valvbron kan delas upp i huvudelementen vederlag, valv med jordfyllning och sidomurar. Vederlagen utgör valvets stöd och valvet motsvarar bron överbyggnad.

De första valvbroarna av sten byggdes med naturligt utfallen sten eller sten som spräcktes till lämplig form. Valv byggda med denna typ av sten brukar benämnas valv av kilad sten. Under de senaste drygt hundra åren har istället huvudsakligen huggen sten använts, vilken kan vara satt i kallmur utan cementbruk eller med bruksfyllda fogar.

Valvbroar av sten är mycket känsliga för deformationer. Det är också viktigt för valvets funktion att jordtrycket runt valvet är jämt och utan variationer. Om bron har trafikerats med tunga fordon, och det inte finns några indikationer på att stenarna har ändrat läge, spruckit eller gått sönder, tyder det på att konstruktionen har tillräcklig kapacitet för den typ av trafik som nyttjat bron. Förekommer större deformationer eller förskjutningar, stenar som tryckts ut i valv och sidomurar e.d. bör dessa skador omgående analyseras av specialist för bestämning av eventuell åtgärd eller trafikbegränsningar.

Ett tjockare jordlager eller överfyllnad över valvet är ofta gynnsamt för dessa konstruktioner. På liknande sätt som för rörbron ger fyllningen upphov till tryckkrafter vilket starkt bidrar till bärförmågan.

Förstärkning av stenvalvsbroar kan utföras med en armerad pågjutning mot valv och sidomurar. Detta brukar kallas för att valvet är bakgjutet, se Figur 9.



Figur 13. Bakgjutning

Användningsområde

För vägtrafik kan valvbron av sten utföras i spännvidder upp till ca 17 meter och av betong upp till ca 30 meter. Valvbron kan utföras i ett eller flera spann.

På grund av de höga produktionskostnaderna är nybyggnad av valvbroar av sten idag mycket sällsynt. På moderna valvbroar utförs istället bron huvudbärverk av armerad betong (platsgjuten eller förtillverkad).

8.3 KONSTRUKTIONSDELAR OCH FUNKTIONELLA EGENSKAPER

Här redovisas varje konstruktionsdel och dess funktionella egenskaper. Funktionella egenskaper är en beskrivning av konstruktionsdelens primära uppgift och är nödvändiga att känna till då man ska bedöma en konstruktionsdels funktionella tillstånd med en tillståndsklass (TK0–TK3). För broar som konstruktion gäller att flera konstruktionsdelar samverkar med den gemensamma uppgiften att överföra laster från egenvikt och trafik från vägbana till grundläggning.

Grundläggning

- Överföra lasten från stödkonstruktionen till grunden
- Erosionsskydd: Skydda grundläggningen och bottenmaterialet mot urspolning

Slänt och kon

- Vara stöd för vägbank, frontmur, pelare, ving- och stödmur
- Förhindra urspolning
- Bank (utsträckning bakom stöd 1,3 x stödets höjd): Överföra last från trafik och egenvikt till grunden

Stöd

- Frontmur - Vara stöd för överbyggnaden och anslutande vägbankar samt överföra lasten till grunden
- Vederlag - Vara stöd för överbyggnaden (valvet) och anslutande vägbankar samt överföra lasten till grunden
- Pelare/Skivpelare (mellanstöd) - Vara stöd för överbyggnaden och överföra lasten till grunden
- Ytbehandling - Vara skydd för konstruktionsdelen

Ving- och stödmur

- Vingmur - Vara stöd för anslutande vägbankar, slänter och koner och överföra lasten till frontmuren
- Stödmur - Vara stöd för anslutande vägbankar, slänter och koner och överföra lasten till grunden

Upplagsanordning

- Överföra last från överbyggnaden till underbyggnaden ex frontmur och pelare
- Möjliggöra rörelse mellan över- och underbyggnad
- Ytbehandling: Vara skydd för konstruktionsdelen

Huvudbärverk

- Transportera last i brons längdriktning och överföra lasten till underbyggnaden
- Balk

- × Bära in last till stöd/upplag
- × Vara upplag för sekundärbärverk, ex tvärbalk och brobaneplatta
- Platta
 - × Bära in last till stöd/upplag
 - × Fördela last
- Valv
 - × Bära in last till vederlaget
 - × Vara upplag för sidomur
 - × Fördela last
- Båge
 - × Bära in last till stöd/upplag
- Kabel
 - × Bära in last till stöd/upplag
- Rör
 - × I samverkan med omkringliggande material bära in last till stöd
 - × fördela last
- Ytbehandling: Vara skydd för konstruktionsdelen

Övriga bärverk

- Överföra eller fördela last till brons huvudbärverk ex tvärbalkar och vindförband
- Ytbehandling: Vara skydd för konstruktionsdelen

Brobaneplatta

- Bära in last till huvudbärverk, tvärbalkar eller sekundärbalkar
- Ingå i annat bärverk, t.ex. balk, tvärbalk etc.

Kantbalk

- Styva upp och fördela laster till brobaneplattan för vissa brotyper som ex balkbroar
- Ingå i annat bärverk t.ex. huvudbalk
- Utgöra fäste för räcke, belysningsstolpar etc.

Tätskikt

- Förhindra vatten att tränga in i den underliggande konstruktionsbetongen i brobaneplattan, kan även förekomma på träbroar

Beläggning

- Utgöra slityta för trafik
- Fördela hjultryck
- Utgöra skydd för tätskiktet

Räcke

- Utgöra skydd för trafikanter och att hindra och försvåra avkörning
- Utgöra fäste för räckefyllning ex stänkskydd
- Utgöra skydd för bärande konstruktionsdelar som t.ex. hängstag
- Ytbehandling: Vara skydd för konstruktionsdelen

Övergångskonstruktion

- Överbrygga öppning mellan delar av överbyggnaden eller överbyggnad och stödkonstruktion
- Möjliggöra överbyggnadens rörelser
- Vara tät för att skydda underliggande delar t.ex. lager
- Ytbehandling: Vara skydd för konstruktionsdelen

Dräneringssystem

- Avleda vatten från beläggning och tätskikt
- Ytbehandling: Vara skydd för konstruktionsdelen

8.4 PLANERING INFÖR INSPEKTION

Det är viktigt att planera och förbereda inspektionen så att den ska bli så fullständig som möjligt och förhindra ytterligare besök.

Följande punkter kan ses som en checklista inför inspektionen.

- Arbetsmiljö

Arbetsgivaren ska vidta alla åtgärder som behövs för att förebygga ohälsa eller olycksfall. Undvik i möjligaste mån ensamarbete!

Vid inspektion med risk för fall ska fallutrustning användas. Tänk på att relevant utbildning krävs. Grundläggande krav vid ensamarbete är möjlighet till kommunikation, mobiltelefon eller komradio. Innan inspektionen påbörjas ska en riskinventering utföras och dokumenteras i en arbetsmiljöplan. Ibland kan en trafikanordningsplan behövas och vistelse i närhet av strömförande kontaktledning får inte förekomma utan bevakningspersonal (SOS ledare). Vid behov ska elströmmen stängas av.

Följande skyddsutrustning kan vara bra att ha med vid inspektion:

Varselkläder (skyddskläder), förbandslåda, hjälm, hörselskydd, andningskydd, flytväst, fallskyddsutrustning. Annan utrustning kan komma i fråga.

- Dokumentation

Gå igenom eventuella ritningar till konstruktionen, tidigare upprättade dokument, inspektionsprotokoll eller annan för konstruktionen dokumenterad information.

- Tidpunkt

Välj en lämplig tid på året och dygnet. Passerar bron ett vattendrag är det lämpligt att utföra inspektionen vid lågvatten. Tänk särskilt på vattenflöden som kan förhindra åtkomst eller som kan innebära att en särskild inspektion under vatten kan vara nödvändig. Fundera även över om trafiken över bron kan hindra att inspektionen kan utföras.

- Åtkomst

Samtliga ytor på bron skall vara fria från vegetation och föroreningar. Undersök vilken utrustning och vilka hjälpmedel som kan behövas t.ex. stegar, belysning, nycklar etc. För större konstruktioner kan även andra hjälpmedel behövas som båt eller underbrolift.

- Eventuella externa kontakter

Kontakta berörda i god tid, bevakning järnväg, dammägare etc.

- Utrustning

Vid broinspektion ska bron och eventuella brister dokumenteras med bilder. Det kan även vara bra att ha enklare handverktyg tillgängliga som kniv, hammare och tumstock. För kompletterande inmätningar som underlag för uppmättningsritning och kontroll av bärighet behöver man även skjutmått, måttband eller en digital distometer.

8.5 GENOMFÖRANDE AV INSPEKTION

Allmänt

Inspektioner ska utföras regelbundet och systematiskt för att kontrollera att kraven på säkerhet och framkomlighet är uppfyllda. Inspektionen ska även klargöra konstruktionens fysiska och funktionella egenskaper och utföras på sådant sätt att brister, som om de inte upptäcks och åtgärdas, kan leda till ökade underhållskostnader. Det är viktigt att inspektionen utförs systematiskt och metodiskt oberoende av inspektör, så att brister och utveckling av skador kan följas över tid. Inspektioner ska utföras med ett tidsintervall på max sex år. Tätare intervall kan behövas beroende på konstruktionens tillstånd.

Tillvägagångssätt

Vid inspektionen ska bron översiktligt dokumenteras med bilder. Det är lämpligt att ta en bild per bro sida och en bild från var sida i vägens riktning. Det ger en god bild av förhållandena vid bron och fungerar som ett bra underlag för den som inte varit på plats.

Det är viktigt att inspektionen utförs systematiskt. En bra metodik är att arbeta nerifrån och upp, det vill säga att börja med grundläggning och fundamentet till bron och arbeta sig uppåt. För att upptäcka brister ska inspektionen genomföras på handnära avstånd. Förutom enklare handverktyg är kikare och lampa bra hjälpmedel, då vissa konstruktionselement kan vara svåra att se eller nå.

Inspektören ska även ta ställning till om en särskild inspektion under vatten kan behövas för att säkerställa konstruktionens funktion och säkerhet.

Dokumentation

Inspektioner ska utföras regelbundet och systematiskt, vilket också ställer krav på redovisning och dokumentation.

För att inspektionen oberoende av inspektör ska kunna utföras metodiskt och på ett likartat sätt bör en inspektionsblankett användas. Denna kan mycket väl vara digital. Här redovisas vilka konstruktionsdelar som omfattas av inspektionen, vilka fysiska egenskaper som ska vara uppfyllda och vilka kontroller och mätningar som ska utföras. Till hjälp finns en checklista i följande avsnitt 8.6 och förslag på kravspecifikationer i avsnitt 7.5.3. Det bör även finnas utrymme för anteckningar av mätvärden och övriga anmärkningar. Alla skador bör ges ett ID-nummer och fotograferas.

8.6 CHECKLISTA FÖR BROINSPEKTION

Följande sammanställning av kontroller som kan komma i fråga för brons huvudbeståndsdelar *Underbyggnad* respektive *Överbyggnad*, kan fungera som en checklista vid broinspektion.

Underbyggnad

- Grundläggning (synliga bottenplattor)
 - × Vittring – kontroll av betong i skvalpzoner
 - × Korrosion – frilagd armering, sprickor
 - × Sprickor – mät sprickbredd och redovisa läge
 - × Röta – bomknacka träkonstruktioner
 - × Underspolning – kontrollera erosionsskydd, fyllning
 - × Rörelser
- Slänt och kon
 - × Rörelse – kontrollera fyllnadshöjd, sten- och plattbeläggning
 - × Deformation – nivåskillnader mellan vägbank och bro
 - × Urspolning – erosion under sten- och plattbeläggning
- Stöd
 - × Vittring/spjälkning/korrosion – kontroll av betong i skvalpzoner, frilagd armering
 - × Läckage och urlakning i sprickor och fogar
 - × Sprickor – mät sprickbredd och redovisa läge och riktning, enklare kartering
 - × Krossning – kontrollera eventuell anliggning mellan överbyggnad och stöd
 - × Lös – skruvar, nitar eller stenar får inte förekomma
 - × Rörelser – förskjutningar av stenar eller initiallutningar

Överbyggnad

- Huvudbärverk, övriga bärverk
 - Betong
 - × Spjälkning/korrosion – betongskador och eventuell frilagd armering kontrolleras okulärt och med bomknackning vid behov.
 - × Sprickor – mät sprickbredd och redovisa läge och riktning, enklare kartering
 - Stål
 - × Korrosion – kontrollera ytbehandling, eventuell areaförlust
 - × Sprickor – kontrollera balkflänsar och liv, svetsar

- × Lös – avskjuvade eller saknade skruvar/nitar får inte förekomma
- × Deformation – nedböjning, balkflänsar, livplåtar, infästningspunkter

Sten

- × Sprickor – dokumentera och jämför med eventuell tidigare mätning
- × Rörelse – kontrollera eventuella rörelser och förskjutningar
- × Lös – stenskiten ska ha god anläggning

Trä

- × Lös – kontrollera syllar och slitplank sitter fast och att inga spikar/skruvar sticker upp
- × Röta – bomknacka, stickprov med kniv

- Upplagsanordning (lager)
 - × Korrosion – ytbehandling, eventuell areaförlust
 - × Sprickor – kontrollera att inga sprickor förekommer
 - × Lös – lager ska ligga fast och fästelement intakta, lagerundergjutningen oskadad
 - × Snedställning – dokumentera lagrets position i förhållande till möjlig arbetsbredd
- Kantbalk
 - × Vittring/spjälkning/korrosion – kontroll av betongytor, frilagd armering, betong kring räckesingjutning (oarmerad betong)
 - × Sprickor – grova och genomgående sprickor dokumenteras
- Tätskikt och beläggning
 - × Läckage – urlakning eller fuktgenomslag på undersida broplatta är indikatorer på bristande tätskikt
 - × Sprickor i beläggning (både betong och asfalt)
 - × Spårbildning (asfalt)
- Räcke
 - × Korrosion – särskilt fokus på ytbehandling och areaförlust vid ingjutning/infästningen i broplattan/balk
 - × Deformationer på grund av påkörning
- Övergångskonstruktion
 - × Lösa element dokumenteras
 - × Läckage – gummimembran ska vara intakta och täta
 - × Korrosion med areaförlust på stålprofiler
 - × Rörelse – kontrollera att konstruktionen kan ta upp temperaturrörelser
- Dräneringssystem
 - × Funktion – kontrollera att ytavlopp, stuprör etc. har full genomflödesarea och att infästningar är intakta

8.7 SKADETYPER – EXEMPEL PÅ VANLIGT FÖREKOMMANDE SKADOR

I det följande visas exempel med foton på vanligt förekommande skador på broar, som ska dokumenteras vid broinspektion.



Rörbro – korrosion, areaförlust 100 %



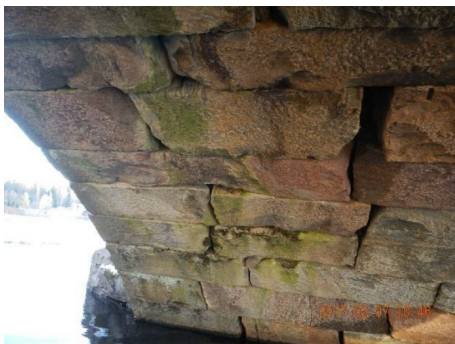
Stöd – rörelse i stenskitte



Stöd, frontmur - vittring



Sten – sprickor



Sten – saknas



Urspolning – deformation



Betong – urlakning



Betong – sprickor



Räcke – röta



Syll – röta



Kantbalk (ovansida) – spjälkning,
armeringskorrosion



Kantbalk (utsida) – spjälkning,
armeringskorrosion



Platta (undersida) – läckage



Platta (undersida) – spjälkning,
armeringskorrosion



Lager – korrosion



Lager – snedställning



Balk ytbehandling – korrosion



Balk – korrosion, areaförlust balkflänsar



Räckesfot – korrosion, areaförlust



Räcke – deformation, korrosion

FÖRVALTNING AV BROAR INOM VATTENKRAFTSINDUSTRIN

Det finns många brokonstruktioner av olika typ och storlek i anslutning till många av våra svenska vattenkraftverk. Att vara ägare och förvaltare av en eller flera broar innebär ett ansvar för funktion och för säkerhet på och vid bron. När en bro ligger i anslutning till en dammanläggning har den dessutom ofta en betydelse för dammsäkerheten. I den här rapporten har alla lagar, förordningar och föreskrifter sammanställts som rör förvaltning av broar sammanställts. Här finns också ett förslag till rutiner för broförvaltning inom kraftindustrin och en handledning för hur en inspektion av en bro ska gå till.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se



Energiforsk