# RAPPORT

Kontaktperson RISE
Louise Andersson
Hållbara byggnadsverk
010-516 68 90
louise.andersson@ri.se

Datum
2017-05-21

Beteckning
6C00780



# Det kontinuerligt förebyggande underhållet av broar- en förstudie

(3 bilagor)

**RISE CBI Betonginstitutet AB**
**Hållbara byggnadsverk**

Utfört av

Louise Andersson

**Bilagor: 3**

**RISE CBI Betonginstitutet AB**

Postadress
Drottning Kristinas väg 26
100 44
STOCKHOLM

Besöksadress
Drottning Kristinas väg 26
114 28
STOCKHOLM

Telefon / E-post
010-516 68 00
cbi@ri.se

Detta dokument får endast återges i sin helhet, om inte RISE CBI i förväg skriftligen godkänt annat.

## Sammanfattning

Denna rapport är en förstudie av det kontinuerliga förebyggande underhållet av broar i Sverige. Det underhåll rapporten fokuserar på är tvättning och rensning av broar, både som helhet och konstruktionsdelar. Denna typ av underhåll har många namn och indelningar beroende på organisation, d.v.s. Trafikverket eller olika kommuner. Några exempel på namn är förutbestämt, tidsstyrt, löpande underhåll, skötsel.

Både Trafikverket och kommuner vittnar om att underhållet ska ha haft en positiv effekt på broar och anses vara viktigt. Alla erfarenheter, kunskaper och utförande är nästan helt baserat på praktiska erfarenheter under flera decennier. Trots detta är forskningen nästan obefintlig för denna typ av underhåll.

Eftersom forskningen i detta sammanhang är väldigt begränsad har denna rapport fokuserat på hur det ser ut i dagsläget i Sverige för både Trafikverket och kommuner. Det gjordes genom att studera olika relaterande dokument om underhållet, främst från Trafikverket men även Stockholms Stad. Det gjordes även undersökningar av utförande av kraven, dels genom en enkätundersökning men också genom intervjuer och samtal med olika personer inom Trafikverket, kommuner, konsulter och entreprenader. Historiken för kravdokument har undersökts vad gäller utvecklingen samt hur kraven ställs och beskrivits från mitten av 1900-talet fram tills idag. Det gjordes även fysiska besök vid tvättning utav olika broar tillhörande Stockholm Stad där olika observationer kunde göras av det praktiska arbetet samt hur kraven utförs.

På begäran av Stockholm Stad gjordes även en undersökning av skötselanvisningar för öppningsbara broar samt en närmare undersökning av rörelsefogar och deras underhåll.

Hos både ägare och entreprenader verkar det finnas en önskan att undersöka och förbättra underhållet. Nästan alla personer som det kommunicerats med under projektet har haft förslag och tankar om underhållet, dess inverkan och eventuella förbättringar. Tyvärr finns väldigt lite forskning om hur underhållet påverkar material och konstauktioner förutom ”att det är bättre än inget”. För att kunna förbättra och förhoppningsvis optimera underhållet och dess krav måste det vidare undersökas hur underhållet påverkar materialen. Fokus kommer i framtiden att ligga på betong med de särskilt utsatta kantbalkar som ett speciellt intresseområde.

# Innehållsförteckning

Sammanfattning ..... 2
Inledning ..... 5
Tvättning ..... 6
Trafikverkets kravdokument ..... 6
Äldre versioner ..... 6
Nuvarande ..... 9
Integrerat underhåll ..... 10
Praktiskt ..... 11
Observationer ..... 11
Information från intervjuer och samtal ..... 15
Finland ..... 16
Enkätundersökning med kommuner ..... 17
Deltagare ..... 17
Resultat/svar ..... 17
Generell fakta ..... 18
Upphandling av underhåll ..... 19
Inspektion ..... 19
Underhåll ..... 20
Krav ..... 22
Problem och åtgärder ..... 23
Kontroll ..... 23
Definition av förebyggande underhåll ..... 23
Stockholm Stad ..... 24
Öppningsbara broar ..... 24
Skötselanvisningarna ..... 24
Fogar ..... 25
Typer av fogar ..... 25
Praktiskt ..... 27
Förslag på förbättringar (Stockholm Stad) ..... 33
Öppningsbara broar ..... 33

Fogar ..... 33
Vidare forskning ..... 34
Påverkan ..... 34
Faktiskt utförande ..... 35
Litteraturförteckning ..... 36
Bilaga A Studiebesök ..... 38
A.1 Långholmsbron 16 maj 2017 ..... 38
A.2 Reimersholmsbron 16 maj 2017 ..... 39
A.3 G/C-bro vid tunnelbanestation Skärmabrink 22 juni 2017 ..... 40
A.4 Skansbron 23 maj 2017 ..... 41
A.5 Norra Danviksbron 1 juni 2017 ..... 43
A.6 Liljeholmsbron 12-13 juni 2017 ..... 45
12 juni- Södra änden ..... 45
13 Juni- Norra änden ..... 45
Bilaga B Enkät ..... 48
Bilaga C Enkät diagram ..... 57

## Inledning

Broar är en väldigt viktig del av infrastrukturen. En del av underhållet det pratas om men forskas förhållandevis lite på är det kontinuerliga förebyggande underhållet. Erfarenheten från andra områden visar att förebyggande underhåll inte enbart förlänger livslängden utan dessutom förbättrar funktionen under bruksskedet. Hypotesen är att ett förbättrat brounderhåll skulle ge broar med längre livslängd och bättre funktionsegenskaper till begränsade kostnader.

Det kontinuerliga förebyggande brounderhållet handlar om förment enkla ting som t.ex. renspolning, säkerställande av dräneringssystemets funktion, ogräsbekämpning, utjämning av ojämnheter, reparation av sprickor och riktning av räcken. Effekten av dessa åtgärder har erfarenhetsmässigt varit positiva. Ett outforskat område är tvättningens effekt, speciellt i hänseende till kloridinträngning. Den praktiska erfarenheten ska vara positiv men är omdiskuterad, speciellt med hänsyn till kantbalkarna. Att undersöka hur det kontinuerliga förebyggande underhållet ser ut och vilka incitament det finna för att förbättra det är därför av intresse.

## Tvättning

Tvättning utav broar sker med högtryckstvätt. Litteratur om högtryckstvättningens påverkan av betong är nästan obefintlig. Av de enstaka forskningsresultaten av stål ska tvättningen ha haft en positiv effekt. Forsking av effekten av tvättning av betong lyser dock med sin frånvaro. En nyare artikel som har kunnat hittas på forskningen av tvättning av broar har varit en artikel på japanska [1], där sammanfattningen på engelska står det att deras resultat ska ha visat att tvättning har en positiv effekt med minskning av klorider/korrosion. Dock går det inte att urskilja vilket material eller vilka tester som gjort, troligtvis handlar det om stål eftersom artikeln nämner flänsar. Det stöds av en äldre japansk artikel [2] på engelska som undersöker tvättningens effekt på stålbroar och dess flänsar med positiva resultat. Det begränsade forskningsresultaten är positiva men mer behövs. Speciellt på betong och i hänsyn till de speciellt utsatta kantbalkarna.

Dokumenten i Sverige handlar mer om utförande än varför och påverkan. Underhållet är mer baserat på praktiska erfarenheter av broförvaltarna än forskning. Erfarenheterna är dock flera decennier gammal. Den praktiska erfarenheten ska ha varit positiva till underhållet även i Sverige och det ska ha setts en förbättring jämfört med att inte tvätta. Exakt vilka förbättringarna är och i vilken grad, är oklart.

De styrande dokumenten för Sveriges broar kommer främst från Trafikverket, och dessförinnan Vägverket. Trafikverket äger med stor majoritet Sveriges broar med ca 21 000 av över 30 000 broar i Sverige idag [3]. På andra plats kommer det samlade brobeståndet ägda av enskilda vägsamfälligheter med över 3 000 broar. Den största enskilda ägaren efter Trafikverket är Stockholm Stad med över 800 konstruktioner. Alla har ett intresse av att reparera sina broar så lite som möjligt och så sällan som möjligt.

### Trafikverkets kravdokument

Trafikverket och dess föregångare har i alla fall sedan 1969 haft dokument där renlighet av konstruktioner har tagits upp. Själva grundtanken om att konstruktionerna ska vara rena från växtlighet och föroreningar som har en förstörande effekt har funnits länge. Trafikverkets kravdokument styr upphandlingen av underhållet för dess egna broar men är också vägledande för hela Sverige eftersom kommuner och andra ägare använder sig eller inspireras utav Trafikverkets krav, nuvarande eller äldre. De äldsta dokumenten har varit sparsamma med krav och beskrivningar. Det var först BRO 94 som beskrivningen utav underhållet ökade. Detta kan ha att göra med att 1992 började dåvarande Vägverket ta in entreprenader [4] och allt eftersom användandet av entreprenader har ökat kan behovet av mer utförliga beskrivningar ökat som en följd, vilket kan ses i nyare versioner av kravdokumenten.

### Äldre versioner

Redan 1969 fanns ett dokument från Statens Vägverk [5], där ett fortlöpande underhåll av konstbyggnader beskrivs på följande sätt: ”*samtliga ytor på konstbyggnader hålls fria från vegetation och föroreningar däri inbegrips grus på brobanebeläggning samt på kantbalkar, lagerpallar, mellanpelares överyta och stålkonstruktioner”.* Tanken med denna typ av underhåll kom att vara relativt konstant ända fram tills idag. Formuleringar och beskrivningar ändras men tanken att konstruktionerna ska vara fria

från vegetation och föroreningar har funnits länge. 1979 [6] kom tillägget att rengöringen skulle utföras efter att sandningsperioden tagit slut. Att rengöring av ytavloppen och vattenrännornas skulle göras regelbundet kom in 1988 [7] . Här poängterades att finmaterial och mossa på horisontella ytor skulle ges extra åtanke eftersom de binder fukt. Denna uppmaning ses inte till i senare dokument. Uppmaning till ytbehandling som skydd mot saltinträngning kom också här. Behandlingen skulle ske vart 5:e år. Katodiskt skydd stod också för första gången med.

I BRO 94 del 7. Brounderhåll [8] delades underhållet in i förebyggande underhåll och reparationer. Förebyggande underhållet delades i sin tur upp i betong- och stålkonstruktioner. För betongen fanns bara ytbehandling för kloridinträngning och karbonatisering samt att om det finns katodiskt skydd skulle det underhållas och mätas kontinuerligt. För stålkonstruktioner var det endast förbättringsmålning förebyggande åtgärd. För koner ska växtlighet tas bort om det anses ha en påverkan på strukturen. Dokumentet beskriver mer ersättning och bevakning än riktiga förebyggande åtgärder.

I 1998 års Förebyggande underhåll [9] kommer åter kravet utav renlighet. Dokumentet är en komplettering till BRO 94. De tekniska kraven delades nu upp för varje konstruktionsdel. Det märks att allt inte är färdigställt eftersom några konstruktionsdelar har bara följande text: ”*För närvarande saknas krav för denna konstruktionsdel*.” De delar vilka ej hade några krav var: Grundläggning, Stöd, Ving- och stödmur, Upplagsanordning, samt Isolering. Här kommer formuleringen om att konstruktioner ska vara fria från ”*ögat synliga föroreningar till minst 95 %* ” samt att ytor ska vara helt fria från växtlighet alternativt bara upp till en viss höjd. Längst bak i dokumentet fanns verifieringsmetoder, där majoriteten var okulära. Angående renligheten från föroreningar skulle kraven bara gälla om de angetts i den tekniska beskrivningen. För kantbalken som separat konstruktionsdel var bara kraven i anknytning till räckesinfästningen. För dräneringssystemen krävdes en genomflödesarea på mer än 80 %. I sektionen för hela bron står det att brobanebanor, kantbalkens ovansida, räcken, övergångskonstruktioners ovansida och lagerpallar ska vara rena från ögat synliga föroreningar, exklusive bekämpningsmedel för vinterhalka, till minst 95 % per konstruktionsdel. I nästa del står det att: ”*kantbalkar, räcken, lagerpallar, lager samt ving/stödmur och stöd närmare än 6 m från vägbanekant ska vara rena från bekämpningsmedel för vinterhalka till minst 95% per konstruktionsdel. Funktionskravet gäller från två månader efter det att bekämpningsperioden upphört till det att bekämpningsperioden börjar*”. Kravet på tidsperiod kunde ändras i tekniska beskrivningarna. Här finns även en definition av förebyggande underhåll: ”*Med förebyggande underhåll avses åtgärder som vidtas för att vidmakthålla konstruktionens funktion och/eller kapitalvärde.* ”

Brounderhåll 2002 [10] är det mycket mer indelning i konstruktionsdelar. Kraven definierades antingen som åtgärder eller egenskaper. Detta dokument ersattes 1994:7 [8] och 1998 [9]. Kraven skulle verifieras minst en gång per år. Här står det uttryckligen på flera ställen att ”*Betongytor i vägmiljö ska impregnera*.”. ”*Skydd mot karbonatisering sker genom utbyte eller komplettering av täckande betongskikt*” är också ett uttryck som återkommer ofta. Det kom en utökad reglering av tillåten växtlighett vid slänt och kon. Sedan återkommer *”..... ska vara rena för ögat synliga föroreningar, exklusive bekämpningsmedel för ishalka, till minst 95% per konstruktionsdel*” och *”... ska vara rena från bekämpningsmedel för vinterhalka till minst 95% per konstruktionsdel*” på flertal sektioner. För borttagning av

bekämpningsmedel gällde kravet ”*från två månader efter det att bekämpningsperioden upphört tills att bekämpningsperioden börjar*”. Dock var det inte alla konstruktionsdelar som innefattades av tvättning och renlighet. Ingen separation mellan betong och stål gjordes för typen av underhåll i dokumentet. För dräneringssystemen gällde fortfarande en ”*genomflödesarean på minst 80%*”.

Ersättningen, Brounderhåll 2006 [11] och dess efterträdare 2009 [12] är ungefär lika tjock och är ganska mycket densamma som 2002 för denna typ av underhåll. Impregnering i g/c miljö skulle anges i teknisk beskrivning. BaTMan-koder inom parantes för respektive konstruktionsdel fanns i 2006 version. I 2002 var det koder för föregångaren till BaTMan, SAFEBRO.

Det sista av Vägverkets dokument för Brounderhåll 2010 [13], är jämförelsevis tunt. Här har strukturen ändrats. Underhållet är igen uppdelat i två sektioner, avhjälpande och förebyggande underhåll. Här benämns entreprenader för första gången samt tillämpade byggherreval. Även om indelningen är annorlunda är kraven desamma.

Diskussion om problematiken med definitionen av ”95 % rent” kan ses mer i Silfwerbrands artiklar [14] [15]. Kortfattad kan man säga att problemet var att definitionen var uppe för en hel del tolkningar om när och hur åtgärderna skulle vara uppfyllda.

## Nuvarande

I dagsläget har Trafikverket delat upp underhållet i två dokument, Krav [16] [17] [18] och Råd [19] [20] [21], där kraven är styrande. Inom dokumenten har de två typerna av underhåll fått byta namn till tillståndbaserat och förutbestämt underhåll. Tvättning och rensning innefattas i förutbestämt. Flera faktorer runt omkring har tillkommit, t.ex. administrativt och skrivelser angående entreprenader. Konstruktionerna har också blivit indelade i olika grupper beroende på komplexitet.

I det nuvarande styrande kravdokumenten [18], samt dess tidigare versioner [16] [17] finns inte kravet på ”*95 % rent*” kvar utan i dessa versioner är formuleringarna: ”...*ska rengöras från föroreningar*…”, och ”*rengöringen utförs genom högtryckspolning med vatten som har arbetstryck 160-200 bar*.” Dessutom anges avståndet till konstruktionsdelen, som ska vara från 15 till 25 cm. Det ska ha använts i praktiken även innan ändring av kraven, men ej stått skrivet. Kontroll beskrivs under varje utförande, generellt är det mätning av växter eller en okulär bedömning.

Formuleringen för föroreningar är nu: ”… *ska rengöras från föroreningar såsom bekämpningsmedel för vinterhalka, stenar, damm smuts, olja od.*” . För ytavloppen och stuprören ska genomflödesarean vara 100 %. Rengöringen ska utföras på samma sätt som resterande tvättning. Dock står inget om hur det ska kontrolleras.

Skillnaden mellan första och andra versionen för det förutbestämda, dåvarande kallat tidsstyrt, underhållet är främst att i version 1 specificerades temperaturen på vattnet. I version 2 specificeras avståndet istället.

Det är en väldigt lite skillnad mellan andra och tredje versionen. Ett tillägg finns på rengöring av vägytan nära kantbalkens insida samt att sand och föroreningar ska tas bort. Krav på impregnering kommit tillbaka, dock bara på kantbalken, frontmur och pelare. Endast växtligheten och impregneringen kommenteras i råddokumentet.

Värt att notera är att förr gjordes allt underhåll av broarna tillhörande Vägverket och Stockholms Stad samt eventuellt andra kommuner av egen personal, dvs det var en intern verksamhet. I dagsläget sker underhållet via entreprenader, med få undantag. Det har varit en process men i dagsläget ska det fungera bättre med entreprenader än vad det gjorde i början. Det som var självklart för den ena partnern inte var det för den andra har varit ett vanligt återkommande problem. Dessutom kan det ha handlat om tolkningsfrågor vilket resulterat i mer detaljerade, enklare och/eller tydligare krav och beskrivningar.

Kraven används som underlag för de avtal med entreprenaderna är baserade på versionen som gällde när avtalet skrevs. Eftersom avtalen gäller i några år är det av intresse att veta hur de tidigare versionerna ser ut. Kommuner som Stockholm Stad t.ex., kan använda sig av ännu äldre versioner utav kraven i sina avtal och regleringar.

## Integrerat underhåll

Trafikverket använder sig i dagsläget utav integrerat underhåll. Detta betyder att underhållet köps upp under ett antal år av en entreprenad, under föresättning att deras arbete anses acceptabelt. Detta görs för både tillståndsbaserat och förutbestämt underhåll. Syftet var att effektivisera underhållet och har enligt dem själva varit positivt.

Ett förfrågningsunderlag för Jönköping [22] erhölls som ett exempel på ett hur de tekniska kraven för det tidsstyrda underhållet kan se ut. Övergripande ställdes inte mer krav utan dokumentet beskriver mer hur och när underhållet ska utföras och kontrolleras samt vad som ska bekostas av vem.

Några faktorer gäller för alla broar, t.ex. att det ska finnas checklistor för verifiering, spolning får inte utföras då risk för isbildning föreligger samt med avsteg från TDOK 2013:0415 (version 1) [16] gäller att ”*betongkonstruktioner får rengöras med högtryckssspolning och kallvatten där inget annat anges*.” Förfrågningsunderlaget är baserat på version 1 av TDOK 2013:0415. I version 2 gäller det direkt i kravdokumentet.

Beroende på vilken grupp en bro tillhör ska åtgärderna utföras inom olika tidsintervaller. Övergripande ska åtgärderna ske från sen vår till någon gång under sommaren eller tidig höst. Konstruktioner med högre klassning/trafikering ska generellt utföras tidigare än de med lägre klassificering. Några exempel på tidsperioder kan ses nedanför.

- Slänt och kon:15 maj till 1 september eller 1 juli till 1 september alt. oktober . Vanligen vart annat eller fjärde år
- Räcke och kantbalk: 15 maj till 1 eller 15 juli
- Övergångskonstruktioner, ytavlopp och stuprör: årligen i maj. För vissa broar ska de även rengöras i augusti och oktober.
- Frontmur, pelare, skivpelare, vingmur, stödmur: 15 maj till 15 juli

## Praktiskt

Under våren 2017 gavs möjlighet att vid några tillfällen följa med entreprenaden Miljötekniska AB när de var ute och tvättade broar tillhörande Stockholm Stad. Att få komma ut och se hur entreprenaden faktiskt utförde tvättningen var av väldigt stort intresse och viktig erfarenhet. Det var mycket lärorikt, gav insyn och förståelse samt upphov till frågor på saker och faktorer som inte begrundats tidigare. Utförligare beskrivningar av enskilda besök kan ses i bilaga A,

Totalt blev det besök på tre fasta och mindre broar, varav en bara g/c bro. Det besöktes även fyra stycken öppningsbara broar, både under natt- och dagtid. Dessa kan ses närmare beskrivna under sektionen Stockholm Stad. På grund av komplikationer i egna schemat kunde samma bro inte observeras för både natt- och dagarbete, vilket är oturligt men en bra överblick över hur arbetet samt grundläggande förhållande och problematik kunde ändå erhållas.

Miljötekniska har ett flertal olika tankbilar som användes för att spola och suga, dock inte samtidigt. De större tankbilarna brukar klara sig utan att fyllas på med en tankstorlek på 6 eller 11 $m^3$ för den ena stora tankbilen, beroende på tvätt sätt, och 9 $m^3$ för den andra. De mindre bilarna kräver att tanken fylls på med jämna mellanrum eftersom med tankstorlek på 1-3$m^3$ förbrukas vattnet snabbt. Speciellt vid en större bro. Det var alltid minst två personer som arbetade per tankbil. En tvättade och den andre skötte resterande, som att hålla koll på slangen, tanken, omgivningen etc.

För varje bro har entreprenaden en enklare översiktsritning över bron med information av vad som finns och ska göras. Det finns information om broyta, kantbalk, räcke, fog och eventuella brunnar, sandfång och lagerpall. För varje del specificerades längd, yta och/eller antal.  Till detta finns ett skötselprotokoll som ska fyllas i för att visa att underhållet har utförts. Protokollet har också utrymme för kommentarer om anmärkningar och skador. För brunnar och fogar skulle det även tas bilder för att visa att arbetet utförts.

## Observationer

Totalt kunde tvättning av sex broar vid sju olika tillfällen observeras. Vid varje tillfälle var det saker som var samma men även några faktorer skilde sig åt. Oftast var motivationen för besöken att observera tvättningen, se tabell 1. Mer utförliga beskrivningar av besöken kan se i respektive bilaga. Specifika observationer för de enskilda öppningsbara broar för Stockholms Stad behandlas separat i senare kapitel. Det gjordes även en medverkan vid en avstängning av Söderledstunneln och anknytande broar. Syftet för det besöket var delvis att undersöka fogarna. Några observationer från det kan ses under sektionen fogar för Stockholms Stad.

Tabell 1 Praktiska besök på broar

| Datum | Bro | Typ av bro | Fokus för besöket | Företag | Bilaga |
|---|---|---|---|---|---|
| 16/5-2017 | Långholmsbron | Fast | Tvättning | Miljötekniska AB | A.1 |
| 16/5-2017 | Reimersholmsbron | Fast | Koll av lagerpall | Miljötekniska AB | A.2 |
| 22/6-2017 | G/C bro vid Skärmabrinks T-banestation | Fast | Tvättning | Miljötekniska AB | A.3 |
| 23/5-2017 | Skansbron | Öppningsbar | Tvättning | Miljötekniska AB | A.4 |
| 1/6-2017 | Norra Danviksbron | Öppningsbar | Tvättning | Miljötekniska AB | A.5 |
| 12-13/6-2017 | Västra Liljeholmsbron | Öppningsbar | Tvättning | Miljötekniska AB | A.6 |

## Arbetet

Arbetet skedde i par vid tvättningen, en person spolade med en handhållen högtycksvattenspruta och den andra höll koll på slangen, tanken, bilen och omgivningen. Vanligtvis var det personen med mer erfarenhet som höll i sprutan och utförde tvättningen. Detta märktes främst vid de öppningsbara broar där personerna som spolade hade tvättat broarna i några år och var därför bekanta med konstruktionen. Varje par hade minst en tankbil till sitt förfogande. Vid nattarbetena för öppningsbara broar var två stora tankbilar på varsin sida utav klaffarna enligt bestämmelser i skötselanvisningarna. Orsaken var att kunna göra båda sidorna samtidigt och jobba mer tidseffektivt. Vid dagsarbete för både fast och rörlig kunde en stor tankbil eller en liten tankbil användas. De mindre tankbilarna krävde påfyllning efter en tids användning. Det genererade dötid, vilket också gör att arbetet tar längre tid. En stor tankbil kan användas mycket längre, ofta klarar av hela bron, ifall broarna inte är för stora eller omfattande. Det användes alltid kallt rent vatten. Från entreprenadens sida fanns en fundering på att testa att använda varmvatten eftersom det har gett bättre resultat vid tvättning i tunnlar.

Vattentrycket känns av fysiskt när handhållna sprutan var aktiv. Oftast var formen på strålen ganska cirkulär men kunde justeras för att få en mer avlång form, vilket användes främst vid spolning av brofogarna för att bättre komma ner. Det generella arbetsförfarandet var principiellt utifrån och in, alternativet från en sida till den andra, samt uppifrån och ner. D.v.s. man började tvätta på ena sidan utav bron och arbetade sig bortåt. När det var två lag började de i varsin ände och möttes på mitten. Först var brofogen och sedan tog man räcket och kantbalkens överkant. Räcken och farbanan gjordes först för att sedan göra lagren, lagerpallarna och eventuellt pelare. Detta främst vid öppningsbara och större broar där flera dagar eller skift var tvungna att utföras för att hinna med allt. Brunnarna spolades efterhand de passerades. När brunnarna och fogarna var rengjorda sprejades en färg vid eller i närheten för fotografering, vilket skickas till ansvarig på Stockholm Stad. Detta för att bevisa att jobbet har utförts.

Varje år är det en ny färg och arbetet kan därför verifiera att det har utförts för det aktuella året.

Vattentrycket minskar när avståndet mellan munstycket och konstruktionsdel ökar, även om påverkad yta ökar. Detta gör att det krävs ett relativt kort avstånd vid spolning för att generera tillräckligt högt tryck för att kunna spola bort smutsen. Ju hårdare smutsen sitter desto svårare är den att få bort. De flesta utav konstruktionsdelarna kunde kommas tillräckligt nära men självklart fanns det ställen där det rent fysiskt var svårt eller helt enkelt inte gick att komma tillräckligt nära för det optimala eller föreskrivna avståndet. Alternativ för att komma åt skulle kräva skylift eller/och båt, vilket inte alltid kunde motiveras ekonomiskt. För räcken finns automattvätt men används inte gärna eftersom arbetarna inte tycker det är värt tiden och kraft att sätta upp. De ansåg att det gick lika bra med handhållna sprutan. Skillnaden är att den handhållna bara tvättar på ena sidan. Den automatiska tvätten kräver dock att räcket är plant och relativt långt för att kunna anses tidseffektiv.

Arbetarna var mest stressade under nattarbetena när det fanns en tidsbegränsning samt att frekventa avbrott för påsläpp av trafiken. Vid de observerade tillfällen låg arbetet bra tidsmässigt men tvättarna berättade att det varit värre andra nätter.

### Andra faktorer

Förutom tvättandet finns andra faktorer vilket kan anses vara av vikt eftersom de påverkar arbetet och möjligheterna till tvättning. En faktor är åtkomst. Delar av brokonstruktionen kan vara svåra att komma åt att rengöra. Ett typiskt exempel är lagren, lagerpallarna och stöd vilka kan vara svåra att komma åt utan hjälp av skylift eller båt. Undersidan av bron kan också vara svår att komma åt, speciellt när bron går över vatten. Inspektionsgångar gör arbetet lättare men kan ha en begränsad åtkomstradie. Inspektionsgångar kan även göra arbetet mer tidseffektivt eftersom det tar längre tid att kontinuerligt manövrera skyliften än att gå längs en gång. Dock kan skylift behövas som ett stöd för att komma åt inspektionsgången eller andra delar av konstruktionen.

På en bro belägen över vatten och i närheten utav växtlighet väste lavar på sidan utav kantbalken. Kantbalken ska enligt uppgifter vara impregnerad sedan några år tillbaka. Att det växer lavar på ytan behöver det inte betyda att den djupgående inverkan av impregneringen är förstörd. Dock kanske det ska tas en funderare om det kan vara värt att beställa en båt för att ta bort lavarna innan de kan bidra till andra problem. Det skulle inte vara aktuellt att göra varje år, mer sannolikt vart 5:e eller vid behov om lavarna återkommer.

Trafiken vid bron påverkar definitivt arbetet. Vid öppningsbara broar när det är tvunget att öppna klaffarna finns en begränsad tid för arbetet. Det var inte alltid den aktuella konstruktionsdelen hann tvättas klart under en uppfällning. Det var tydliga skillnader i trafikbelastning under olika tidpunkter vilket också påverkade hur länge klaffen kunde stå öppen utan att orsaka för mycket köer eller trafikpåverkan. Även vid fasta broar påverkas arbetet av trafiken eftersom det behövs ta pauser emellanåt för att låta folk passera. Förståelse eller respekt för avstängningar eller hänvisningar fanns inte bland alla tyvärr. Överlag var störningsmomenten inte så farliga och arbetet kan flyta på relativt bra.

Vid en bro påverka ett annat infrastrukturprojekt åtkomsten. Ett arbete med fjärrvärmesystemet gjorde att ena sidan av bron blockerades vilket resulterade i begränsad åtkomst på den sidan. Parkerade bilar, upplagda eller förtöjda båtar under broar kan orsaka problem eftersom smutsen som spolas bort från bron helst inte ska hamna på bilar och båtar. Detta kan också generera extra arbete om även bilar och båtar behöver också tvättas. Entreprenaden har självklart varnat ansvariga för respektive parkeringar och uppläggningsplatser innan. Vid de öppningsbara broarna var det ofta avspärrat under bron, men det finns alltid individer som ignorerar avstängningar eller parkerar före avstängningen. Dock var det betydligt färre fordon än vad det hade varit utan avstängningar.

### Inverkan av egen medverkan

Självklart finns ett en risk att arbetarna var medvetna om orsaken till besöken, vilket kan påverka hur arbetet faktiskt utfördes. Arbetet kan ha utförts noggrannare än vad det skulle ha gjorts utan översyn. Vid det första och andra besöket var det även flera från entreprenaden i högre positioner samt en representant från Stockholm Stad. Detta kan ha haft den mentala effekten på tvättarna att de gjorde saker mer noggrant eller annorlunda än vad de kanske skulle ha gjort om arbetat skett utan övervakning. Det är svårt att veta utan att använda sig utav någon form av blindtest där ingen arbetare skulle ha varit medveten om att han eller hon observerats.

Vid framtida besök kan detta eventuellt göras ett försök till ett blindtest. För att åstadkommas detta behövs sammarbete med ansvariga på entreprenaden och/eller från ägaren. TMA- planer ofta måste läggas in, de kan användas för att veta när tvättningen ska utförs. För de större broarna kan detta vara lättare eftersom det kan vara mer personal än bara de som tvättar, vilket gör att de troligtvis reagerar mindre.

## Information från intervjuer och samtal

Mycket intressant information har kommit från intervjuer med olika personer men även vid vanliga samtal med personer i industrin. Saker som är vardag för dem men kan vara viktiga att poängtera ut.

Kommunikationen mellan förvaltare och entreprenad på alla nivåer är väldigt viktigt. Det var inte ovanligt att vid frågan till förvaltare hur det går med entreprenaden att svaret var: det fungerar bra nu. Vid vidare förfrågning till vissa personer kommer det fram att det varit en del strul i början med t.ex. att de inte utför arbetet enligt förvaltarens önskemål, vilket förvaltaren kan anse vara självklara men inte entreprenaden gör. Det är mycket detaljer om utförande som är generella eller specifik för en konstruktion som inte uttryckligen står i kontrakt eller i beskrivningar. Kännedom om dessa detaljer av kontrakt- och beskrivningsskrivarna är okänt. Kommunikation är väldigt viktig och något vilket verkar vara vanligt att det förbättras över tid, som med de flesta relationer, dock inte alltid.

Förr utfördes det mesta av det kontinuerliga förebyggande underhållet av broägarens egen personal. Både personer från Trafikverket och Stockholm Stad likväl andra kommuner, säger att kommunikation när saker inte gjordes rätt eller tillfredställande var lättare när det kunde pratas internt om det. Dock verkar det som att det även idag fungera bra överlag med entreprenader efter en anpassningsperiod. Där allt det väsentliga som inte står uttryckligen nedskrivet kommer fram allt eftersom. Det som skrivits in i kontrakten och kraven har ökat eller ändrats baserat på de problem eller tvister som tidigare har uppkommit.

## Finland

En enkel undersökning av Trafikverkets motsvarighet i Finland, Liikennevirasto, visade att utförandet för denna typ av underhåll liknar det som finns i Sverige [23] [24]. Även Liikennevirasto använder sig utav entreprenader och ska enligt uppgifter blivit bättre efter lite inkörning, liksom i Sverige. De använder sig också utav liknande former till det som är integrerat underhåll i Sverige, med att de har geografiskt indelade områden där underhållet handlas upp i ca 5 år.

Jämfört med Trafikverket ansvarar Liikennevirasto för något färre broar. I Finlands broregister finns totalt nästan 21000 broar men då det är frivilligt för motsvarigheten till kommuner och privata väghållare att vara med i registret är det exakta antalet broar okänt. De vanligaste problemen i Finland är betongvittring på kantbalken och problem med tätskikten.  Även dräneringssystem och fogar ska det vara återkommande problem.

Fokusen i kraven ligger på brobaneplatten, kantbalken, övergångskonstruktioner och dräneringssystemet, där rengöringen av dem beskrivs väldigt väl men andra konstruktionsdelar bara nämns kortfattat, med undantag för lager. En gång per år ska fogar och dräneringsrör göras rent med högtryckstvätt. Det ska inte finnas någon vegetation på broarna, förutom för ”gröna” broar. Liksom Sverige använder Finland högtryckspolning för tvättning av bron men med lite lägre tryck på 5-8 MPa (motsvarande 50-80 Bar), med ett krav på att flödet ska vara minst 70 l/min. Tvättningen ska vara klar tills den 1 juni, men ibland den 15 juni. Deras dokument är delvis kravställande med en kombination av utförande och beskrivande krav som t.ex. att det ska rengöras från smuts, salter och vegetation. Rengöring av lagren får inte rengöras med vatten. Kravdokumentet tar även upp saker vilka i Sverige sätts in i kontrakten eller informeras verbal till entreprenaderna som t.ex. att det som tvättas bort inte får komma på närliggande strukturer eller fordon och att vattnet får inte stagneras. Finlands dokument använder sig utav bilder, både för att visa exempel på problem men även hur det inte ska se ut. Entreprenaderna ansvarar även för den årliga inspektionen. Enligt uppgifter ska arbeten av entreprenörerna ha förbättras efter åren då en revision av arbetet sker årligen.

Övergripande kan det väl sägas att det verkar som att tvättning och rengöring utförs på liknande sätt i både Finland och Sverige fast vi definierar våra krav och beskrivningar olika sätt. Båda ska ha liknande problem, struktur på arbetet med entreprenader och att arbetet måste kontinuerligt revideras. Finland är dock färdig med sitt underhåll innan vi i Sverige ens ibland har börjat. Även våra grannar anser att dessa åtgärder har en positiv effekt på broarna, trots inga faktiska rapporter på det.

## Enkätundersökning med kommuner

Ett försök till en enkätundersökning gjordes. Syftet var att undersöka kommunernas arbete och åsikter i jämförelse med varandra och med eventuellt Trafikverket. Det var för få deltagare för att kunna säga något generellt om alla kommuner i landet men vissa indikationer kunde dock observeras.

Enkäten i original kan ses i bilagan B. I bilaga C kan några att svaren som presenteras nedan ses i form av diagram.

### Deltagare

Deltagarana i enkäten var ansvariga eller personer som arbetade med denna typ av underhåll på olika kommuner i Sverige. Deltagarna kunde välja mellan total anonymitet eller benämnas som person med steg däremellan, se bilaga B.

Det var svårt att få tag i personer och sedan ännu svårare att kunna hitta någon att svara. Ett tiotal sa att de snart skulle sluta eller precis börjat och ville eller kunde därför inte svara. En mindre kommun hänvisade till Trafikverket då de ej hade egna broar. Några kommuner hänvisade till sina entreprenörer, vilket inte var målgruppen för denna enkät men det kan vara intressant att göra en undersökning med dem också i andra frågor. Tillgången till BaTMan gjorde att det blev lättare att hitta rätt personer men fortfarande svårt att hitta folk som var villiga att svara. De som svarade gjorde det generellt fullständigt och utförligt vilket gjorde att jämförelser kunde utföras. Totalt blev det 17 svar av över 100 utskickade förfrågningar.

Samtliga deltagare använder BaTMan. Det hade varit önskningsvärt att även ha kommuner som inte gör det men det var svårt att få tag i rätt person om man inte hade ett direkt namn eller mejladress. Detta kan ha att göra med att kundtjänsten på kommuner kanske inte har så bra koll eller att de inte vill svara. Ett exempel är att ett svar från en kundtjänst var att deras kommun inte hade några broar och hänvisade till Trafikverket. Efter tillgång till BaTMan kunde rätt person kontaktas direkt och är en av deltagarna i undersökningen. Det kan dock vara en isolerad händelse. Men med många uteblivna återkopplingar från kundtjänster är det svårt att veta. En annan anledning till uteblivet deltagande kan ha varit bristande kunskap inom ämnet hos dem som fått enkäten och vederbörande väljer därför att inte svara.

Även om det var ett litet antal svar kan det ändå observeras vissa återkommande faktorer. Undersökningen svarade på några frågeställningar som funnits men det väckte också några andra intressanta frågor. Enkäten kan därför ändå vara av betydelse.

### Resultat/svar

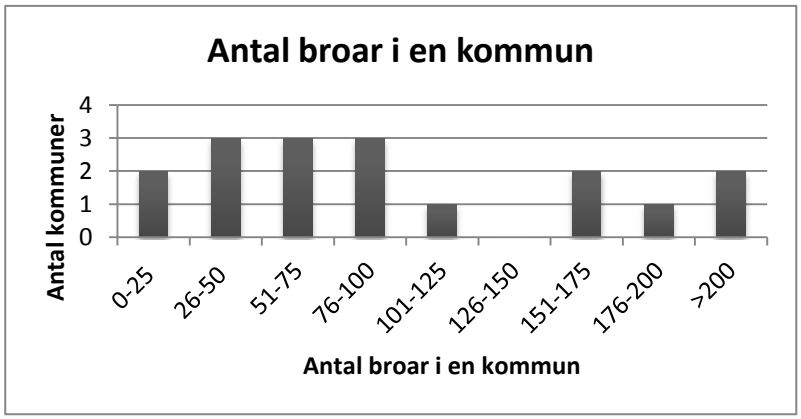
Diagram baserat på skriftliga svar kan ses i bilaga C.

Det fanns en önskan att ha en relativ spridning mellan svarande med t.ex. antalet broar, ekonomi och geografisk placering. Generellt finns en spridning på antalet broar, se figur 1, men ingen större spridning inom geografiskt område då majoriteten av svarande finns i södra och södra mellersta delen av Sverige vid kusterna. Några tydliga antagande baserat på geografi kan därför ej göras.

Några av kommunerna var eller är under förändring med ändrade upphandlingar, entreprenader, ansvariga, investeringar etc. På flera frågor var kommentarerna hur det ser ut i dagsläget och hur det planeras i framtiden.

## Generell fakta

Förutom Stockholm Stad som har över 800 konstruktioner är det ganska bra utspritt med antalet broar per kommun, från 22 till över 200, se figur 1. För Stockholm Stad är det ganska komplext. Exempel inkluderar en bro registrerad i BaTMan, vilken egentligen är flera sammanlänkande broar. Ett annat exempel är att trafikdäck också ingår i brostatistiken. För kommunerna består de flesta broar utav betong eller en kombination av stål och betong. Några kommuner har flera mindre träbroar. Bland kommunerna var det generellt nästan lika många vägbroar som gång- och cykelbroar alternativt fler vägbroar med enstaka undantag där g/c broarna var vanligare inom kommunen.

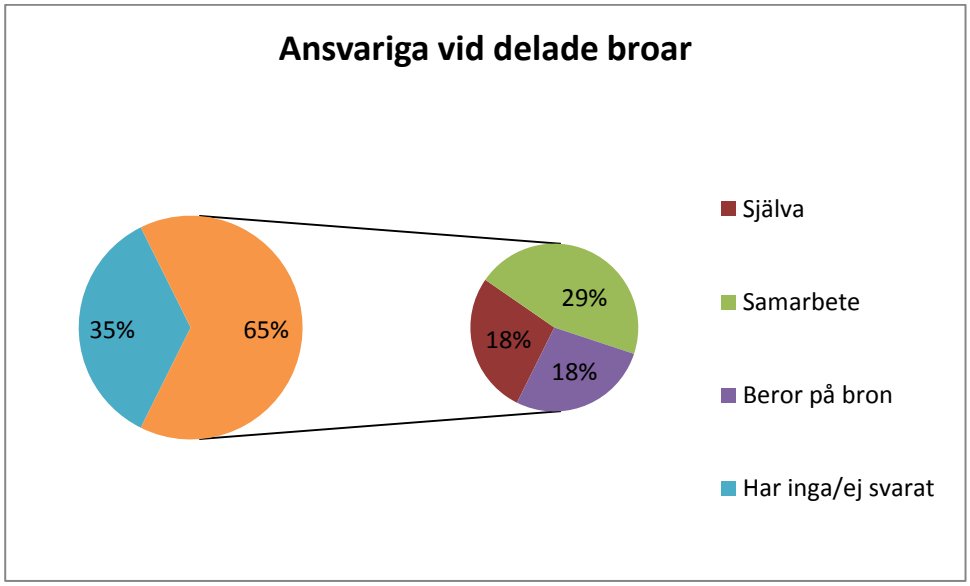



Figur 1 Antalet broar i en kommun enligt enkät

Kommunerna hade varierande budget för underhåll. En del hade relativt stora och andra mindre. En direkt korrelation mellan budget och antal broar eller invånare kunde inte observeras. Några har en större budget för att komma ikapp med eftersatt underhåll. Satsningarna kan vara både kort- och långsiktiga. Det verkar som att satsningar på infrastrukturen har gjorts på flera ställen i landet de senaste åren, vilket är positivt. En del kommuner börjar komma igång med det eftersatta underhållet, några är inne i det och andra är relativt ikapp. Detta påverkar både ekonomin och underhållet samt de prioriteringar och val måste göras.

Endast fyra kommuner använde sig utav integrerat brounderhåll. Av de kommuner som svarade nej var orsaken främst att deras kommuner är relativt små ytmässigt eller det mesta ligger nära ändå, därför fanns det inget direkt behov. Två kommuner planerar att införa integrerat brounderhåll i framtiden. För resten var underhållet främst baserat på skicket av bron och vad som behövde göras än kontinuerligt underhåll.

Cirka två tredjedelar av kommunerna använde sig utav ett tidsschema för året. Mestadels berörs inspektioner och spolning i samband med sandupptagning. Svaren på frågan om vem som ansvarar när kommunerna delade på broar var antingen kommunerna själva, samarbete eller en kombination, se figur 2. Det händer att kommunen ansvarar för olika områden eller delar av bron, t.ex. belysning och klotter.




Figur 2 Svarsfördelning angående ansvar vid delade broar. Till vänster visas andelen av kommuner ej svarat oh inga delade broar (35%) och har delade broar (65%). Till höger visas uppdelningen av svaren för ansvariga vid delade broar.

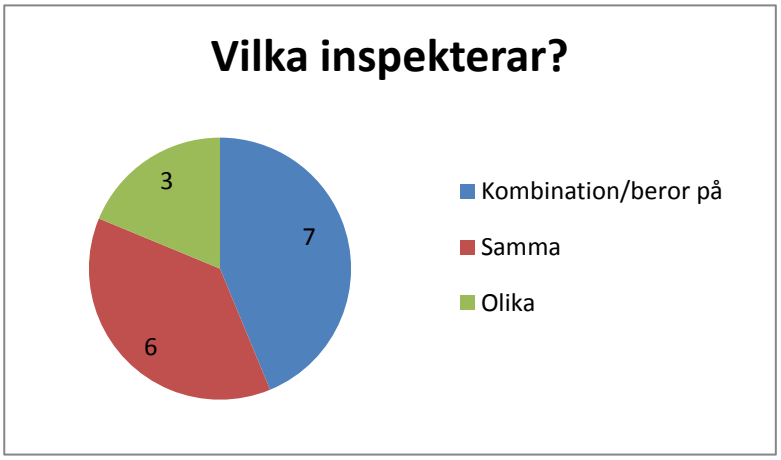
## Upphandling av underhåll

Alla kommuner handlade upp inspektioner av broar från konsulter. Två stycken gjorde detta delvis. Spolning är vanligt att det upphandlas av entreprenader. 10 kommuner gjorde detta helt och hållet, tre gjorde detta delvis och tre handlade inte upp det. För rensning av växtlighet och dränering var det mer utspritt. En kommun valde att inte svara eftersom det hanteras av en annan avdelning. Annars var det relativt jämnt mellan de som upphandlade helt, delvis eller inte allt. Enstaka kommuner kommenterade att det gjordes av egen personal. Arbete med dränering upphandlades mestadels helt eller delvis. Endast två kommuner hade ingen upphandling överhuvudtaget. För små reperationer och kontroller var det vanligast att det handlades upp för 9 respektive 10 kommuner. Därefter var det några som gjorde det delvis. Tre kommuner handlade inte upp några av dessa tjänster. Fem kommuner handlade upp alla tjänster. För resterande var det ganska varierande vilka som handlade upp för en given sak.

## Inspektion

Det vanliga är att större inspektioner på broarna sker vart 3, 5 och/eller 6:e år beroende på kommun. Flertal kommuner gjorde en eller två inspektioner per år, antingen med egen personal eller via underhållsentreprenad. Vissa kommuner använde sig av båda versionerna. Stockholms Stad kommenterade att det är vanligt att de får in observationer och anmärkningar från invånarna. Det finns vissa andra varianter, Motala t.ex., undersöker sina öppningsbara broar var 14:e dag under kanalsäsong. Detta är troligtvis kopplat till ökad användning av broarna och deras system samt en önskan att allt ska fungera utan problem. Eftersom nästan alla kommuner upphandlar inspektioner av konsulter är det vanligt att konsulterna får till en viss period eller datum på sig att utföra större och noggrannare inspektioner vart tredje eller sjätte år. Jönköping har den versionen att alla broar inlagda i BaTMan inspekteras av konsulter

medan de mindre träbroarna utmed gångstigar inspekteras av kommunens egen personal. Det vanligaste är att inspektionen sker någon gång under de varmare tiderna på åren, men kan ske när som helt under året. Mellan april och oktober är det vanligast att inspektionerna utförs. Det var en stor variation mellan använda konsultföretag. Konsultern upphandlas ofta med ramavtal. För en kommun var ramavtalets utformingen pågående vid svarstillfället och kommunen kunde därför inte ge ett tydligt svar. På frågan om samma person utför inspektionerna var det relativt varierande svar, se figur 3, men det vanligaste var en samma inspektör eller att det berodde på/kombination.




Figur 3 Svarsfördelning på frågan: Är det samma person(er) som undersöker på samma broar eller varierar det?

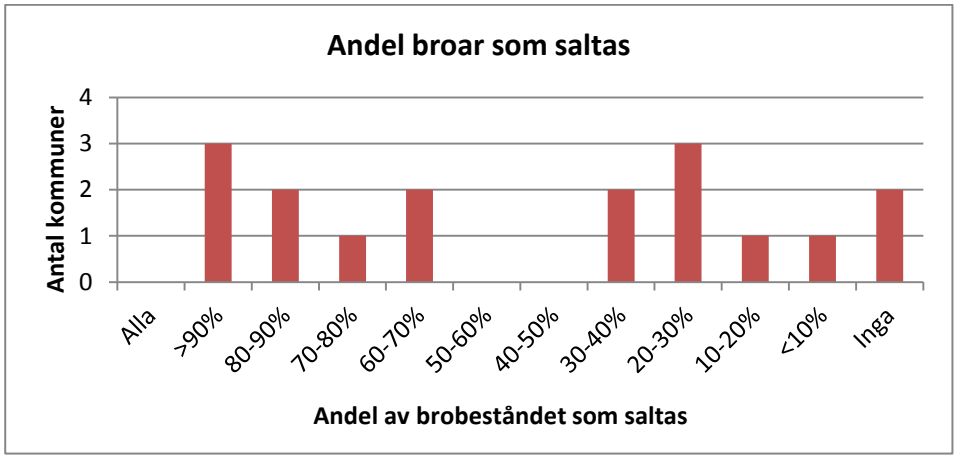
## Underhåll

Angående kontinuerligt förebyggande brounderhåll är frågan om saltning och spolning viktig.

### Saltning

Nästan alla kommunerna i undersökningen svarade att de saltade sina broar i mer eller mindre grad, se figur 4. Endast två kommuner svarade att de inte saltade någon av sina broar. Några kommuner saltar bara vägbroar eller en del av beståndet. Gävle t.ex. saltar bara broar trafikerade av kollektivtrafiken.

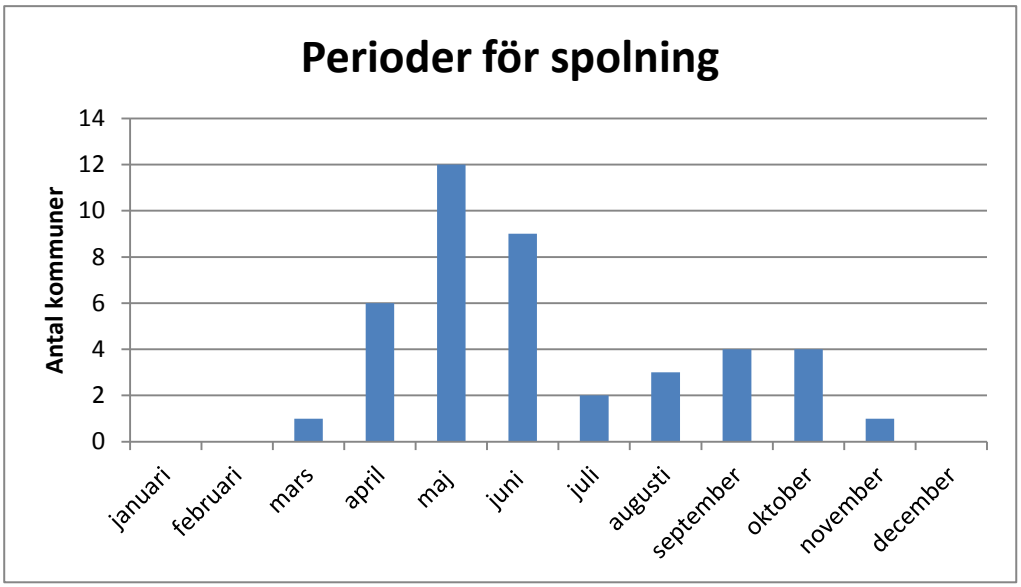
Perioden för saltning var konsekvent för de 14 kommuner som svarade. Nästan alla svarande kommenterade att det självklart beror på vädret och förhållandena i olika formuleringar. Alla som saltade fyllde i december till februari. Flera än två tredjedelar svarade även mars och november. Några enstaka markerade också april eller oktober. Detta kan självklart ha att göra med tolkning av frågan. Några kanske bara tog de månader där salningen sker varje eller nästan varje år, andra kanske valde att ta alla möjliga eller det där riskerna finns. Jönköping, som ligger i den nedre halvan av andel saltade broar, kommer att utöka sitt saltade bestånd när även några g/c- broar kommer att börja saltas, i dagsläget är bara en andel av vägbroarna som saltas.




Figur 4 Andel broar exponerade för saltning i varje kommun

## Spolning

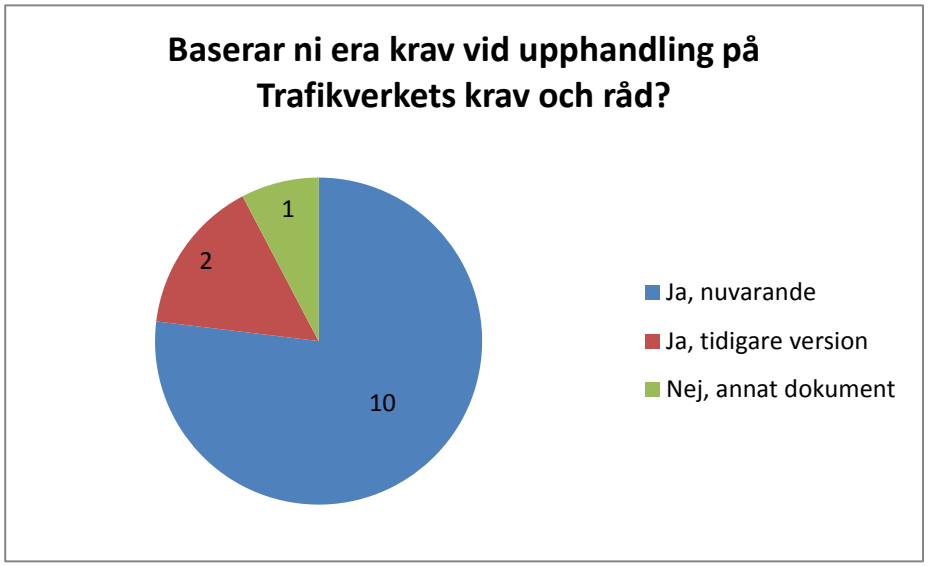
Spolning av broar sker när vintersäsongen är slut och efter sandsopningen. Detta gör att det är en topp av utförande under april till juni. Det kan även ske lite senare vilket kan ses i figur 5. En del kommuner har period eller ett datum när arbetet ska vara klart. Några har också ett startdatum, antingen i april eller i maj. Fyra av de sex kommunerna som svarade att spolning sker på hösten hade underhållet förlagt under en period på våren och en på hösten. De andra två kommunerna hade en sammanhängande period från vår till höst.




Figur 5 Möjliga perioder för spolning, en kommun svarade ej

## Krav

Majoriteten av kommunerna angav att de använder sig utav Trafikverkets nuvarande krav och råd. Av de som använde nuvarande dokument sa endast två kommuner att de ställer mer krav och två andra svarade att det ställs mer krav ibland. Majoriteten utav kommunerna ställde inga fler krav på spolning än vad som fanns i Trafikverkets kravdokument. Några kommentarer indikerade dock att de använde äldre formuleringar liknande Vägverkets, med ”95 % rent”, men det var oklart om kommunerna visste att kraven tillhörde äldre versioner. När frågan om krav på renspolningen ställdes hänvisade de till Trafikverkets dokument eller sa kantbalken, lager & lagerpallar, räcken, avlopp/dräneringssystem etc. Majoriteten av kommunerna tycker att deras krav har uppfyllts, där ¼ ansåg att kraven bara uppfyllts delvis och resten helt. En kommun kommenterade att det uppvisats brister vid kontroll och en annan påpekade att ansvariga dotterbolaget inte har helt rätt utrustning för att komma åt och utföra uppdraget ordentligt.




Figur 6 Kravdokument, 4 kommuner svarade ej

Figur 7 Frågan om det ställs mer krav

## Problem och åtgärder

Vanligaste problemen för kommunerna var väldigt varierande och en tolkningsfråga. Svaren rörde räcken, fogar, kantbalkar, ansamlingar, diverse ytskador, ekonomi etc. och ingen svarade samma. Detta visar dock den bredd av problem på broar i landet. En del av dessa problem kunde lösas med tvättning och rensning men andra kräver mindre eller större reperationsåtgärder.

Det är en konsensus bland delatagarna att utförda åtgärder på deras broar har haft en positiv påverkan på brons standard.

## Kontroll

Personerna som utför kontroller var generellt konsulter, entreprenader eller från kommunens egen personal. Säkerställning av att underhållet och kraven har uppfyllts sker främst genom egenkontroller av entreprenörer och/eller stickprov från kommunen. I de fall brister uppdagas, får entreprenaden oftast åtgärda dem, antingen på egen bekostnad eller genom viten. En del kommuner utför en utredning eller att arbetet ses över. Utfallen av de senaste kontrollerna visar positivt för de flesta kommuner. Några kommuner har större antal åtgärder vilka behövdes rättas till. Jönköping har fått mer pengar och har kunnat beta av sina problem och därmed sett en förbättring i de senaste åren.

## Definition av förebyggande underhåll

Deltagarna fick frågan hur de skulle definiera förebyggande brounderhåll. Svaren kan delas in i fyra huvudkategorier. Svar från en kommun kunde placeras in i en eller flera kategorier. Procenthalten efter varje kategori visar andelen av kommunerna son angav svar inom respektive kategori.

- Rengöring-spolning, rensning etc. (60 %)
- Impregnering och små reperationer (60 %)
- Kontinuerlig uppsikt och/eller åtgärdande i tid (40 %)
- Förbättra eller bevara brons standard eller värde (33 %)

Enligt standarden SS-EN 13306:2010 Underhåll-Terminologi [25] är definitionen för förebyggande underhåll följande: ”underhåll som genomförs vid förutbestämda intervall eller enligt förutbestämda kriterier och i avsikt att minska sannolikheten för fel eller degradering av en enhets funktion”. De svar som erhållits från deltagarna kan alla stämma in på definitionen.

## Stockholm Stad

Stockholm Stad önskade en granskning av tvättningen på deras öppningsbara broar och fogar. För de öppningsbara broarna var det en praktisk sida med att undersöka själva tvättningen samt en teoretisk del att kolla igenom de skötselanvisningar som finns för respektive bro och ge förslag på förbättringar. Övergripande information om underhåll och drift av kommunens broar finns i deras Tekniska handbok del 3 [26] samt vilka krav som ställs och angränsande dokument.

### Öppningsbara broar

De öppningsbara broarna är generellt större broar som går över vatten. De har också ett helt maskineri som ska rengöras utan att förstöra viktiga känsliga komponenter. Underhållsåtgärderna kräver därför flera dagars och/eller nätters arbete. Den tvättning som kräver att bron är öppnad sker nattid. Detta för att störa trafiken så lite som möjligt. Annat arbete som till exempel på pelare, stödmurar, undersidan/fackverk etc. som inte kräver tillgång till körbanorna eller att bron är öppen kan göras under dagtid. Detta är för att arbetet kräver mer än en dags arbete och att det är dyrare att arbeta under natten. Dock är det färre bilar och personer vid dagsarbetet eftersom det är mindre tidspress. Nattarbetet involverar främst klaffen, däcket och räckena samt eventuell lyftkonstruktion och maskinrum. De delar som kan göras under dagtid är t.ex. pelare, undersida, lager samt lagerpallar.

När tvättning utav klaffen sker ställs den i olika vinklar för att kunna exponera olika delar. Eftersom trafiken fortfarande ska kunna passera varvas stängd och öppen klaff med ca 10-15 minuter beroende på trafikintensiteten, d.v.s. 10-15 minuter öppen klaff med tvättarbete och 10-15 minuter stängd klaff och trafikpåsläpp. Inspektion utav broarna gjordes även under de nattliga arbetena. Detta ska ha varit första gången denna kombination utfördes. Anledningen var i princip att det är bättre och billigare att ha en avstängning tillsammans än två separata samt att det är lättare att se när konstruktionen är ren. Enligt uppgifter ska sammanslagningen ha fungerat bra.

### Skötselanvisningarna

För varje bro finns det en skötselanvisning. De öppningsbara broarnas skötselanvisningar är mer omfattande än de fasta. Dock beror det självklart på storleken och kompexiteten av bron. En rörlig bro har fler delar och en hel annan komplexitet med maskinrum och klaff(ar) som ska tvättas i olika lägen. Skötselanvisningarna är indelade i tre delar:

- Generella anvisningar
- Arbetsområden
- Detaljanvisningar

I arbetsområdena beskrivs vart och vad på bron ska spolas för det aktuellta området samt när det kan göras och behovet av en TMA-bil. Detta är först beskrivet som text och sedan som en ritning/schematisk bild med tillhörande text. I detaljanvisningarna beskrivs utförandet av nästan varje konstruktionsdel och i olika skeden för varje arbetsområde. Det är en stor bild på relevant konstruktionsdel med tillhörande text.

## Fogar

Det finns flera olika typer av fogar. Denna rapport behandlar endast rörelsefogar vilket hädanefter bara kommer att benämnas som fogar. Fogar ingår i övergångskonstruktioner, vilket de klassas under i BaTMan och på Trafikverket. Fogar har en väldigt viktig funktion i en brokonstruktion. De tar upp rörelser olika delar av bron skapar för vid temperaturvariationer.

Det optimala just nu anses vara att bygga fogfria broar, men det är inte alltid ett alternativ. Problemen med fogarna, förutom vissa tekniska lösningar för vissa typer utav fogar, är det faktum att de slits ner eller skadas av olika faktorer. Faktorerna inkluderar men är inte begränsade till: slitage och skador från trafik och från skräp. Skräp syftar främst på grus, sand, biologiskt material och material från däck och bilar samt andra föremål som samlas i den nedsänkning som fogarna oftast är. Trafiken sliter mer på fogarna uppifrån vid stålet och skräpet sliter främst på gummit inifrån nedsänkningen.

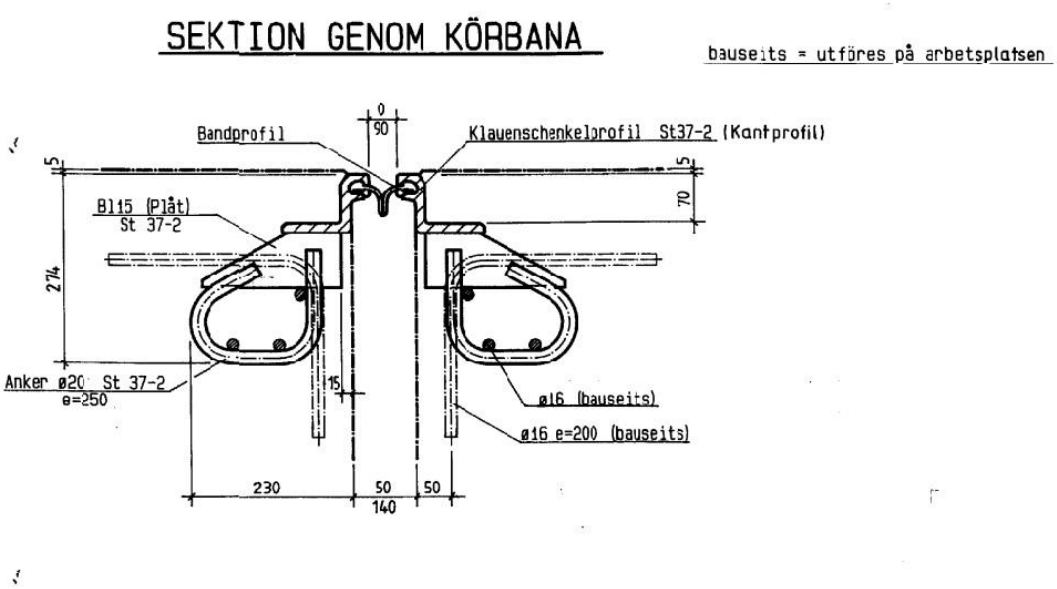
## Typer av fogar

Det finns två stycken amerikanska rapporter [27] [28] om fogar i stater med likande vinterunderhåll som i Sverige. Rapporterna beskriver olika typer av fogar samt olika problem. I rapporten poängteras behovet av kontinuerligt underhåll, behovet av att ta bort skräp samt de negativa påverkningarna av salt och snöplogar. I rapporterna poängteras vikten av att ha täta och fungerande fogar, främst för att skydda konstruktionsdelarna under, främst lagren som kan vara belägna under fogen. Problem med fogar verkar vara vanligt där. Dock är deras kontinuerliga underhåll enligt rapporten minimalt om ens alls, varvid de betonar vikten av kontinuerligt underhåll.

Generellt finns det två huvudtyper av fogar, öppna och slutna. En öppen fog innebär att när fogen vidgar sig är det helt öppet rakt ned, dvs allt kan åka igenom fogen. En fingerfog, se figur 8, är en öppen fog som används ibland i Sverige. Ofta görs dräneringsrännor under de öppna fogarna att vatten, grus och skräp inte kommer ner till underkonstruktionen och leder bort vattnet. Slutna fogar är fogar som hindrar att något åker ner. Främst är syftet att hindra vatten från att rinna ner till underliggande konstruktion. Oftast består detta av en tätprofil i gummi. Olika typer av fogar har olika intervall av rörelser de kan ta upp. Hur stor rörelse en fog behöver ta upp beror på flera faktorer, tex temperaturskillnader över året och längden på konstruktionsdelen.

I Sverige används främst slutna fogar. Den vanligaste fogen är Maurer, en tätprofil i gummi som verkar ha en relativ positiv bild i Sverige jämfört med andra fogar. Maurer är egentligen ett märke med flera olika fogar men i Sverige syftar det främst på en enkel gumprofil, se figur 9. Om det är två eller flera gummiprofiler i rad brukar de kallas dubbel Maurer och multi Maurer. Först och främst väljs fogar beroende på behovet av utvidgning. I Stockholm Stad används främst Maurerfogar och föredra dem framför andra baserat på erfarenheter.

Figur 8 Fingerfog




Figur 9 Standardritning av en Maurer fog- från en standardritning i BaTMan

## Praktiskt

Under sena våren och sena sommaren har utförandet av underhållet för öppningsbara broar och fogar tillhörande Stockholm Stad kunnat observeras. Det gjordes även närmare observationer på skicket av fogar tillhörande Centralbron och Johanneshovsbron, vilket tillhör en av de mest trafikerade sträckorna inom Stockholm. Främst har besöken varit med Miljötekniska AB samtidigt som de utfört underhåll på broar men besöken på Centralbron, Johanneshovsbron och Söderledstunneln var tillsammans med Stockholm Stad eftersom syftet med besöket främst var att titta på skicket av fogarna.

De typer av fogar som observerades mest var Maurer-fogar.

### Tvättning utav fogar

Det kontinuerliga förebyggande underhållet på fogarna innebär att fogarna tvättas en gång på våren efter sandsopningen och en gång på hösten innan vintersäsongen. Tvättningen sker med samma handhållna högtryckstvätt som vid resten utav bron, se figur 10. De observationer som gjordes utav tvättningen var att ofta justerades strålen för att bli mer rak än oval. Detta för att få en vattenstråle som gick in i fogen. På några fogar kunde det mycket väl se hur smutsen ”flög” ur fogen på grund av trycket. Det kunde även observeras att vissa stenar kunde de inte få ut pga. att fogen pressats ihop och därmed klämt fast stenar. Eftersom fogarna var intryckta kunde inte smutsen längre ner i fogen tas bort.

Figur 10 Spolning av fog vid gångbro

## Material i fogarna

På alla observerade fogar har det funnits bl.a. skräp, sand och/eller grus inuti fogen. Skräpet kommer från trafik, sandning, vegetation i omgivningen etc. Detta kan anses vara normalt eftersom det kommer från omgivningen och från bilarna. Sanden och gruset kommer oftast från vinterunderhållet. Eftersom brofogarna är exponerade för naturen och trafiken är det därmed svårt att förhindra. I fogarna på Centralbron fanns det väldigt många cigarettfimpar. Mycket mer än vid andra broar. Kanske har det att göra med att det ofta är köer på bron. Vid observationer av fogar med Miljötekniska var det precis före, under, efter de hade spolats. På Centralbron och Johanneshovsbron hade det gått cirka två månader sedan tvättningen hade utförts. Även där, veckor efter rengöring kunde tydligt ansamlingarna av skräp observeras. Vid kanterna av fogen och kantbalkarna var större ansamling av skräp koncentrerad, se figur 11 högra. Detta beror troligtvis på att det samlas upp där är att vind och fartvind från fordon som driver materialet ut till kanterna. Dessutom leder vattnet material från brobaneplattan till dagvattenbrunnar och fogar. Täcker något fogen blev det också en ansamlingsplats. Stod betongsuggor eller andra konstruktioner ovanför fogen har det varit svårt att kunna göra rent fogen ordentligt eftersom det är svårt att nå samt ibland jobbigt att kunna få bort skräpet. Vilken typ av skräp finns i fogarna beror på flera faktorer. Omgivning, typ av trafik, mängd trafik, växtlighet etc. Allt som finns eller faller till marken samlas i lågpunker, vilket generellt fogar är.

Figur 11 Fogar fyllda med skräp.

Eftersom konstruktionsdelarna expanderar vid värme och komprimerar vid kyla betyder det att fogen är mest hoptryckt under de varma delarna på året. Eftersom dessa rörelser tar sin tid och sker relativt långsamt ligger de lite på efterkälken än vad anser vara temperaturtoppar och -dalar i årsvariationerna. Det innebär också att fogen är mest utvidgad under de kalla perioderna av året. Det är samma period som vinterunderhållet sker på vägarna, d.v.s. saltning och sandning. Detta resulterar i att när tvättningen av fogarna sker på vårkanten efter sandsopningen har fogen redan börjat gå ihop. Resultatet blir att viss del av sanden och skräpet kläms fast i botten utav fogen. Figur 12 visar ett exempel där sand och skräp har klämts fast när betongen har expanderat och fogen viks ihop. Funktionen med öppna ändar på fogen är att vattnets ska kunna rinna bort men det blir lätt tilltäppt vilket i sin tur kan resultera i stående vatten vilket inte är bra när det fryser på.

Figur 12 Ände av fog- Skräp hela vägen ned

Det teoretiskt optimala underhållet skulle vara att göra rent fogarna vid maximal expansion. Vid tidig vår eller sen vinter. Det praktiska problemet är att vintersäsongen inte officiellt är över då. Fortfarande kan ske sandning och saltning av vägbanor om vintern hållit i sig. Det skulle innebära att fogarna kan fyllas med sand igen efter rengöring. Vintervädret och behovet av sandning och saltning kan vara över någon gång i februari till maj, vilket de senaste åren har visat. Dock kan det vara en poäng med att göra en tidig rensning ändå. Fogarna fylls kontinuerligt upp med olika material. Det viktiga är att inte ha något vasst eller skadligt som hamnar i fogarna vilket kan bli problematiskt att blir av med. Ta t.ex. de stenar eller metall som blir fastklämda när fogen trycks ihop. Optimalt vore att få bort dem innan de klämts fast. Annas måste man använda mekaniska medel för att få bort dem, vilket medför en risk att skada fogen.

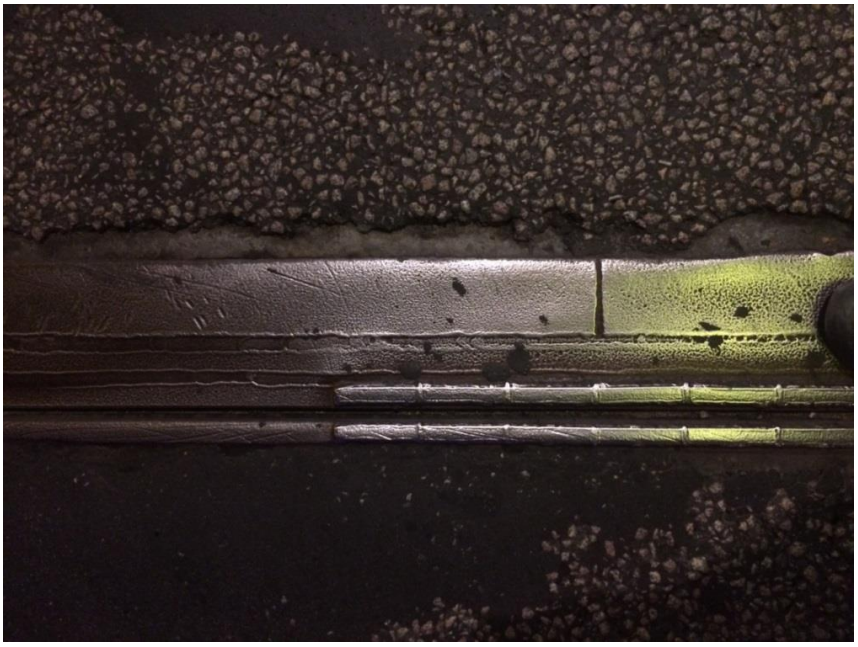
## Trafik påverkan

Trafikens slitage kunde tydligt observeras på fogarna. Speciellt på Central- och Johanneshovsbron där trafikbelastningen är hög. För att minimera skadorna på själva fogen hade Staden utformat lösningen att sätta in ”slitstål” vid och på fog kanterna, se figur 13 och 14. Syftet är att trafiken ska slita på stålet istället för på fogens kanter. Slitstål är inte det lättaste att byta ut men det ska vara mycket lättare och billigare att byta ut och reparera slitstålet än brofogen.

De två typerna av slitstål fokuserar på enskilda problem. Det bredare slitstålet placerat före fogen i körriktningen har funktionen att förhindra urgröpning vid fogkanten. Urgröpningarna leder till att bilarna kör på själva fogen vilket kan orsaka skador på både fogen och fordon. Syftet med slitstålet är att slitaget sker vid stålet istället för vid fogen, d.v.s. att asfalten slits bort vid kanten av stålet istället för vid fogen, vilket förhindrar skador på själva fogen. Det blir också ett extra skydd mot eventuella andra skador, t.ex. en snöplog skulle råka slita loss slitstålet istället för stålet vid fogkanten. Detta slitage kan ge skador likande dem i figur 13. Ifall slitaget hade skett vid fogen hade urgröpningarna av asfalten kunnat skada fogen i sådan utsträckning att den måste bytas ut i förtid. Det är bättre, enklare och billigare att byta ut slitstålet än själva fogen. Den andra typen av slitstål är placerad på själva fogkanten. Detta är mindre stålbitar som fästs där trafiken kör mest, vilket lätt kan ses via urspårningar i asfalten. Syftet med detta slitstål är att minimera det lokala slitaget fogkanten utsätts för vid hög trafikbelastning.

Figur 13 Skadad Slitstål vid fog

Dessutom går det mycket fortare att reparera och byta ut slitstålen än fogen. Ofta är det tiden för själva avstängningen utgör störst problem, speciellt vid högtrafikerade vägar och vid längre avstängningar. Trafiken i sig själv är en stor bidragande faktor på hur bron slits, framförallt vägbanan och därmed fogarna. Eftersom fogen ligger i nivå med vägbana utgör slitage av vägbanan också en ökad risk för slitage och skada på fogen.



Figur 14 Helt slitstål vid fog, slitage vid kant på asfalten synlig

På mindre broar och gångbroar är fogarna inte ett lika stort problem som vid högtrafikerade broar. På alla brofogar finns dock fortfarande det problemet med att skräp och sand ansamlas i dem.

Figur 15 visar det som man försöker undvika med alla åtgärder, att själva gummit i fogen blir skadad och måste repareras, antingen att den helt behöver bytas ut, eller delvis.

Figur 15 Skadat gummi på Maurer-fog. Bild tagen av Peter Jensen (Stockholm Stad)

## Konsekventer av slarv vid annat underhåll

Vid Centralbron och Söderledstunneln kunde det tydligt observeras konsekvenser av vad som händer när entreprenader inte utför vissa förebyggande åtgärder korrekt. Efter föregående avstängning lades ny asfalt på en sträcka. Vid läggning av ny asfalt vid en fog ska fogen täckas med fin sand för att förhindra att asfalt kommer ner i fogen, eftersom fogen kan skadas när asfalten härdas. Sanden ska tas bort när asfalteringen är klar. Vid en fog på sträckan hade sanden inte tagit bort. För resterande fogar hade sanden inte lagts i, vilket resulterade i att det var asfalt i fogen, se figur 16. Ansvarig från Stockholm stad var minst sagt inte nöjd. Enligt honom krävs det mycket jobb att få loss hårdnad asfalt. Mycket mekanisk kraft och varsamhet för att inte skada gummit. Entreprenaden skulle bli tvungna att komma tillbaka och åtgärda deras misstag.

Figur 16 Asfalt i fog p.g.a. ej korrekt sydd av fog vid asfaltering av entreprenad

## Konsekvenser utav fel typ/val av fog

Att välja rätt fog är bland den viktigare faktorn samt att installera dem rätt. Ett exempel på ett felaktigt val av fog kunde observeras där en Acme fog använts. När fogen hade fyllts med skräp hade den tryckts ned så mycket av tyngden att den ”ramlat” ned och var tvungen att puttas upp kontinuerligt. Fogen sitter i princip bara fast i ändarna. Denna fog ska i byggfirmas hemland fungera väldigt bra men inte i Sverige på en stäcka med mycket skräp och i våra vinterförhållanden. Hela profilen skulle behöva bytas ut.

## Förslag på förbättringar till Stockholm Stad

### Öppningsbara broar

Lägg till lite mer detaljerade beskrivningar och bilder i skötselanvisningarna. Vissa bilder är väldigt bra medan i andra är det svårt att visuellt tyda vilken del som är aktuell.

”Varsamt” är en vag definition och kan tolkas på flera olika sätt. Att uttrycka vad det betyder i aktuella fallen kan vara bättre, t.ex. lägre vattentryck eller flöde eller längre avstånd.

Poängtera tydligare viktiga delar som kräver extra omsorg eller de delar som är extra viktiga att de är rengjorda ordentliget.

Utnyttja den möjlighet att göra mer än översidan och eventuellt undersida, av kantbalk, speciellt när man ändå använder skylift för de större broarna, fast kanske inte varje år. Finns det lavar eller mossa är det bra att ta bort dem. Anses det problemattiskt eller dyrt kan det göras med större intervall. Vart femte år kanske eller vid behov.

Eftersom det är flera saker och faktorer som kommit fram under eller efter utförande under åren och resulterat i justeringar i utförande samt skapat diskussioner mellan ansvariga från Stockholm Stad och entreprenörer kan det kanske vara värt att se till att allt står med i beskrivningarna och kontrakten. Det kan göra det lättare vid byte av personal både internt och externt.

### Fogar

Det absolut viktigaste är att ha rätt fog. Det är också väldigt viktigt att kontinuerligt underhålla fogen eftersom en skadad eller trasig fog kan ge stora konsekvenser. Att entreprenader gör sitt jobb rätt vid olika reperationsarbeten eller asfaltläggning är extremt viktigt eftersom det annars kan skada fogen. Därför är kontroller väldigt viktiga, både efter arbeten men också kontinuerliga uppföljningar.

För fogar med kända problem med mycket eller stora grusansamlingar eller material som fastnar kan en lösning vara att rengöra oftare och/eller i de tidsperioderna när fogen är mest utvidgad för att lättare få bort skadligt material som skulle fastna i fogen. Detta gäller ju främst för de fogar med hög belastning och kända problem. På sträckor som har flera planerade avstängningar per år kan det vara värt den relativt begränsade extra kostnaden. I de kalla perioderna är kallvatten inte bra med tanke på frysrisken så en mekanisk rensning eller med luft vore kanske att föredra. För att få bort stenar och annat som fastnar krävas ändå en mekanisk metod. Att rensa när skräpet är som minst hoptryckt vore en bra idé och medför mindre risk för skador på fogen.

Idén med slitstål som skydd för fogarna verkar vara väldigt bra och effektiv metod vilket gör att det borde användas på flera ställen.  För fogar med hög trafikbelastning och kraftigt slitage på asfalten och vägbanan kan denna lösning vara effektiv eftersom slitage från trafiken är den huvudsakliga orsaken till detta problem. Det är lättare och troligtvis mycket billigare att reperara eller byta ut slitstålet än att behöva reparera eller byta ut en fog.

## Vidare forskning

Det kontinuerligt förebyggande underhållet är väldigt viktigt eftersom det minskar de negativa effekter från salter, grus, smuts, vegetation etc. Detta underhåll bidrar att förlänga livslängen av bron och dess beståndsdelar fram till eventuella reperationer. Detta har man genom praktiska erfarenheter märkt av.

Det bästa hade varit att tänka på detta redan vid nybyggnation att broarna byggs så underhållsvänliga som möjligt eftersom det ofta finns faktorer på själva bron och i dess omgivning som försvårar och begränsar utförandet av underhållet. Faktorer som kan undvikas om det tas hänsyn till vid projektering och byggnation.

Vidare forskning av detta projekt kommer dock att fokusera på hantering av underhållet på det befintliga brobeståndet där det finns både äldre och yngre broar som rent teoretiskt skulle ha olika optimerade underhållsplaner.

Det som önskas undersökas vidare kan delas upp i två huvuddelar; påverkan och faktiskt utförande.

### Påverkan

Hur påverkar tvättningen betongen eller bron som helhet är en fråga som det fortfarande inte finns svar på. Det går att visuellt se att smutsen försvinner från ytan och genom praktisk erfarenhet vet man att åtgärderna ska ha haft en positiv effekt. Frågan om hur det är inne i själva materialet är en intressantare fråga ur beständighetssynpunkt, speciellt för betong, vilket är det vanligaste material för broar och kantbalkar, men är outforskat.  Påverkan på stål är inget som kommer att testas direkt i detta projekt, men resultat från annan forskning på ämnet kommer att fortsätta att följas och analyseras.

Det finns en generell tanke att tvättning minskar kloriderna från vägsalter men med hur mycket och om det är samma effekt för varje typ av betong är oklart. Rent teoretiskt borde det variera då olika betonger, speciellt från olika tidsperioder, har olika beständighet.

Att testa hur tvättning påverkar betong och inträngning av salter kan delas in i olika sektioner. En fältstudie ska därför utföras för att få forskningsresultat som förhoppningsvis styrker detta.

Noggrannare undersökning om hur betongen påverkas av tvättning och dess olika faktorer kan undersökas närmare i labbexperiment. Faktorer som antas kunna påverka ska undersökas. Exempel på dessa faktorer kan vara:

- vattentryck,
- temperatur,
- frekvens
- mekanisk tvättning
- avstånd
- eventuella tvättmedel

Andra faktorer som kan vara av intresse är om det spelar roll när man utför tvättningen. Spelar det någon roll om man tvättar i april, juni eller augusti? Ändras effekten av påverkan av salter och smuts när tvättningen sker vid olika tidpunkter efter

vinterunderhållet? Troligtvis har inte alla broar samma optimerat underhåll och en undersökning av detta kan eventuellt ge besparingar på vissa konstruktioner och ett bättre underhåll på andra, vilket troligtvis ger en längre tid innan reperationer blir nödvändiga.

Även om olika metoder kan ge visuellt bättre resultat på ytan kvarstår frågan om hur effekterna är inne materialet. Att forska på det är därför utav stort intresse.

## Faktiskt utförande

Medverkan vid Miljötekniskas arbete har gett en bra första inblick i hur det praktiska arbetet ser ut och fungerar. Frågan om hur det ser ut vid andra tvättningsentreprenader för kommuner och speciellt Trafikverket är av intresse att undersöka.  Medverka och utvärdring några av Trafikverkets entreprenader, like utvärderingarna av Miljötekniskas arbete, är därför av stort intresse. Eventuella skillnader mellan rengöring från handhållna och maskiner vore även intressant att undersöka, både effekten men även åtkomst och tid.

För brofogarna, kan det vara intressant att utforska andra rengöringsalternativ än vatten om man vill rengöra när det finns risk för isbildning. Tryckluft kan kanske vara ett alternativ eller varsam mekanisk rengöring. Att skada gummit i en fog är inte önskvärt. Rent teoretiskt vore det mest optimalt att göra en rensning innan fogen stängs, för att minimera risken att skadligt material fastnar. Eftersom andelen smuts som förs till fogen är beroende på trafik, omgivning och belastning kan det också göras mer individuell anpassning för de broar som kan behöva dessa åtgärder oftare.

## Litteraturförteckning

[1] I. Mitsuo, K. Mori, E. Shigeru, S. Toshiya, Y. Satoshi och F. Yozo, ”INVESTIGATION OF ADHERED BRIDGE MATTER AND PRACTICAL APPLICATION OF WASHING TECHNOLOGIES橋梁の付着物調査と洗浄技術の実用化,” *土木学会論文集F*, vol. 66(2), pp. 220-236, 2010.

[2] S. Hara, M. Miura, Y. Uchiumi, T. Fujiwara och M. Yamamoto, ”Suppression of deicing salt corrosion of weathering steel bridges by washing,” *Corrosion Science*, vol. 47, pp. 2419-2430, 2005.

[3] *BaTMan*, 2017.

[4] T. Jonas Bergsten, Interviewee, *Mejlkorrespondens med Jonas Bergsten, Trafikverket.* [Intervju]. 8 September 2017.

[5] Statens Vägverk, ”TB 103 Avd 4 Inspektion och underhål 1969,” Statens Vägverk, 1969.

[6] Statens Vägverk, ”TB 132 Underhåll av konstbyggnader,” Statens Vägverk, 1979.

[7] Vägverket, ”Bronorm 88 del 7. Underhåll, Reperation och förstärkning,” Vägverket, Borlänge, 1988.

[8] Vägverket, ”BRO 94, 7. Brounderhåll,” Vägverket, 1994.

[9] Vägverket, ”Förebyggande Underhåll, Publ 1998:102,” Vägverket, 1998.

[10] Vägverket, ”Brounderhåll 2002, publ 2002:48,” Vägverket, 2002.

[11] Vägverket, ”Brounderhåll 2006, Publikation 2006:146,” Vägverket, 2006.

[12] Vägverket, ”TK Brounderhåll, Pub 2009:83,” Vägverket, 2009.

[13] Vägverket, ”VVK Brounderhåll, 2010-03,” Vägverket, 2010.

[14] J. Silfwerbrand, ”Improving Preventive Maintenance,” *ACI Special Publication No. SP277CD ("Recent Advances in Maintenance and Repair of Concrete Bridges"),* pp. 67-78, 2011.

[15] J. Silfwerbrand, ”Technical Demands for Preventive Bridge Maintenance- A Critical Review,” i *Proceedings, fib Symposium " Concrete Structures-Stimulators of Development"*, Dubrovnic, Kroatien, 2007.

[16] Trafikverket, ”TDOK 2013:0415, Version 1, Krav Brounderhåll,” Trafikverket, Borlänge, 2013.

[17] Trafikverket, ”TDOK 2013:0415, version 2.0 Krav Brounderhåll,” Trafikverket, Borlänge, 2015.

[18] Trafikverket, ”TDOK 2013:0415 version 3.0 Krav Brounderhåll,” Trafikverket, Borlänge, 2017.

[19] Trafikverket, ”TDOK 2013:0416 Brounderhåll Råd, version 1.0,” Trafikverket, 2013.

[20] Trafikverket, ”TDOK 2013:0416 Brounderhåll Råd, version 2.0,” Trafikverket, 2015.

[21] Trafikverket, ”TDOK 2013:0416 Brounderhåll Råd, version 3.0,” Trafikverket, 2017.

[22] Trafikverket, ”Förfrågningsunderlag- Integrerat brounderhåll- Tidsstyrd underhåll- Jönköping- Teknisk beskrivning,” Trafikverket, 2014.

[23] M. Torkkeli, Interviewee, *Mejlkonversation med Liikennevirasto(Finska Trafikverket).* [Intervju]. 2 Maj 2017.

[24] Liikennevirasto, ”Siltojen Hoito,” Liikennevirasto, Helsinki, Finland, 2014.

[25] SIS Swedish Standards Institute, ”SS-EN 13306:2010 Underhåll- Terminologi,” SIS Swedish Standards Institute, Stockholm, 2010.

[26] Stockholm Stad, ”Teknisk handbok Del 3- KOnstbyggnader, tekniska anläggningar och installationer.,” Stockholm Stad, Stockholm, 2015.

[27] K. E. Polito, S. Pollack och C. D. Baker, ”Better Bridge Joint Technology,” University of Massachussete Transportation Center, Amherst, Massachussete, USA, 2016.

[28] R. Purvis, ”Bridge Deck Joint Performance- A Synthesis of Hoghway Practice,” Trasport Research Board, National Research Council, Washington, DC, USA, 2003.

# Bilaga A Studiebesök

## A.1 Långholmsbron 16 maj 2017

Figur 17 Långholmsbron

Långholmsbron är den större av de två broar som går mellan Södermalm och Långholmen. Detta var den första bron observerad med Miljötekniska AB. Det var en liten bro med främst gång- och cykeltrafik och enstaka bilar. Eftersom tvättningen utfördes under dagtid och det var en relativt okomplicerad bro, är det i vanliga fall bara två personer som utför arbetet med en tankbil. I detta fall var det med en av de större tankarna. Förutom de två som skulle utföra arbetet var även författaren, ansvariga från Miljötekniska samt en person från Stockholms Stad, som vid några tillfällen styrde upp arbetet och vid ett tillfälle gjorde del av tvättningen själv. Det var ett bra första introduktion. Vid platsen tvättades främst räckena och fogarna. Efter uppmaning från Stockholm stad gjordes även lagerpall från den enda sidan där det kunde kommas åt. De andra sidorna låg i vatten eller var väldigt blockerade. Vid förfrågning om varför inte kantbalken tvättades var svaret att det inte är med i kontraktet. Vid samtal med Stockholm Stad senare skulle det enligt dem vara underförstått att även den skulle göras. Det uppstod vad jag förstod senare en diskussion om detta och ärendet ska vara löst mellan parterna.

Enligt uppgifter från Stockholm hade bron impregnerats. Detta kom under diskussion eftersom det växte lavar på sidan utav kantbalken. En diskussion angående lagren vid ändstöden kom upp eftersom det kunde observera slitningar vilka indikerade höga spänningar i konstruktionsdelen. Ändstöden ska vara rörliga men den hade ankras fast på ett sådant sätt att de kan vara mer fasta än rörliga i praktiken. Personen från Stockholm Stad var bekymrad över detta. Hur det såg ut att vid andra ändstödet och dess lager var okänt och skulle kräva båt för att undersökas. Det antas vara liknande eller att lagrets rörelseförmåga inte var tillräckligt för att hantera all rörelse, med tanke på slitningarna vid den observerade änden. Uppenbarligen hade lagren gjorts om tidigare vid en reperation av bron.  Vid tvättning av räckena visades även en automattvätt som skulle kunna dras längs broräcket. Det krävde dock att räckets topp var rakt och relativt långt för att männen från Miljötekniska skulle känna att det var värt mödan att lägga upp. Annars verkade de föredra att använda den handhållna sprutan. Det gör dock att bara en sida av räcket sprejas ordentligt. Huruvida det är tillfredsställande är uppe för diskussion.

## A.2 Reimersholmsbron 16 maj 2017

Bron går mellan Södermalm och Reimersholme. Det är en vägbro med trottoar. Vid besökstillfället var ena trottoarkanten blockerad/avstängd på grund av ett arbete med värmesystemet i området. En värmepanna stod på ena sidan bron och kanaler gick över bron till fastigheter på andra sidan. Enligt personen från Stockholm stad var det troligt att de håller på att lägga till eller ändra i värmesystemen i området. En temporär portabel version höll på att installeras för att användas under arbetes gång. Denna bro observerades bara. Lagren och Lagerpallarna vid ena änden kunde kommas åt via en inspektionsgång. Denna gång syns i nedre högra hörnet på figur 18. Vid lagren kunde det ses att mycket skräp hade ansamlats. Förutom naturligt skräpet från vägen och omgivningen kunde det även ses att någon hade bott där. Det fanns en hopvirad madrass och flera saker, bl.a. böcker. Detta visar ju på ett helt annat men viktigt problem.

Figur 18 Reimersholme

## A.3 G/C-bro vid tunnelbanestation Skärmabrink 22 juni 2017

Detta var den sista observerade bron. Vid detta lag var arbetsförfarandet rutin. Det enda nya var spolning utav brunnar. Ifall brunnarna inte kunde enkelt göras rent med spolning, applicerades lite mer kraft eller högre tryck. Om det inte löser problemet måste det anmäla det innan entreprenaden (eller någon annan) kan göra något. Antar att det är för att säkerställa problemet och se till att inget görs sönder av misstag. Alternativet till att spola är att suga. Det var flera träd i närheten och det kunde tydligt ses hur de skräpade ned i omgivningen, speciellt i fogen kunde detta observerats med mycket ansamling av barr och löv.

Här hade man också den lilla spolbilen. Lösningen med den lilla tanken var att en slang kopplades mellan tanken och närliggande brandpost brandposten och lät vattnet sedan bara passera tanken direkt till den handhållna högtryckstvätten.

Figur 19 Hämtning av vatten från brandpost

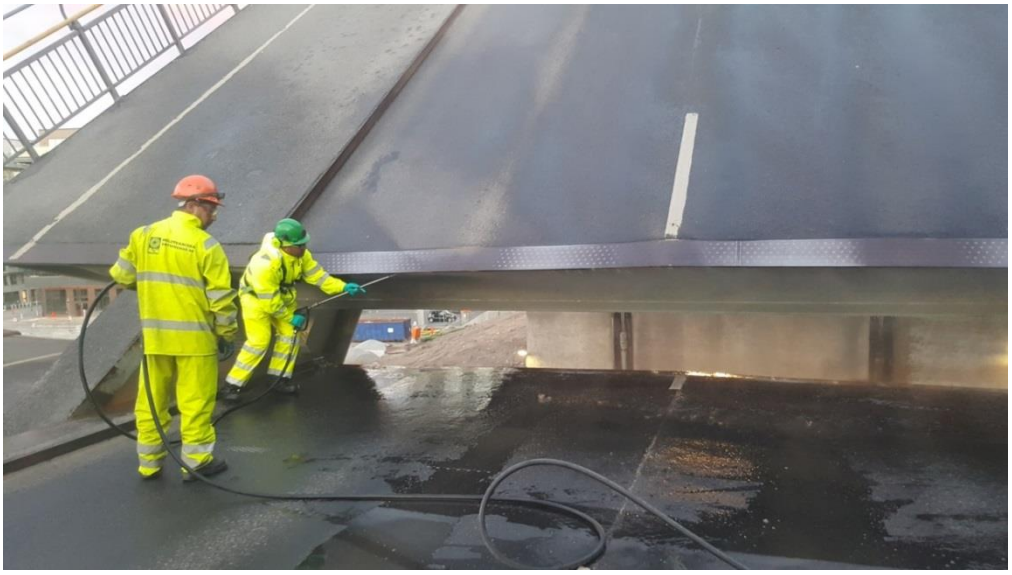
## A.4 Skansbron 23 maj 2017

Skansbron var den första besökta öppningsbara bron. Det var även det första medverkan vid nattarbete. Precis som med första fasta bron var Skansbron en bra introduktion till de öppningsbara broarna. Detta eftersom bron jämförelsevis med de andra öppningsbara broarna var mindre, arbetet blev klart fortare och fler delar av konstruktionen kunde undersökas. Även här var det mycket folk. Förutom personal från entreprenaden och Stockholms Stad var det en eller två som skötte broöppningen samt två inspektörer från Bro och Stålteknik som skulle inspektera bron. Detta för att passa på när bron ändå var avstängd för att minimerar avstängningarna.

Först tvättades räcken, brobaneplattan samt klaffarna i olika lägen. Enligt ansvarig hade det nyligen gjorts nymålning av stålet vilket resulterat i att det inte var så smutsigt som det brukade vara. Även smorning av de rörliga delarna var nyligen gjorda. Efter tvättning av räcken och klaffarna gick man ner till maskinrummet för tvättning av det. Där var det väldigt smutsigt, speciellt golvet eftersom allt hamnar där och kommer inte någonstans eftersom rummen är stängda. Det var mycket ansamlingar vid gliporna och i maskinrummet.

När tvättningen skedde med öppen klaff över en viss lutning var de tvungna att använda sele och spänna fast sig i räcket. Detta pga. av fallrisken och var därmed en säkerhetsfråga.

Figur 20 Skansbron sedd nerifrån



Figur 21 Tvättning av klaff, Skansbron

Figur 22 Tvättning av klaff med liten lutning, Skansbron

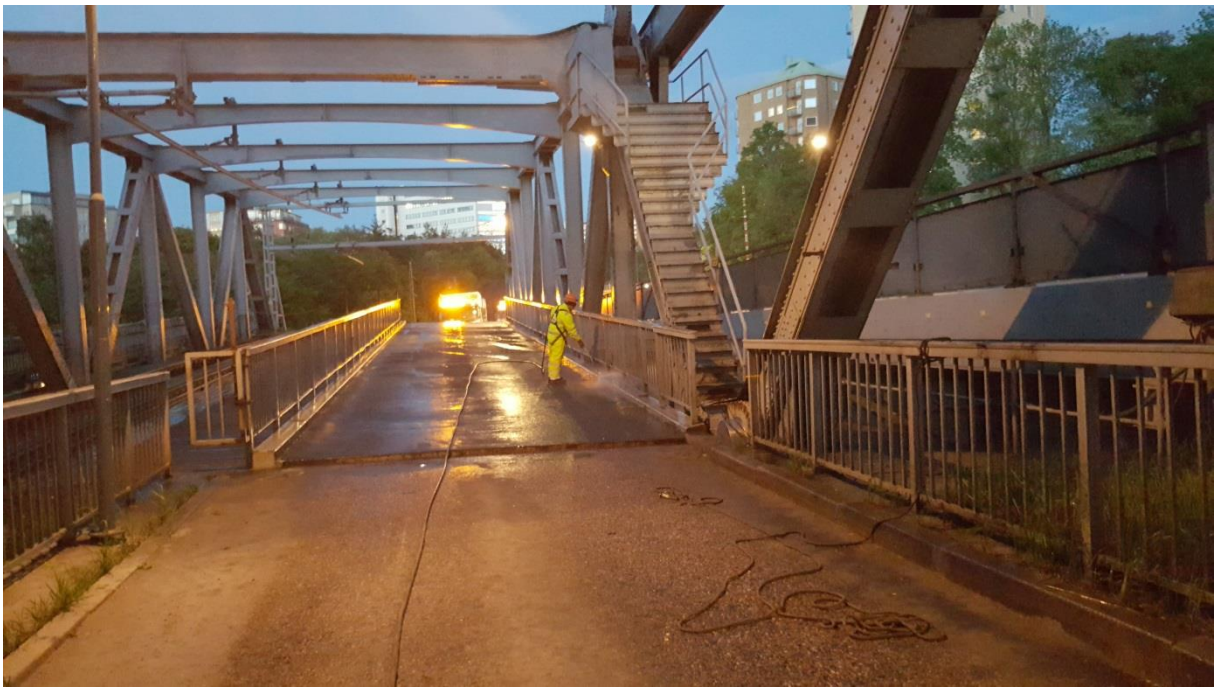
## A.5 Norra Danviksbron 1 juni 2017

Det finns två Danviksbroar, norra och södra, belägna parallellt till varandra. Trafiken över norra bron är bara SL-trafik, d.v.s. bussar från Nacka och Värmdö samt Saltsjöbanan som vid tidpunkten var avstängd över bron pga. av arbete med spåren. Bussfilen stoppades av en TMA-bil så att bussarna fick åka över den södra bron, vilket inte var några problem eftersom arbetet skedde nattetid. Eftersom ingen trafik gick över bron kunde arbetet flyta på utan avbrott för påsläpp av trafiken. Detta gjorde att arbetet kunde avslutas mycket tidigare än vad som var planerat. Även här rengjordes bron i olika lutningar, vilket är standard. Arbetet skedde i liknande ordning och utförande som vid Skansbron.

Chansen att testa högtrycksprutan gav sig här, vilket även togs. Det var inte lite tryckkraft i den. Även här ställdes två stora vattenbilar på varsin sida utav bron. Efter tvättningen påpekade männen från Bro och stål att det var ett utrymme längst ned i Södra Danviksbrons maskinrum som inte hade rengjorts. Vid undersökning visade det sig var en lucka ned från det utrymmet som hade städats tidigare. Enligt arbetarna från Miljötekniska verkade de inte veta om det. Och en diskussion om den var med i beskrivningen uppstod, utan lösning just då. Väl nere i utrymmet kunde man tydligt se att utrymmets inte hade gjorts rent på flera år. Man stod i tjockt damm som var några cm djupt. Här skulle det inte räcka att spola utan sopsäckar och skyffel skulle vara tvungna att användas först för att få bort dammet, vilket fick ske vid ett senare tillfälle eftersom det skulle ta minst en hel arbetsdag.  På Norra Danviksbron gjordes bara körbanorna och klaffen samt motvikten och delar av stålkonstruktionen vid detta tillfälle. Pelarna och lagerpallarna skulle göras senare under dagtid. Den stora vikten som utgör lyftkraften på denna klaffbro gjordes också ren. Man kunde då se alla sprickor, som antas vara mikrosprickor eftersom de var väldigt svåra att se när betongen var torr.

Figur 23 Förberedning innan tvättning, Norra Danviksbron

Figur 24 Tvättning av räcken, Norra Danviksbron



Figur 25 Tvättning av kantbalk och maskineri, klaff delvis öppen, Norra Danviksbron

## A.6 Liljeholmsbron 12-13 juni 2017

På Liljeholmsbron missades tyvärr de nattliga arbetena. Istället kunde tvättning av undersidan utav bron från båda sidorna observeras. Vid båda tillfällena användes skylift. På vissa delar av bron, nära landfästet på norra sidan på östra bron och vid sista betongpelaren på södra sidan fanns inspektionsgång som kunde användas men främst fick skyliften användas för att komma åt första dagen. Bara den östra bron kunde observeras eftersom västra redan var gjord.

### 12 juni- Södra änden

Den första dagen skedde tvättningen vid den södra änden utav bron mellan landfästet och första betongpelarna i vattnet. Under bron, på land, var en parkering som delvis spärrades av under bron för att smutsen inte skulle komma ned på bilarna. Folk var inte så glada i avspärrningarna men förstod väl till slut att det var bättre att undvika att få smuts och grus på bilen. Några hade struntat i restriktionerna eller kommit innan avspärrningen. Enligt uppgifter ska ägarna till parkeringen haft i uppgift att informera om avstängningen i förtid eftersom det är mestadels företagsparkering, men det hade de inte gjort utan bara precis innan. I början användes en av de stora tankbilarna. Men efter en stund var den tvungen att åka iväg på ett annat jobb. Därefter var det tvunget att använda den lilla tankbilen. Dennes vatten tog snabbt slut och krävde påfyllning var 15 minut ungefär. Själva påfyllningen tog också ca 10 min, vilket gör att arbetet tar mycket längre tid än vad som skulle ha gjorts om man hade den stora tankbilen. Påfyllning gjordes från någon av närliggande brandposter.

Figur 26 Tvättning av Liljeholmsbron fackverk/undersida från skylift

### 13 Juni- Norra änden

Dagen efter skedde tvättningen på andra sidan vid den norra änden. På den sidan fanns inspektionsgång, vilka krävde skylift för att nå. De var redan klara med ändstöd och dess dräneringsrör. Den person son inte var med uppe, åkte med en båt ut till pelarna

för att kolla i de rum som finns där. Det fanns bara en inspektionsgång på varje bro, fast det var två ”fack med fackverk” på varje bro. Detta gjorde att bara en del av konstruktionen kunde göras mer noggrant. Väl uppe tvättades först bryggan och fackverken. Dock inte översidan. Sedan rengjordes toppen av pelarna. Främst handlade det om dräneringsrören som gick inuti pelarna och omgivningen runt dem som gjordes rent. Det var väldigt mycket ansamlingar av stenar.

Då bron går över vatten och är ganska hög är detta inget jobb för någon som är höjdrädd. När man satt på utsidan av pelaren kändes verkligen blåsten. När man använde en gång/bro för att ta sig till den andra bron kände man det ännu mer. Sist togs de fågelbon som var på inspektionsgångarna bort. Inga ägg eller ungar fanns i bon. Även vid detta tillfället användes bara den lilla bilen.

Figur 27 Tvättning av fackverk ifrån gångbro

Figur 28 Gångbro under Liljeholmsbron

## Bilaga B Enkät

# Förebyggande brounderhåll- Enkät för kommuner

**Information**

Först vill jag tacka hjärtligt för deltagandet i denna enkätundersökning.

Totalt finns 31 frågor varav 16 har svarsalternativ. Det går alltid att skriva kommentarer till dessa om det är något ni vill tillägga, kommentera eller om ni anser att föreslagna alternativen inte passar. För de andra frågorna räcker det med korta svar men ni kan skriva mer om ni vill på dessa.

Om ni önskar att inte svara på en fråga, ange gärna då orsaken.

**Kontaktinformation**
Var god fyll i följande kontakt information
Kommun(er):
Kontaktperson(er):
E-postadress:
Telefonnummer:
Datum:

Vad anser ni är OK att använda som referering till i rapporten angående era svar?

- ☐ Namn på personer och kommun får användas som exempel i rapport i hänvisning till svaren
- ☐ Endast kommunen får hänvisas till vid exempel och svar
- ☐ Enskilda svar kan användas som exempel men kommunen namnges ej
- ☐ Anonymt (bara data används som del av statistik)
- ☐ Annat:

**Generellt om broarna**

1. **Hur många broar ansvarar ni för?**
   (Med broar menas här de broar som har en teoretisk spännvidd i största spannet på mer än 2,0 meter)

| | |
|---|---|
| Totalt | |
| Vägbroar* | |
| Gång och cykelbroar* | |
| Övrigt* | |
| Rörliga | |
| Fasta | |

*Ej nödvändigt men vore väldigt hjälpsamt
Kommentar:

2. **Hur många broar finns av följande material ur konstruktionshänseende?**

| | |
|---|---|
| Betong | |
| Stål | |
| Betong och stål | |
| Trä | |
| Sten | |
| Annat | |

Kommentar:

3. **Hur mycket pengar lägger er kommun på underhåll varje år?**
   Svar:

4. **Hur mycket av det är i förebyggande syfte? (t.ex. spolning, rensning av växtliget och mindre reparationer)**
   Svar:

5. **Använder ni er utav integrerat brounderhåll?**
   (Brounderhållet på Trafikverkets broar är indelat i olika områden, så kallade Integrerade brounderhållspaket. I paketen ingår både tidsstyrt (förebyggande) och tillståndsstyrt (avhjälpande) brounderhåll. I detta fall menas att broar som ligger inom ett geografiskt område får underhåll inom en tidsperiod. D.v.s., man ”underhåller flera broar medan man är i området”)

   ☐ Ja
   ☐ Nej

   Kommentar:

**6. Vilka tjänster handlar ni upp?**

| | Helt | Delvis | Inte |
|---|---|---|---|
| Inspektioner | ☐ | ☐ | ☐ |
| Spolning av broar | ☐ | ☐ | ☐ |
| Rensning av växtlighet | ☐ | ☐ | ☐ |
| Rensning av dräneringssystem | ☐ | ☐ | ☐ |
| Små reparationer | ☐ | ☐ | ☐ |
| Kontroller | ☐ | ☐ | ☐ |

Kommentar:

**7. Finns det ett tidschema för året?**

☐ Ja
☐ Nej

Kommentar:

**8. Om ni har broar som delas med Trafikverket och/eller andra kommuner. Vem ansvarar för underhållet?**

| | |
|---|---|
| ☐ | Ni själva |
| ☐ | Trafikverket/andra kommuner |
| ☐ | Sammarbete |
| ☐ | Beror på bron |

Kommentar:

## Inspektion

**9. Gör ni inspektionerna själv eller handlar ni upp dem?**

- ☐ Själv
- ☐ Entreprenad
- ☐ Kombination

Namn på entreprenör*:

Kommentar:

**10. Är det samma person(er) som undersöker på samma broar eller varierar det?**

- ☐ Samma
- ☐ Olika
- ☐ Kombination/Beror på
- ☐ Vet ej

Kommentar:

**11. Välj a) och/eller b)**

**a) Hur många gånger per år undersöks en bro generellt?**

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ >4
- ☐ Vet ej

Kommentar:

**b) Om broarna undersöks färre än 1 gång per år, hur långt mellanrum är det mellan inspektionerna?**

- ☐ 2 år
- ☐ 3 år
- ☐ 4 år
- ☐ 5 år
- ☐ >5 år
- ☐ Vet ej

Kommentar:

**12. När undersöks broarna?**

- ☐ Januari
- ☐ Februari
- ☐ Mars
- ☐ April
- ☐ Maj
- ☐ Juni
- ☐ Juli
- ☐ Augusti
- ☐ September
- ☐ Oktober
- ☐ November
- ☐ December
- ☐ Vet ej

Kommentar:

## Underhåll

**13. Hur stor andel av broarna saltas årligen?**

( med detta menas de vägar som går på eller under bron)

- ☐ Alla
- ☐ >90%
- ☐ 80-90%
- ☐ 70-80%
- ☐ 60-70%
- ☐ 50-60%
- ☐ 40-50%
- ☐ 30-40%
- ☐ 20-30%
- ☐ 10-20%
- ☐ <10%
- ☐ Inga

Kommentar:

**14. Under vilka månader saltas broarna?**

( med detta menas de vägar som går på eller under bron)

- ☐ Januari
- ☐ Februari
- ☐ Mars
- ☐ April
- ☐ Maj
- ☐ Juni
- ☐ Juli
- ☐ Augusti
- ☐ September
- ☐ Oktober
- ☐ November
- ☐ December
- ☐ Vet ej

Kommentar:

**15. När spolas broarna?**

- ☐ Januari
- ☐ Februari
- ☐ Mars
- ☐ April
- ☐ Maj
- ☐ Juni
- ☐ Juli
- ☐ Augusti
- ☐ September
- ☐ Oktober
- ☐ November
- ☐ December
- ☐ Vet ej

Kommentar:

## Krav

**16. Baserar ni era krav vid upphandling på Trafikverkets krav och råd?**

- ☐ Ja, nuvarande (TDOK 2013:0415 och TDOK 2013:0416)
- ☐ Ja, tidigare version (Gamla vägverkets /VVK Brounderhåll (2010))
- ☐ Ännu äldre
- ☐ Nej, annat dokument

Om annat, ange dokumentets namn:

Kommentar:

**17. Vilka instruktioner eller krav ställer ni på renspolningen?**
( Vid användning av referens, var god ange vilken)

Svar:

**18. Vad är de vanligaste problemen? (ej inräknat olyckor)**
Svar:

**19. Vad är de vanligaste åtgärderna? (i anknytning till föregående fråga)**
Svar:

**20. Anses de utförda åtgärderna ha en positiv effekt på brons standard?**
Svar:

**21. Tycker ni att de krav ni ställer uppfylls?**

- ☐ Ja
- ☐ Nej
- ☐ Delvis

Kommentar:

**22. Utav de krav ni ställer på ert brounderhåll, är det något eller några som ni önskar skulle undersökas vidare?**

Svar:

**23. Om följande dokument används, TDOK krav (2013:0415) och råd (2013:0416), ställs mer krav i kontrakten än de som finns i dokumenten?**

- ☐ Ja
- ☐ Nej
- ☐ Ibland

Kommentar:

## Kontroll

**24. Vem utför kontrollen?**

Svar:

**25. Hur säkerställer ni att underhållet och de krav ni ställt uppfylls?**

Svar:

**26. Har ni några kontroller eller undersökningar som utförs vilket ni önskar skulle undersökas vidare?**

Svar:

**27. Vad händer ifall kontrollen visar brister i det förebyggande brounderhållet?**

Svar:

**28. Använder ni er utav BaTMan?**

- ☐ Ja
- ☐ Nej
- ☐ Har eget system

Kommentar:

**29. Hur ser utfallet från de senaste kontroller ut?**

Svar:

## Övrigt

**30. Hur skulle du definiera förebyggande underhåll? Vad ingår?**

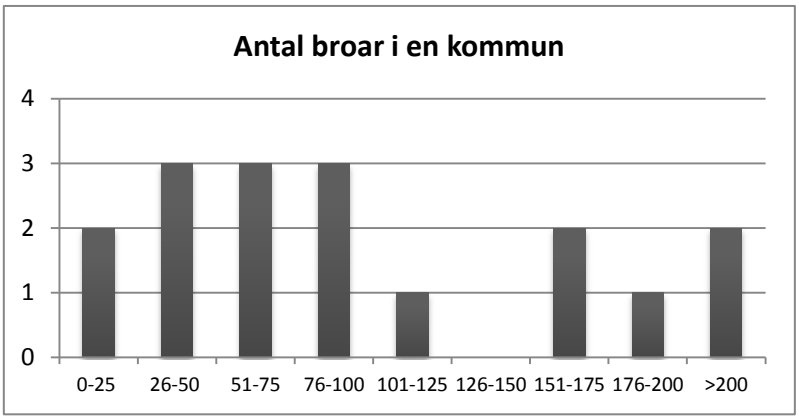
Svar:

**31. Skulle det vara möjligt att återkoppla med er angående vidare frågor/utvecklingar**?

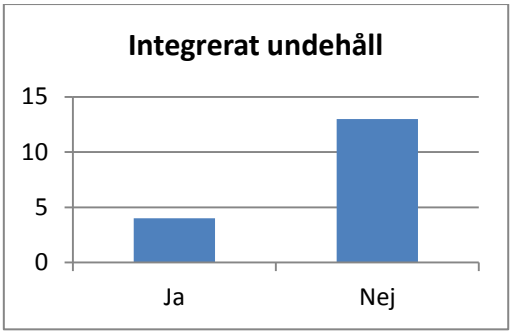
- ☐ Ja
- ☐ Nej
- ☐ Kanske

Kommentar:

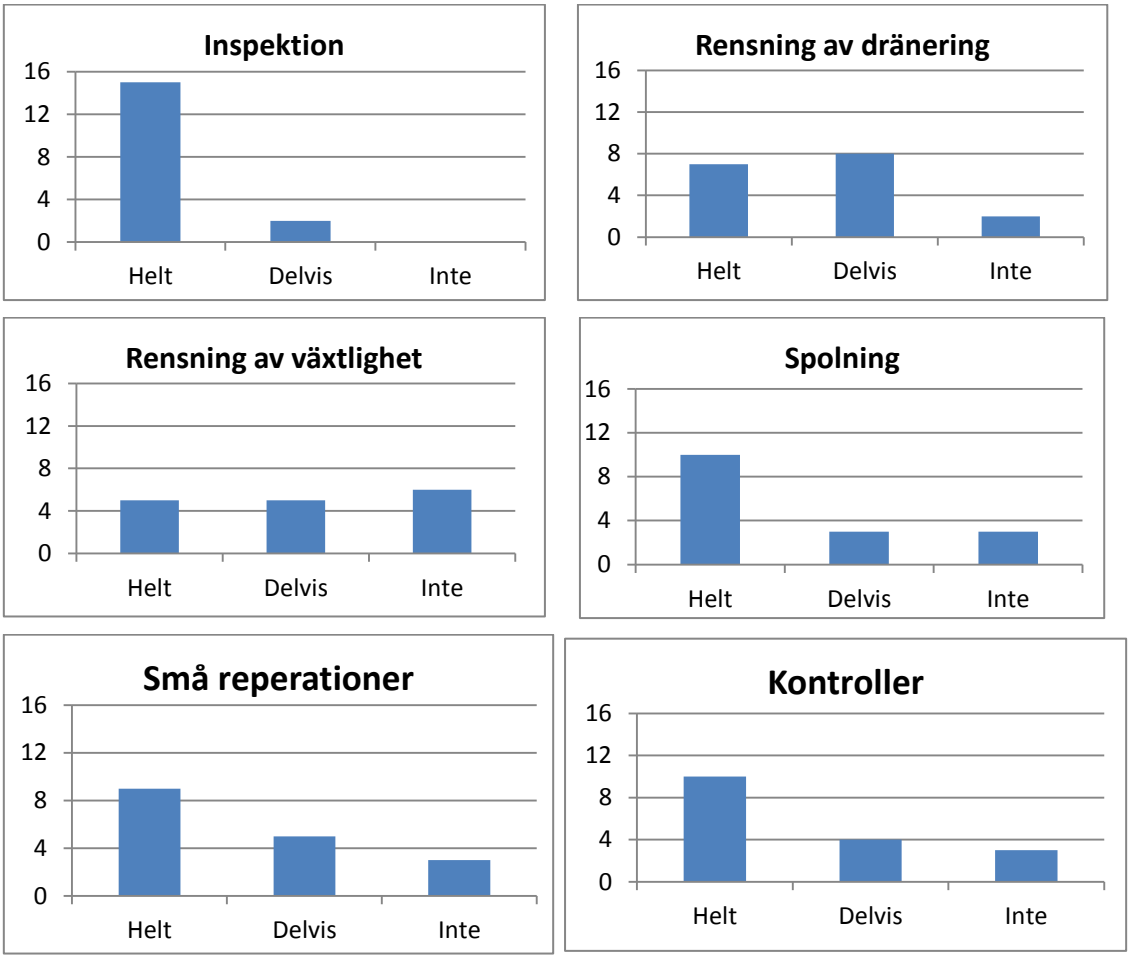
## Bilaga C Enkät diagram



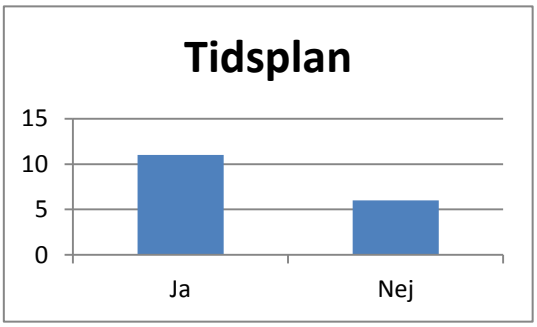

Figur 29 Svar på fråga 1, ” Hur många broar ansvarar ni för? ”



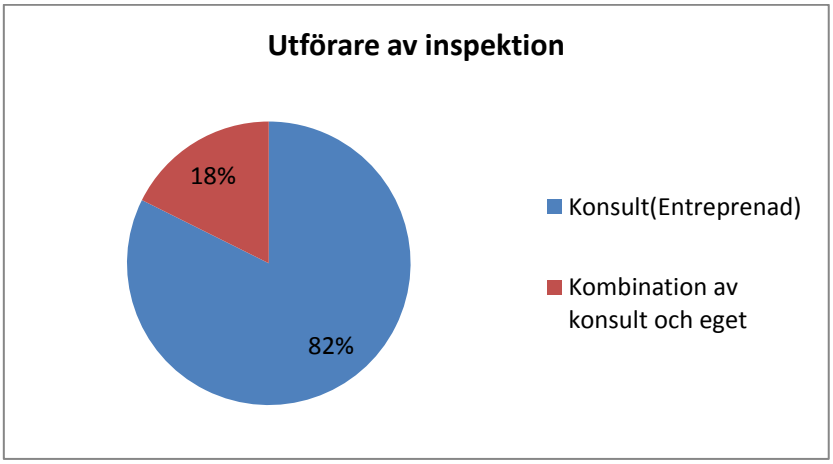

Figur 30 Svar på fråga 5, ”Använder ni er utav integrerat brounderhåll?”



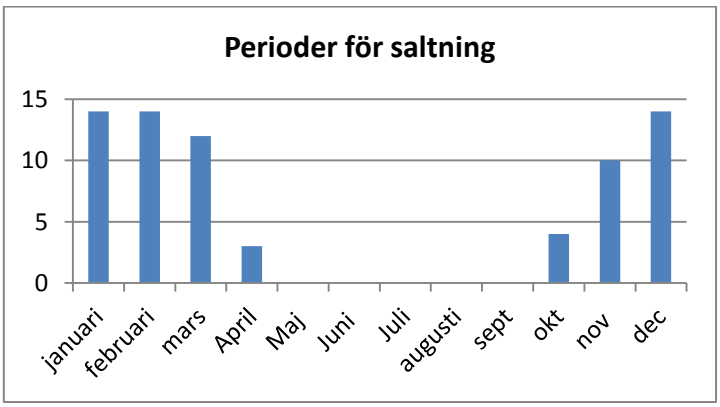

Figur 31 Svar på fråga 6, ”Vilka tjänster handlar ni upp?”



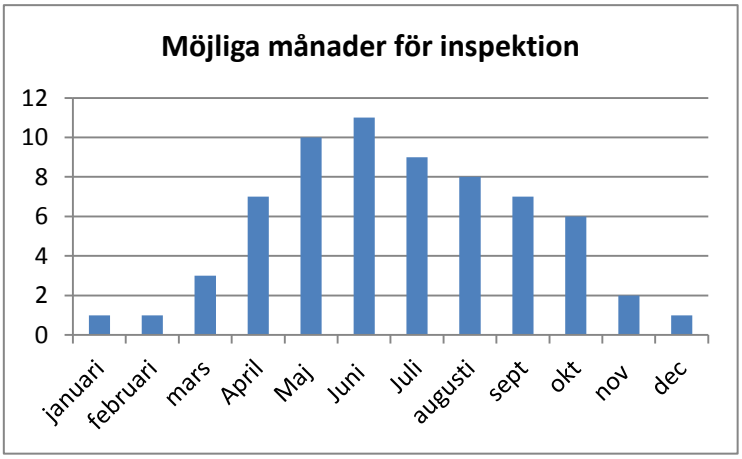

Figur 32 Svar på fråga 7, ”Finns det ett tidschema för året?”



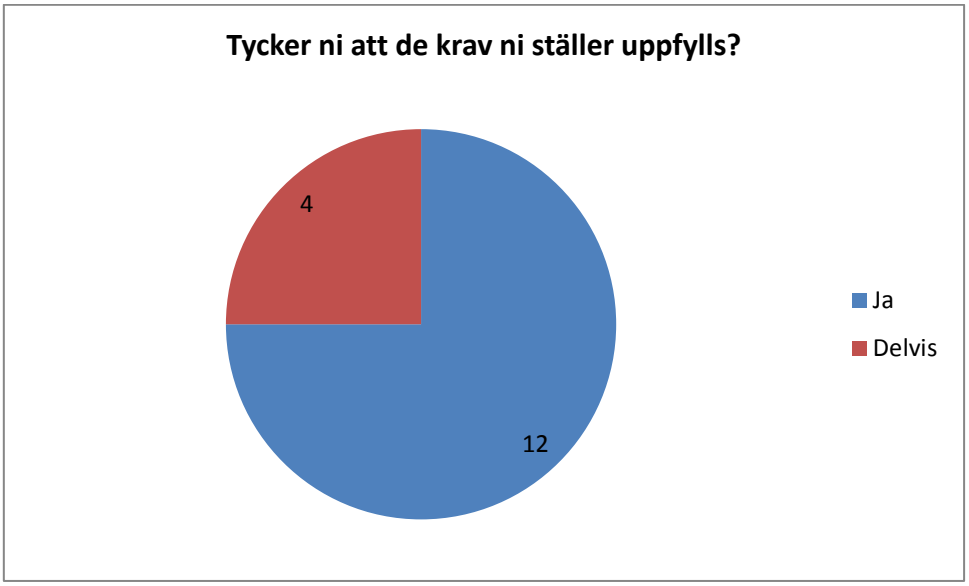

Figur 33 Svar på fråga 9, ” Gör ni inspektionerna själv eller handlar ni upp dem?”( i enkäten stod det entreprenad som svarsalternativ fast inspektioner görs av konsultföretag)




Figur 34 Svar på fråga14, ”Under vilka månader saltas broarna?”




Figur 35 Svar på fråga 12, ”När undersöks broarna?”




Figur 36 Svar på fråga 21, ” Tycker ni att de krav ni ställer uppfylls?”