

Rapportnummer: 225679

## **Drift- och underhållsplan 2018-2027 för broar inom Nacka Kommun**

BETONG & STÅLTEKNIK I STOCKHOLM AB

---

Andreas Nyberg

Fredrik Hansson

# 1 Innehåll

1	Innehåll .....	2
2	Uppdrag .....	3
2.1	Underlag .....	3
2.2	Allmänt .....	3
3	Konstruktionstyper .....	3
4	Konstruktionsyta .....	4
4.1	Åldersprofil på samtliga konstruktioner .....	4
5	Broyta .....	5
5.1	Återanskaffningsvärde brobestånd .....	5
5.2	Återanskaffningsvärde som underlag för underhållsbudget .....	5
6	Skadeområden .....	5
6.1	Brobanepplattor .....	6
6.1.1	Skador på brobanepplattor .....	6
6.1.2	Brobanepplattor från olika epoker .....	6
6.1.3	Fönsterundersökningar på broar .....	7
6.1.4	Bedömning av tätskikt på broanor .....	7
6.1.5	Uppskattad status på tätskiktet .....	8
6.1.6	Möjligheterna med en fönsterundersökning .....	9
6.1.7	Kostnader för tätskiktsbyte .....	9
6.2	Kantbalkar .....	10
6.2.1	Reparation av kantbalkar .....	11
6.3	Fenomenet karbonatisering .....	11
7	Kostnader per år .....	12
8	Underhållsarbete .....	13
9	Bedömning och råd .....	13

## 2 Uppdrag

BETONG & STÅLTEKNIK i Stockholm, har på uppdrag av Nacka kommun, drift- och underhållsavdelningen, sammanställt en drift- och underhållsplan för broar inom Nacka kommun för åren 2018 - 2027.

### 2.1 Underlag

Underlaget för drift- och underhållsplanen utgörs av:

- Inspektioner.
- Ritningar samt övrig brodokumentation så som utredningar och stålrevisioner inlagda i BaTman.
- Erfarenhet från tidigare år angående reparationer, planeringar och underhållsåtgärder.

### 2.2 Allmänt

Drift- och underhållsplanen är ett dokument som visar vilket underhållsbehov Nacka kommun har för gatubroar, gång- och cykelbroar (GC-broar), gång- och cykeltunnlar (GC-tunnlar) samt järnvägsbroar åren 2018-2027. Planen är att betrakta som ett hjälpmedel då man bestämmer storleken på en underhållsbudget. Drift- och underhållsplaner för broar ger också en indikation på om det finns ett eftersatt underhåll, vilket även kan beskrivas som en kapitalförstöring.

Det finns anledning att understryka att en drift- och underhållsplan inte ger en definitiv bild av underhållsbehovet. För att bestämma vilket behov av underhåll som finns hos enskilda byggnadsverk behöver alltid undersökningar av material samt en bedömning av andra objektdata genomföras.

## 3 Konstruktionstyper

Nackas broar har delats in i tre olika typer, se tabell 1. Notera att nedanstående yta är ungefärlig konstruktionsyta och inte broyta.

Konstruktionstyp	Antal	Konstruktionsyta (m <sup>2</sup> )
Vägbro	86	
Spårbroar	3	
GC-broar	28	
<b>Totalt</b>	117	40 887

Tabell 1, antal broar och total ungefärlig konstruktionsyta.

Övriga konstruktioner kan ses i tabell 2.

Konstruktionstyp	Antal
Kaj/brygga	17
Tunnlar	7
Stödkonstruktioner	153
Strandpromenader	12

Tabell 2, övriga konstruktioner i Nacka.

## 4 Konstruktionsyta

Nacka kommun är en växande kommun. Stora områden exploateras så som Kvarnholmen, Finnboda varv, Danviksstrand osv. Även tunnelbanans utbyggnad har stor inverkan på byggandet av bostäder mm. Detta betyder att nya kajer, stödmurar och andra anläggningar byggs. Byggnadsverken överläts till kommunen och i förlängningen kommer dessa behöva underhållas.

Nacka har även ett stort antal befintliga objekt som saknar ritningar och information gällande byggår. På grund av dessa samt de framtida tillkommande objekten är en underhållsbudget svår att bedöma. Följande rapport utgår från det kända underhållsbehovet.

### 4.1 Åldersprofil på samtliga konstruktioner

Nacka kommuns totala yta av registrerade konstruktioner (där yta och byggår är känt) är ca 53 650 kvm fördelat på 169 objekt, se diagram 1. Utöver detta finns det 137 st objekt registrerade som inte har någon uppmätt yta och/eller fastställt byggår. Nästan alla av dessa objekt är stödmurar, strandpromenader, strandskoningar, bryggor eller bullerskärmar. Objekt utan årtal eller yta är ej med i diagrammet nedan.

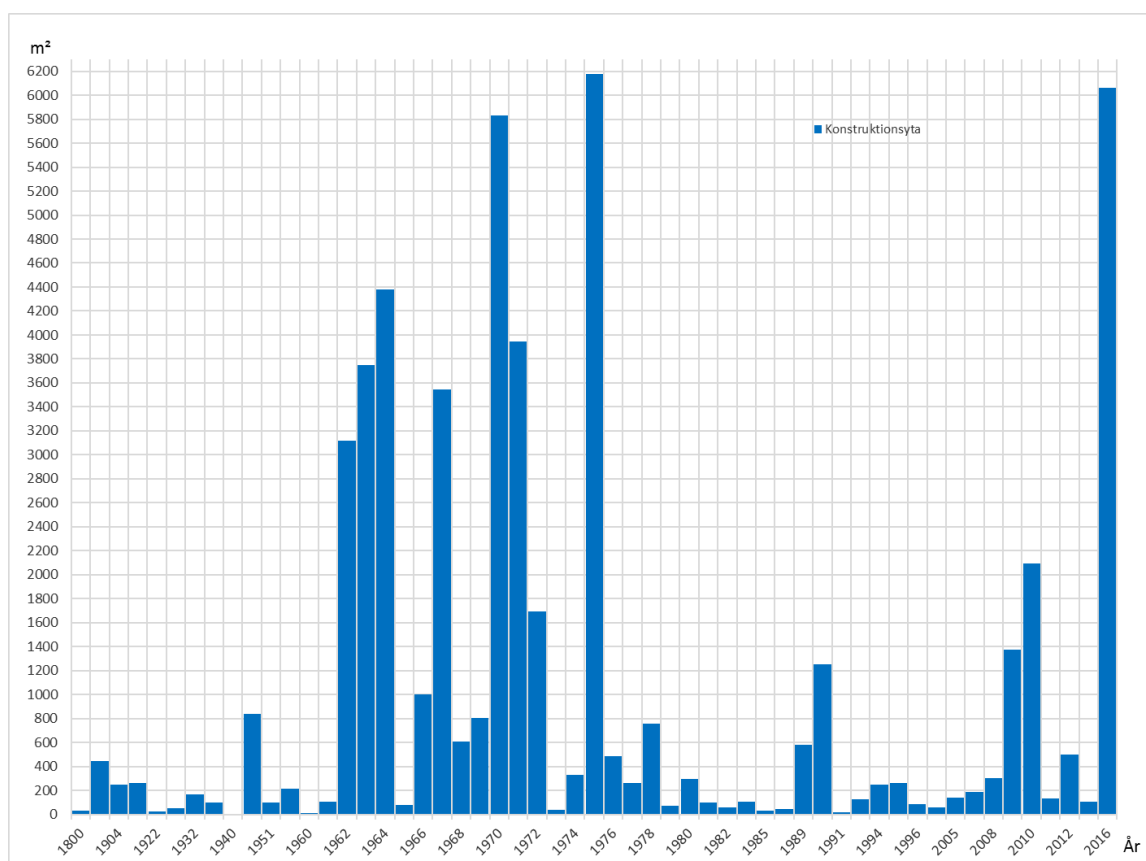


Diagram 1, total konstruktionsyta för anläggningar i Nacka kommun

70% (36 997 kvm) av den totala konstruktionsytan byggdes mellan år 1960 och 1979. De flesta av dessa konstruktioner, vilket är broar, är idag behov av reparation. Diagram 2 nedan visar den totala konstruktionsytan och dess ökning över åren.

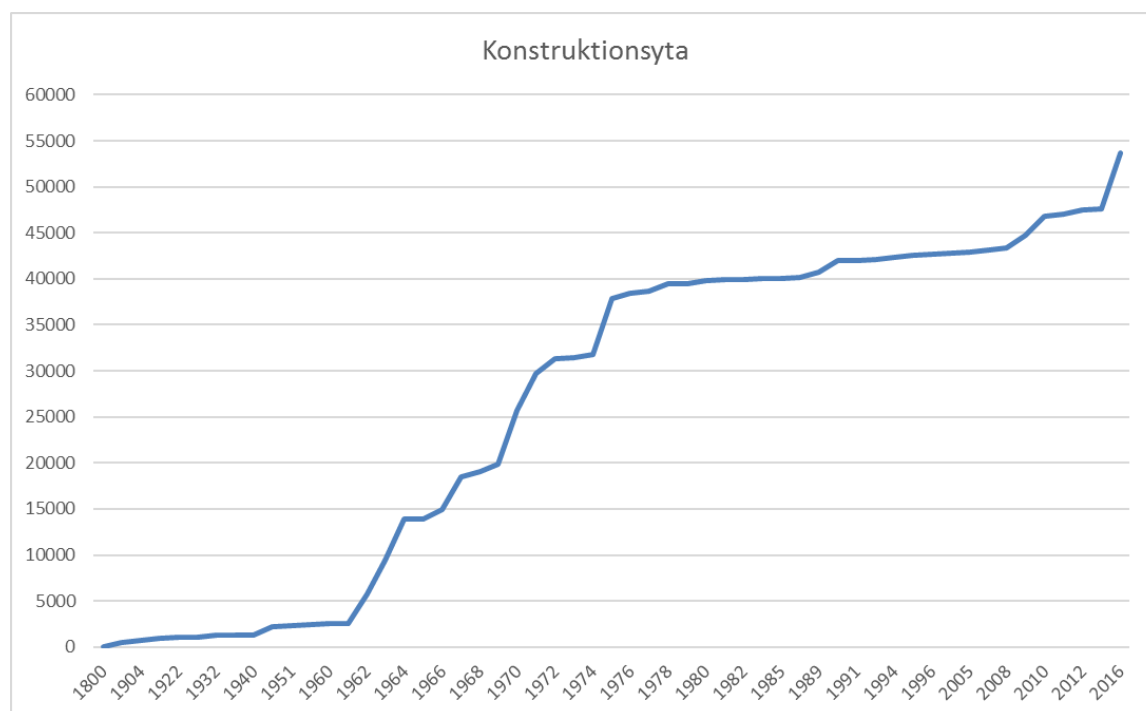


Diagram 2. Broyta i m<sup>2</sup> och dess ökning över tiden i Nacka kommun

## 5 Broyta

Den totala broytan som är registrerad i BaTman är 37 483 kvm. Detta motsvarar ca 70 % av den totala konstruktionsytan.

### 5.1 Återanskaffningsvärde brobestånd

Det totala återanskaffningsvärdet för Nacka kommuns totala brobestånd (37 483 kvm) bedöms till cirka 1 125 Mkr.

### 5.2 Återanskaffningsvärde som underlag för underhållsbudget

Ett riktvärde för underhållskostnaden är att den motsvarar 1-1,5 % av återanskaffningsvärdet per år. För Nacka kommun skulle det motsvara cirka 11,2-16,8 Mkr per år.

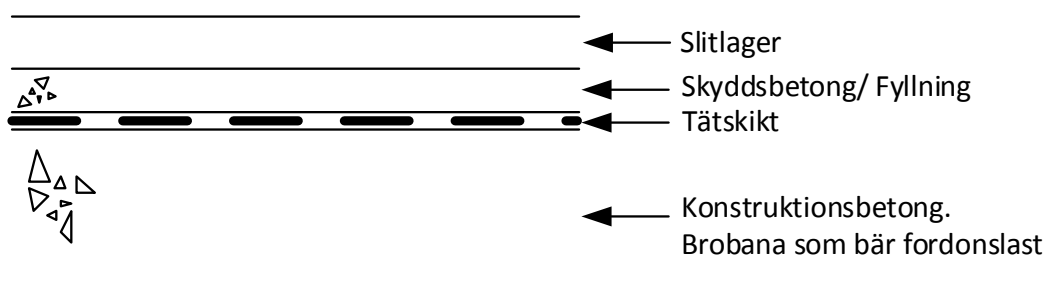
## 6 Skadeområden

Nedan följer en kort beskrivning av de skadeområden som orsakar de största underhållskostnaderna på broar. Byggdelarna som drabbas är brobaneplasser och kantbalkar. Därefter följer en bedömning av underhållsbehovet för samtliga större skadeområden på broar i Nacka kommun.

## 6.1 Brobaneplattor

Nästan alla broar har en brobaneplatta av betong oberoende av om underliggande bärande konstruktion är av stål (balkar) eller betong. Tjockare brobaneplattor är i sig självbärande utan separata balkar på undersidan.

Brobaneplattan av betong skyddas av ett tätskikt. Tätskiktet skyddas av en skyddsbetong eller fyllning av något slag med ovanpåliggande slitlager bestående av en asfaltbeläggning, se figur 1.



Figur 1. Principen för uppbyggnad av en trafikerad brobana.

### 6.1.1 Skador på brobaneplattor

Det är av avgörande betydelse för brobanans beständighet att tätskiktet fungerar och att vatten som har trängt ned till tätskiktet leds bort via grundavlopp. Om tätskiktet inte är tätt kan brobaneplattans överyta utsättas för salt- och frostangrepp. Skadorna kan vara svåra att upptäcka då de är dolda under beläggningen.

Normalt fryser skyddsbetongen sönder först, varvid beläggningen spricker och potthål uppstår. Potthål är ett första tydligt varningstecken. I nästa steg riskerar tätskiktet att punkteras och då angrips brobanan av salt och frost.

Tätskikt åldras och förlorar dessutom sin förmåga att klara av rörelser i underlaget. Det här kan också bidra till att det uppstår hål i tätskiktet.

### 6.1.2 Brobaneplattor från olika epoker

Broar byggda **före 1965** hade ingen luftporbildare tillsatt i konstruktionsbetongen. Dessa broar får i regel en betydligt snabbare skadeutveckling orsakad av vägsalt och frost jämfört med broar byggda efter 1965. Anledningen är att ett finfördelat luftporsystem som upptar cirka 5-6 % av den hårdnade betongens volym väsentligt bidrar till att betongen kan motstå angrepp som orsakas av frysan vatten.

På broar byggda eller reparerade **före 1975** skyddades tätskiktet av en skyddsbetong.

**Efter 1975** försågs brobaneplattor i stället med ett tätskikt av gjutasfalt och på tätskiktet lades en tät beläggning.

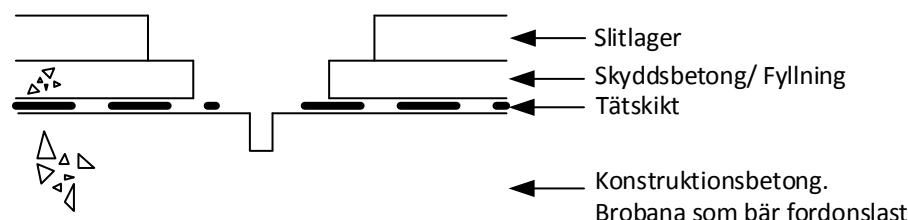
**I dag** förses brobaneplattor med bitumenmatta som eventuellt kompletteras med ett lager gjutasfalt. Ett lager av fiberarmerad skyddsbetong är ett utförande som återigen har börjat användas. Även slitbetong av fiberbetong direkt på

konstruktionsbetongen förekommer, men utförandet innebär att man tillämpar en ganska avancerad betongteknik vilket kan kräva en lång byggtid.

Erfarenheterna visar att i praktiken krävs ett byte av tätskikt på brobaneplasser som saknar luftporbildande medel i betongen efter 30-40 år. För broar med luftporbildande medel i betongen krävs ett byte av tätskiktet efter cirka 40-50 år. Detta på grund av att konstruktionsbetong med luftporbildande medel klarar eventuellt läckage bättre än betong utan luftporbildande medel.

### 6.1.3 Fönsterundersökningar på broar

För att kunna bedöma brobaneplassernas och ovanpåliggande skyddslagers status kan en så kallad fönsterundersökning göras. Fönsterundersökningen innebär att provytor med en storlek på mellan 0,3 x 0,3 till 1 x 1 m (fönster) öppnas i brobaneplassens beläggning med successiv minskning av öppningen i underliggande lager ned till brobanan (konstruktionsbetongen), se figur 2.



Figur 2. Principen för fönsterundersökningar. Allra längs ner borrar man ur en borrhärna med diametern 50-100 mm ur brobanan.

De olika lagren uppmäts, provbitar okulärgranskas och bedöms. Materialprover tas ur konstruktionsbetongen för bestämning av kloridinhåll (klorider finns i vägsalt) och vid behov görs en så kallad tunnslipsundersökning i mikroskop för bestämning av betongens sammansättning och för bestämning av egenskaper som inte syns utan optiska hjälpmedel. Tätskiktetsmaterial kan testas i laboratorium för att fastställa vilka förutsättningarna är för att det skall fungera. Proverna ger svar på om tätskiktet har åldrats.

I stället för en fönsterundersökning kan en borrhärna tas genom de olika lagren för statusbedömning. Mängden material blir då för liten för provning av tätskikt om man inte tar ett flertal prover.

Nacka kommun har genomfört några av den här typen av undersökningar.

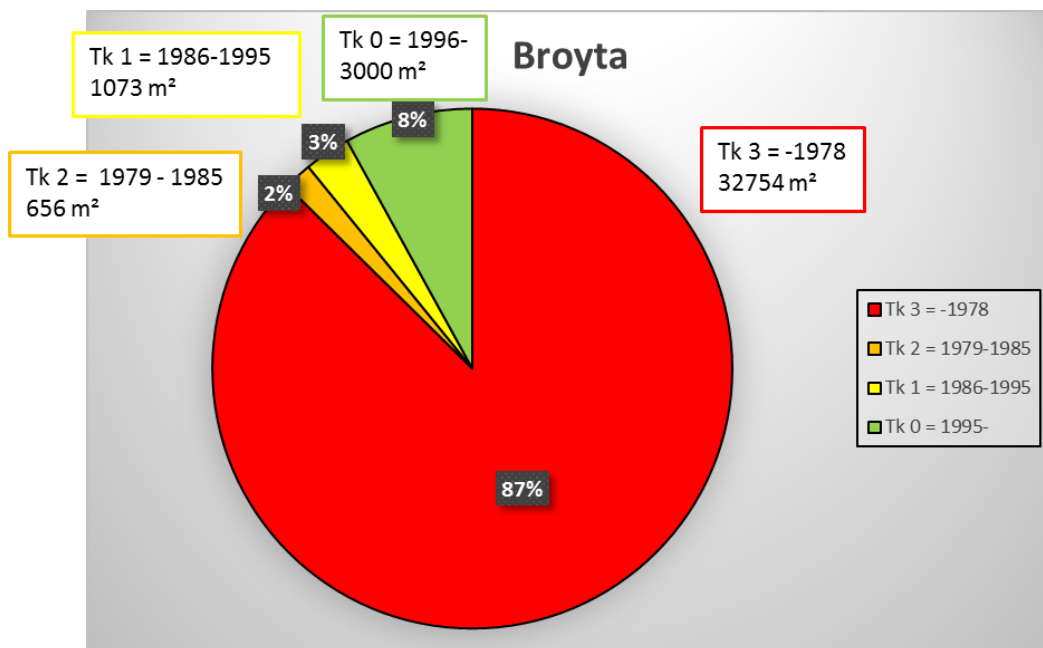
### 6.1.4 Bedömning av tätskikt på brobanor

Tätskikt på brobaneplasserna kan även utifrån ålder grovt bedömas enligt följande:

Ålder	Tillståndsklass (Tk)	Bedömning
-1978	Tk 3	Omedelbar åtgärd
1978-1985	Tk 2	Åtgärd inom 5 år
1986-1995	Tk 1	Åtgärd inom 10 år
1996-	Tk 0	Ingen åtgärd

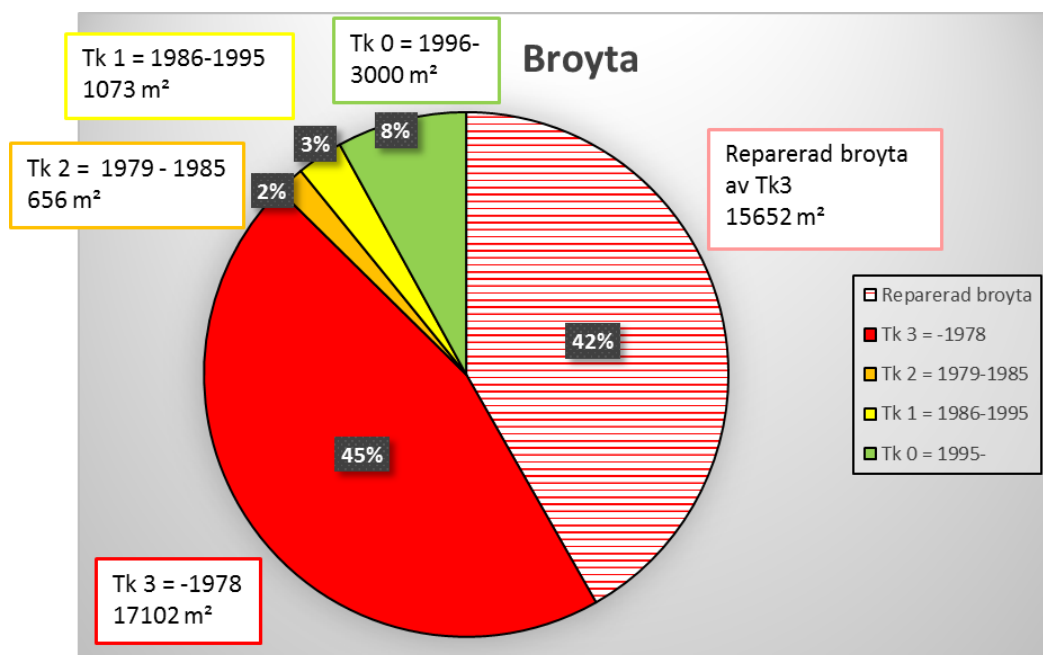
### 6.1.5 Uppskattad status på tätskiktet

Inom Nacka kommun fördelar sig statusen för tätskiktet på broar av betong enligt följande, se figur 3: Här har vi dock inte tagit hänsyn till den yta som Nacka har reparerat.



Figur 3. Fördelning av broytan i Nacka kommun på olika tillståndsklasser.

Av den yta som har bedömningen Tk3 har Nacka reparerat en betydande mängd, se figur 4. Det finns dock en stor mängd yta kvar att reparera. Ca 45% av broarnas tätskikt har fortfarande bedömningen Tk3.



Figur 4. Reparerad broyta av den yta bedömd som Tk3.



### 6.1.6 Möjligheterna med en fönsterundersökning

Ett exempel på hur en fönsterundersökning kan fungera ges nedan:

Inom en snar framtid bör bro X förses med ett nytt tätskikt. Eventuellt kan en begränsad provtagning i form av fönsterundersökningar skjuta ett tätskiktsbyte på framtiden.

Kostnaden för ett tätskiktsbyte bedöms i exemplet till ca 3 000 kr/m<sup>2</sup> exkl moms, vilket innebär en kostnad på ca 2,4 miljoner kronor. Kostnaden för fönsterundersökningar bedöms till cirka 50 000 kronor. Skulle fönsterundersökningarna visa att byte av tätskikt kan skjutas på framtiden, ger det med en kalkylränta på 4 % en årlig minskad kapitalkostnad på 100 000 kronor under år ett.

En fönsterundersökning som visar att en renovering av tätskikt kan vänta i ytterligare fem år är en undersökning vars kostnad kan försvaras. En provning som indikerar att tätskiktet behöver bytas innebär att väghållaren också har fått fram värdefull kunskap om bron.

### 6.1.7 Kostnader för tätskiktsbyte

Som exempel på eskalerande kostnad samt skadeomfattning kan tätskikt på broar begrundas.

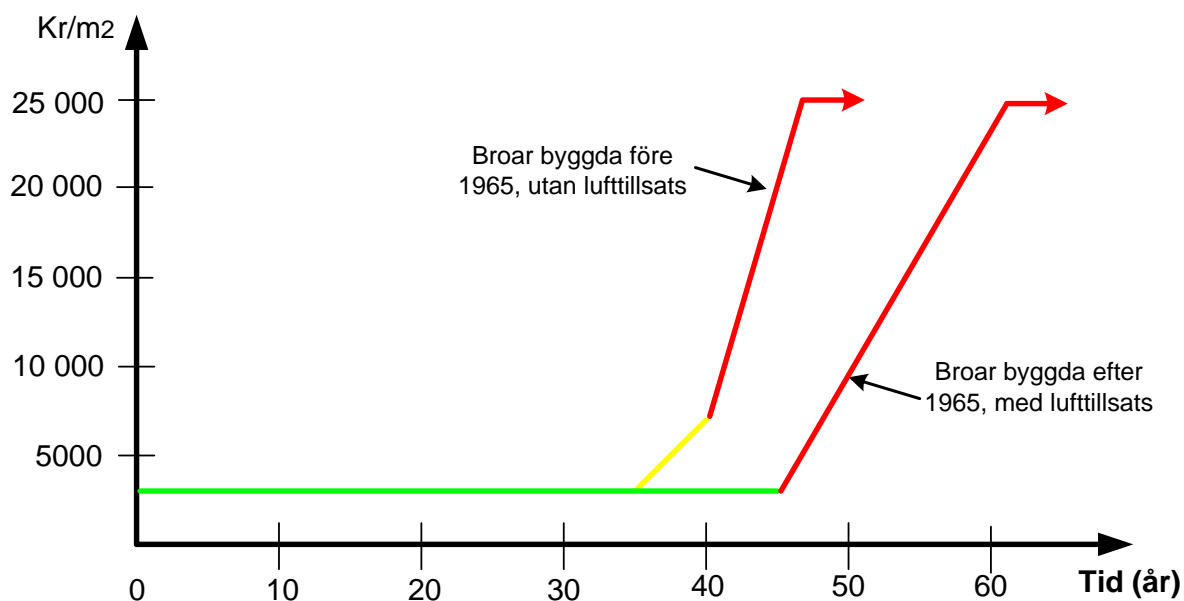
Under en första period om runt 35-40 år åldras tätskiktet ovan den bärande konstruktionen så att ett tätskiktsbyte kan bli nödvändigt för att inte underliggande konstruktionsdelar ska bli skadade. Kostnaden för ett tätskiktsbyte i det här läget är ca 2 000-4 000 kr/m<sup>2</sup> exkl moms.

Om inte ett skadat tätskikt byts kommer underliggande konstruktionsdelar att successivt skadas. Under år 40-45 kommer kostnaden ha ökat till 4 000-10 000 kr/m<sup>2</sup> exkl moms.

Under nästa period 45-50 år har skadorna blivit mer omfattande vilket gör att kostnaderna stiger ytterligare till ca 10 000-30 000 kr/m<sup>2</sup> exkl moms. I detta skede kan skadorna påverka anläggningens funktion.

Efter denna fas (50 år och framåt) kan skadorna bli mycket allvarliga och påverka anläggningens bärighet. Kostnadsnivån närmar sig nu nybyggnadskostnad för en brobanepatta. Detta gäller med broar utan tillsatt luft i betongen, byggda före 1965.

Broar byggda efter 1965 med lufttillsats bryts oftast ned i en långsammare takt, se figur 5.



Figur 5. En förenklad grafisk beskrivning av hur underhållskostnaden på en bro stiger med ökande ålder. Då tätskiktet blir dåligt orsakar det skador som kräver stora och kostsamma åtgärder.

## 6.2 Kantbalkar

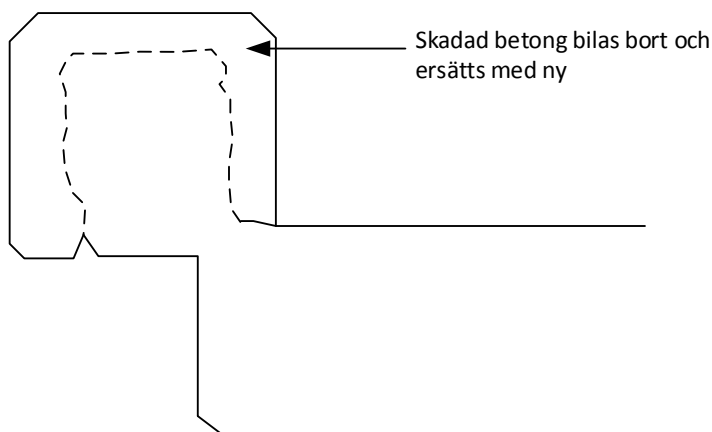
En av de mest utsatta konstruktionsdelarna på en bro är kantbalken. Den angrips på tre sidor av frost och vägsalt, se foto 1.



Foto 1. Kantbalk med räcke. Överytan skyddas inte mot fukt och vägsalt av ett tätskikt. De flesta kantbalkar ligger högre än vägbeläggningen. Om de inte gör det så brukar man åtgärda detta då en bro renoveras.

### 6.2.1 Reparation av kantbalkar

Kantbalkar skadas främst av dålig frostbeständighet hos betongen då den drabbas av vägsalt, frost och vatten. Vägsalt bidrar dessutom till snabb armeringskorrosion. Har skadorna utvecklats för långt måste hela eller delar av kantbalken bytas ut. Kostnaden för detta kan ligga mellan 4 000 – 10 000 kr/m exkl moms. Man strävar efter att avlägsna skadad betong som innehåller vägsalt så att armeringen kan gjutas in i ny betong, se figur 6.

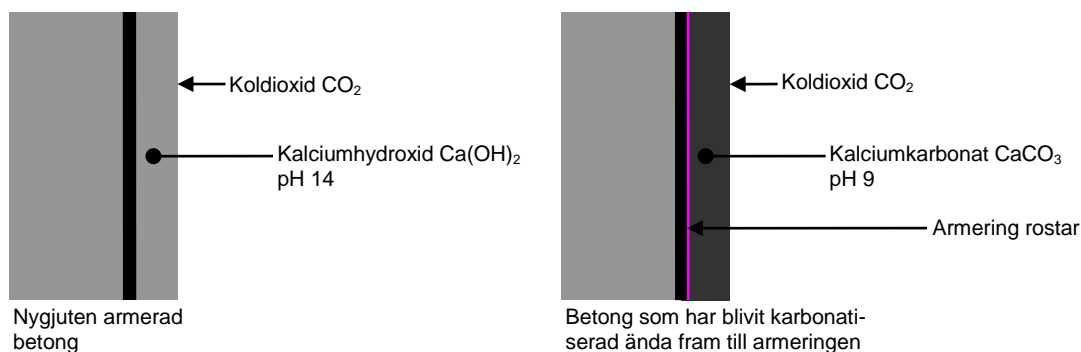


Figur 6. Omfattningen vid minsta möjliga kantbalksreparation. I bland är kantbalken så illa medfaren att man byter ut all betong samt kompletterar armeringen.

### 6.3 Fenomenet karbonatisering

I hårdnad betong uppträder ett fenomen som kallas karbonatisering. Luftens koldioxid reagerar med den kalciumhydroxid som finns i hårdnad betong. Kalciumhydroxiden bildas då man tillverkar cement genom att bränna kalksten. I hårdnad betong återuppstår kalksten i form av små kristaller som en följd av reaktionen där mineralet som bildas är kalciumkarbonat.

Betong som är opåverkad av koldioxid är en idealisk miljö för armering. I och med att det finns stora mängder kalciumhydroxid är armeringen omgiven av ett material där fukt i porerna har ett pH-värde på 13-14. Det är en alkalisk miljö som passiverar armering. Karbonatiserad betong har ett pH-värde på nio och det innebär att armering som helt eller delvis är belägen i karbonatiserad betong kommer att börja rosta om det finns tillgång till fukt och syre, se figur 7.



Figur 7. En schematisk beskrivning av vad som inträffar då betongkonstruktioner utsatta för fukt/fuktig luft samt syre drabbas av karbonatisering.

Karbonatisering är lyckligtvis ett fenomen som sker långsamt, men det som sker är ett reellt hot mot alla betongkonstruktioners beständighet på lång sikt om de dessutom är utsatta för fukt. Även om en konstruktions bärighet inledningsvis inte är hotad så är det långt ifrån estetiskt tilltalande då betong börjar vittra på mindre ytor där det avslöjas rostiga armeringsjärn.

Det finns tyvärr många konstruktioner där armeringen har så tunna täckande betongskikt att de första rostiga järnen uppträder redan efter några få år på grund av byggfel. Det här är inte ovanligt i 1970-talets konstruktioner, men ytorna där betong vittrar som en följd av karbonatisering och rostig armering är i regel mycket små och konstruktioners bärighet drabbas mycket långsamt.

Hastigheten som karbonatiseringsfronten rör sig med är starkt beroende av hur tät betongen är mot koldioxid. Som ett exempel på en konstruktion där både vägsalt, fukt och karbonatisering påverkar betong samt armering var för sig eller i samverkan kan man nämna Slussen i Stockholms stad. Betongen från 1930-talet har hunnit bli drygt 70 år och den är inte särskilt tät vare sig mot inträngande koldioxid, vatten eller vägsalt. Dessutom finns det ytor synliga för allmänheten där armeringen fläckvis har haft ett täckande betongskikt som är tunt på grund av byggfel.

## 7 Kostnader per år

En uppskattning av den årliga budgeten kan ses nedan i tabell 3.

<b>Projektering</b>	700 000
<b>Reparation</b>	10 000 000
<b>Impregnering</b>	200 000
<b>Löpande underhåll</b>	3 000 000
<b>Planeringsarbete</b>	400 000
<b>Utredningar</b>	100 000
<b>Inspektioner</b>	300 000
<b>Stålrevisioner</b>	100 000
<b>Kontrollätningar</b>	50 000
<b>Summa</b>	14 850 000

Tabell 3, uppskattad årlig kostnad

Utifrån tidigare erfarenheter på broreparationer mellan åren 2010-2015 kan kostnaden variera stort. För att försöka få ett mått på kostnaden per kvadratmeter broyta har ett snitt räknats fram. Snittet från slutkostnaden för 22 st entreprenader ger ett kvadratmeterpris på ca 10 000kr/kvm. I kostnaden ingår då omisolering, betongreparationer, räckesarbeten, omhändertagande av vatten, trafikomläggningar samt andra mindre åtgärder. Priset har under dessa entreprenader varierat mellan 1 408- 29 553 kr/kvm.

Snittet på 10 000kr/kvm blir såklart grovt men ger ändå en fingervisning av vad en entreprenad kan komma att kosta.

Utifrån en kostnad på 10 000kr/kvm för broreparationer kan en totalsumma räknas fram för den broyta som är i behov av reparation. Summan för den broyta som år 2019 är i behov av reparation blir då 171 020 000 kr.

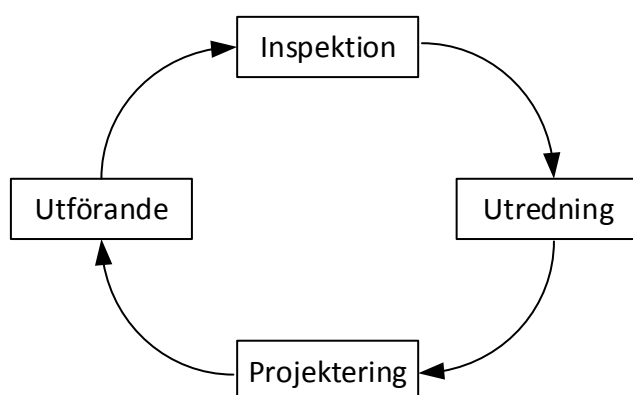
Räknar vi på en årlig budget på ca 15 miljoner kommer det ta 11 år att åtgärda dessa broar.

Bedömningen bli att en fortsatt underhållsbudget på ca 15 miljoner är ett bra riktmärke under de kommande 10 åren.

Det skall dock nämnas att i denna uppskattning är inte stödmurar, strandskoningar, strandpromenader, bryggor och kajer medräknade. Nacka kommun har under de senaste åren upptäckt en mängd objekt som tidigare inte var registrerade. Dessa kan komma att ge ett större underhållsbehov än beräknat.

## 8 Underhållsarbete

Arbetet med att underhålla konstbyggnader kräver planering och ett väl fungerande arbetssätt. Nacka har under årens lopp arbetat fram en modell som fungerar bra. Modellen utgår från underhållssnurran, se figur 8. Grovt kan man säga att den består av inspektion, utredning, projektering och utförande. I Nacka kallas den "Årsklocka" och är mer detaljerad än figuren nedan.



Figur 8, underhållssnurra.

## 9 Bedömning och råd

- För Nacka kommun visar en beräkning att den årliga underhållskostnaden för broarna motsvarar 1,3 % av det totala återanskaffningsvärdet.
- Med ett anslag enligt ovan på cirka 15 mkr per år exkl moms under kommande tioårsperiod, bedöms att det eftersatta underhållet inte öka och kapitalförstörelsen hejdas.
- I samband inventeringar under 2016-2018 har nya objekt hittats vilket gör att budgeten kan komma att bli högre. Ett fortsatt arbete med inventeringar bör utföras.

- Ett fortsatt arbete med att impregnera utsatta konstruktioner bör utföras.
- Ett fortsatt arbete med löpande underhåll är viktigt för att om möjligt skjuta de kostsamma reoveringarna framåt i tiden.
- En viktig del i ansvaret för kommunens konstbyggnader är att ha ett strukturerat sätt att arbeta. Under de senaste 10 åren har stort arbete gjorts i att upprätta rutiner för detta. "Årsklockan" syftar till att klargöra alla steg som krävs, allt från inspektion, utredningar, planeringar, projekteringar, utförande och så vidare.
- Nacka kommun har kommit längre än många andra kommuner i arbetet med att renovera sina konstbyggnader. Nacka har bra rutiner och arbetssätt för att hantera beståndet av konstbyggnader. Ett fortsatt arbete är dock av stor vikt för att "komma ikapp" det eftersatta underhållet.