



## 1 Innehåll

1	Innehåll.....	2
2	Uppdrag.....	2
2.1	Underlag.....	2
2.2	Allmänt.....	2
3	Brotyper.....	3
3.1	Åldersprofil.....	3
3.2	Återanskaffningsvärde.....	4
3.2.1	Återanskaffningsvärdet som underlag för underhållsbudget.....	4
4	Skadeområden.....	4
4.1	Brobanepplattor.....	4
4.1.1	Skador på brobanepplattor.....	5
4.1.2	Brobanepplattor från olika epoker.....	5
4.1.3	Fönsterundersökningar på broar.....	6
4.1.4	Bedömning av brobanor.....	6
4.1.5	Uppskattad status.....	7
4.1.6	Möjligheterna med en fönsterundersökning.....	7
4.1.7	Kostnader för tätskiktsbyte.....	8
4.2	Kantbalkar.....	9
4.2.1	Reparation av kantbalkar.....	9
4.3	Fenomenet karbonatisering.....	10
5	Kostnader per skadeområde.....	11
6	Bedömning och råd.....	11

## 2 Uppdrag

Projektengagemang, Anläggningsunderhåll i Stockholm AB, har på uppdrag av Nacka kommun, drift- och underhållsavdelningen, sammanställt en drift- och underhållsplan för broar inom Nacka kommun för åren 2008 - 2017.

### 2.1 Underlag

Underlaget för drift- och underhållsplanen utgörs av:

- Ritningar samt övrig brodokumentation (tidigare inspektioner, undersökningar samt dokumentation av åtgärder), Nacka kommuns arkiv.
- Inspektioner utförda av Projektengagemang 2006-2007.

### 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 2008-2017. 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 Brotyper

Broarna i Nacka kommun har delats in i fyra olika typer, se tabell 1.

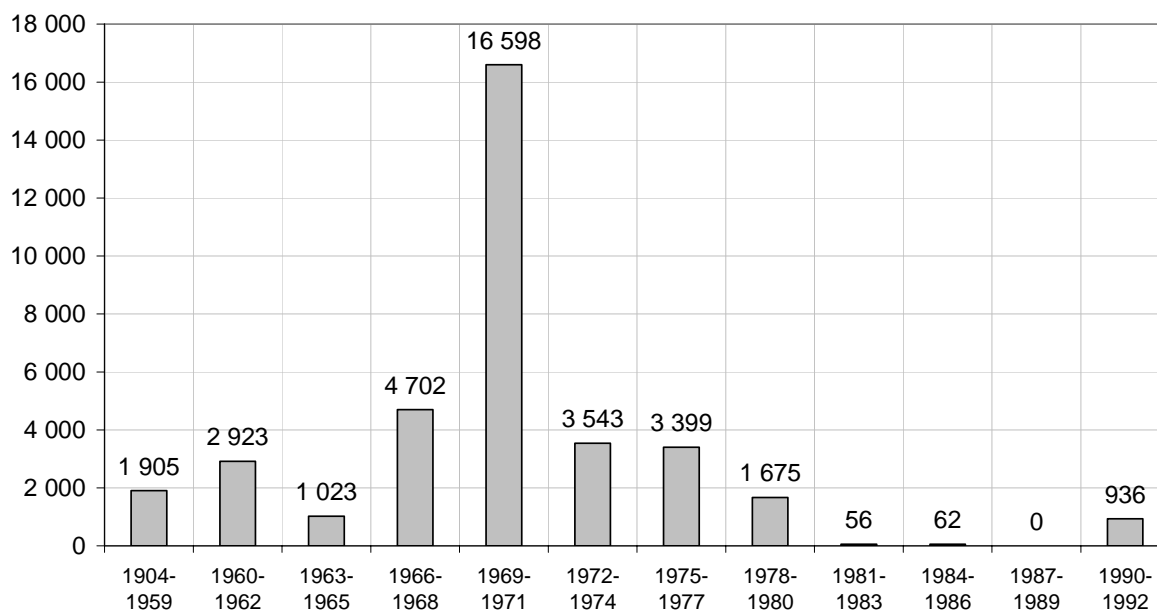
Brotyp	Antal	Broyta (m <sup>2</sup> )	Medelyta, bro (m <sup>2</sup> )
Gatubroar	27	25195	933
Järnvägsbroar	2	680	340
GC-broar	22	5155	234
GC-tunnlar	50	6155	123
<b>Totalt</b>	<b>101</b>	<b>37185</b>	

Tabell 1. Antalet broar och deras indelning i olika typer i Nacka kommun.

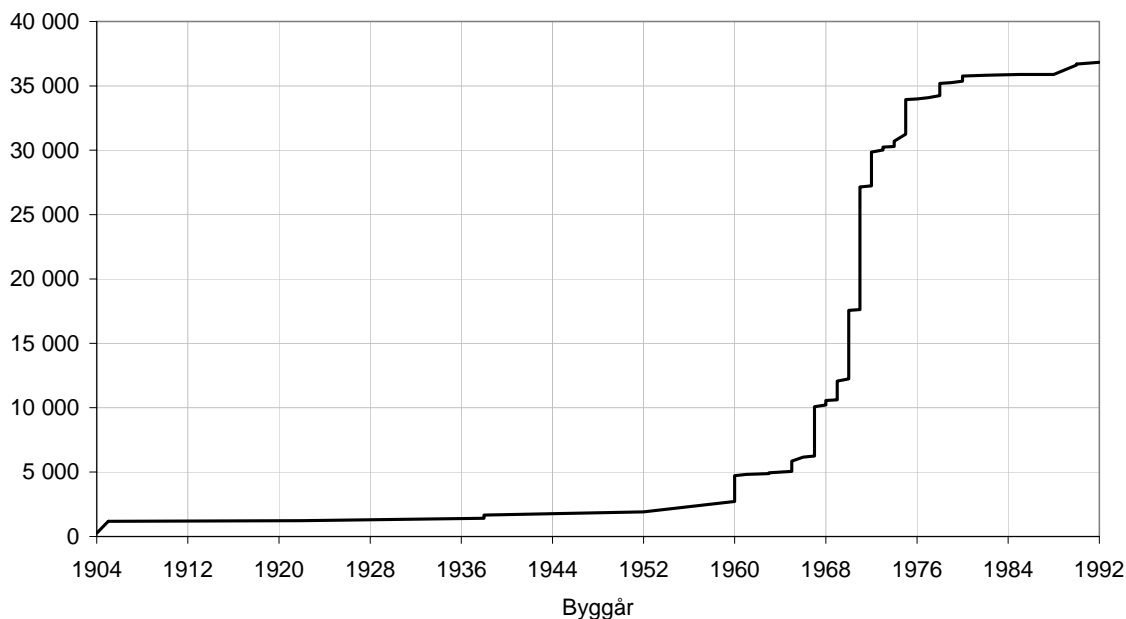
#### 3.1 Åldersprofil

Diagrammen nedan, figur 1 och 2, visar att det ägde rum en stor utbyggnad från slutet av 1960-talet till mitten av 1970-talet. Totalt byggdes 74 % (27497 m<sup>2</sup>) av den totala broytan under åren 1967-1975. Den mängden börjar nu komma in i underhållsprocessen.

Ökningen av broytan i m<sup>2</sup> i Nacka kommun 1904-1959 och under treårsperioder från och med 1960 till och med 1992



Figur 1. Ökning av broytan i m<sup>2</sup> i Nacka kommun

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

### 3.2 Återanskaffningsvärde

Det totala återanskaffningsvärdet för Nacka kommuns 101 broar bedöms idag vara cirka 930 Mkr (25 000 kr/m<sup>2</sup> broyta exklusive moms).

#### 3.2.1 Återanskaffningsvärdet som underlag för underhållsbudget

Ett riktvärde för underhållskostnaden är att den motsvarar 1,0-1,5 % av återanskaffningsvärdet per år. För Nacka kommun skulle det motsvara cirka 9,3-14,0 Mkr per år under åren 2008-2017.

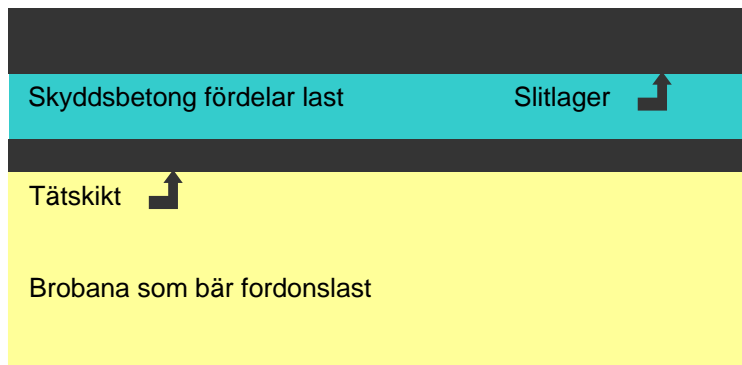
## 4 Skadeområden

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

### 4.1 Brobanepplattor

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

Brobanepplattan av betong skyddas av ett tätskikt. Tätskiktet skyddas av en skyddsbetong med ovanpåliggande slitlager bestående av en asfaltbeläggning, se figur 3.



Figur 3. Principen för uppbyggnad av en trafikerad brobana.

#### 4.1.1 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 översida 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.

#### 4.1.2 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 fryssande vatten.

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

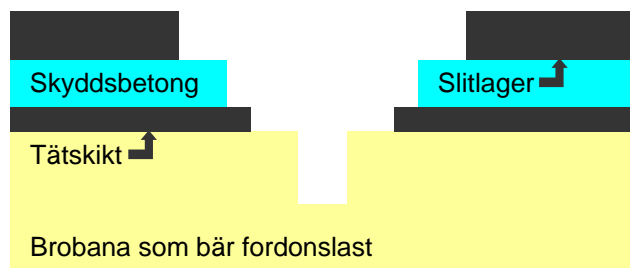
**Efter 1975** försågs brobaneplattor i stället med ett tätskikt av gjutasfalt och på tätskiktet lades en tät beläggning.

**I dag** förses brobaneplattor med bitumenmatta (påminner om en tjock takpapp) 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 brobaneplattor 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.

### 4.1.3 Fönsterundersökningar på broar

För att kunna bedöma brobaneplattornas och ovanpåliggande skyddslagers status kan en så kallad fönsterundersökning göras. Fönsterundersökningen innebär att provytor med en storlek på cirka 1 x 1 m (fönster) öppnas i brobaneplattans beläggning med successiv minskning av öppningen i underliggande lager ned till brobanan (konstruktionsbetongen), se figur 4.



**Figur 4.** Principen för fönsterundersökningar. Allra längs ner borrar man ur en borkärna med diametern 100 mm ur brobanan.

De olika lagren uppmäts, provbitar okulärgranskas och bedöms. Materialprover tas ur konstruktionsbetongen för bestämning av kloridinnehåll (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. Tätskiktets material 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 borkärna 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.

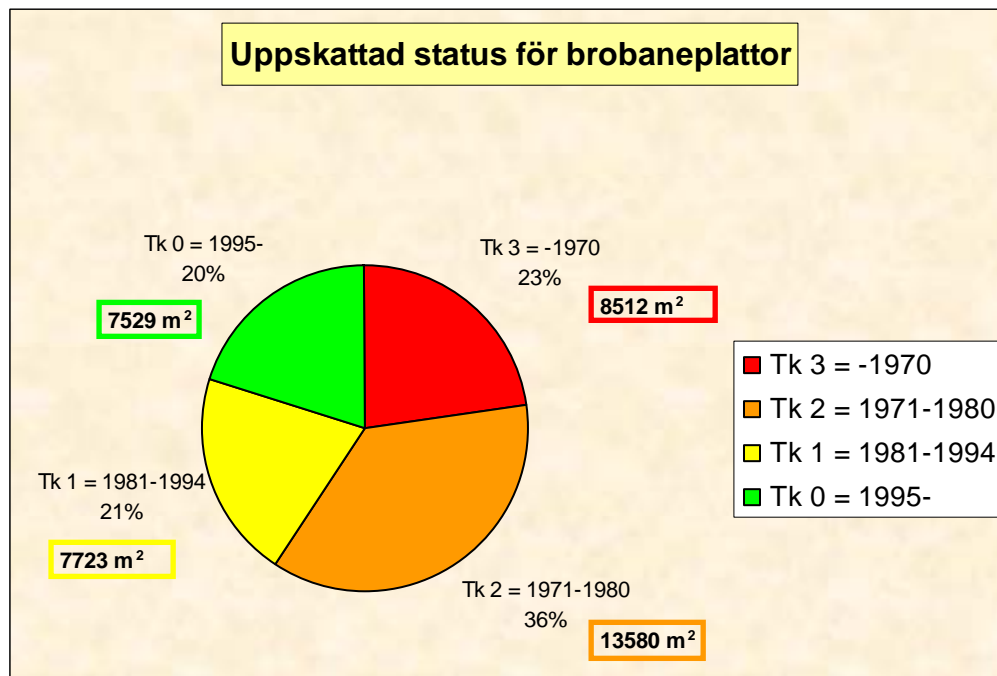
### 4.1.4 Bedömning av brobanor

Brobaneplattorna kan även utifrån ålder grovt bedömas enligt följande:

Ålder	Tillståndsklass (Tk)	Bedömning
-1970	Tk 3	Omedelbar åtgärd
1971-1980	Tk 2	Åtgärd inom 5 år
1981-1994	Tk 1	Åtgärd inom 10 år
1995-	Tk 0	Ingen åtgärd

#### 4.1.5 Uppskattad status

Inom Nacka kommun fördelar sig statusen för brobaneplattor av betong enligt följande, se figur 5:



Figur 5. Fördelning av broytan i Nacka kommun på olika tillståndsklasser.

#### 4.1.6 Möjligheterna med en fönsterundersökning

**Som ett exempel på hur en fönsterundersökning kan fungera ges i följande exempel:**

Inom en snar framtid bör bro S-303, Bro över Saltsjöbadsvägen (byggd 1969) försees med ett nytt tätskikt. Eventuellt kan en begränsad provtagning i form av fönsterundersökningar skjuta ett tätskiktsbyte på framtiden.

Kostnaden för ett tätskiktsbyte bedöms 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.

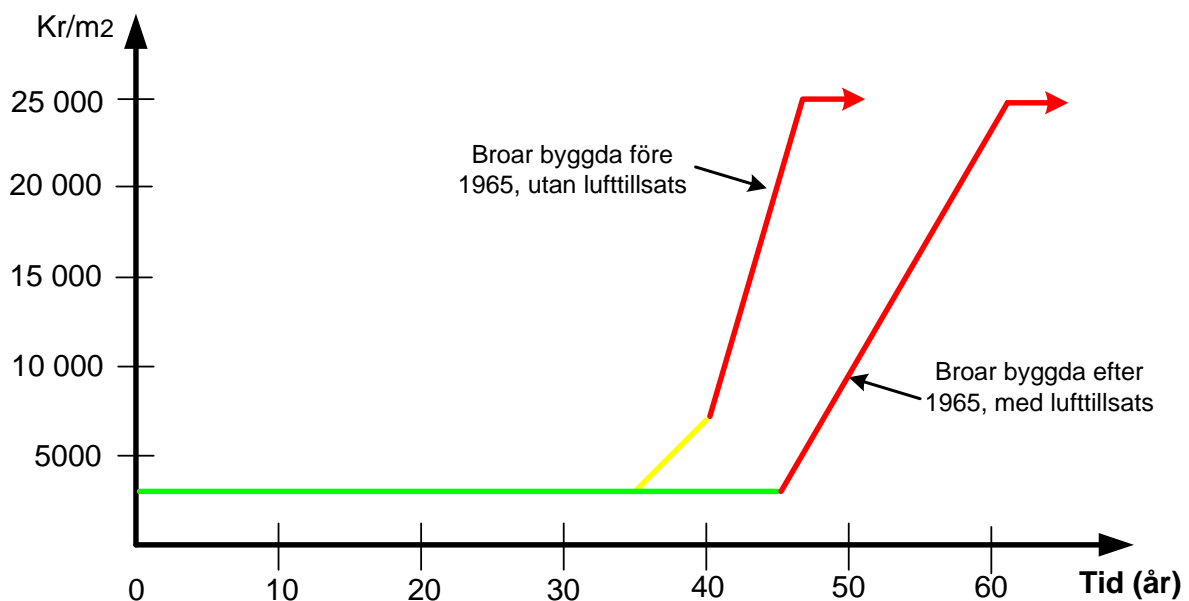
#### 4.1.7 Kostnader för tätskiktsbyte

Under en första period om runt 30-35 år åldras tätskiktet ovanför den bärande konstruktionen så att ett tätskiktsbyte blir nödvändigt för att inte underliggande skikt skall skadas av vägsalt och frost samt vatten som orsakar urlakning. Kostnaden för en sådan åtgärd är cirka 3 000 kr/m<sup>2</sup> exkl moms. Denna åtgärd bör vidtas inom 5-10 år.

Om inte tätskiktet byts i tid kommer den underliggande konstruktionen att skadas successivt. Under en första period om cirka fem år kan det vara tillräckligt med insatser för 3 000-5 000 kr/m<sup>2</sup> exkl moms (år 35-40). Därefter stiger kostnaden och under den följande perioden om 5-10 år ökar den till 5 000-15 000 kr/m<sup>2</sup> exkl moms (år 40-50). I det här skedet kan skadorna påverka anläggningens funktion.

Efter denna fas (år 50 och framåt) kan skadorna bli mycket allvarliga och påverka anläggningens bärighet. Kostnadsnivån närmar sig nybyggnadskostnaden som är cirka 25 000 kr/m<sup>2</sup> exkl moms. Detta gäller för broar utan lufttillsats i betongen, byggda före 1965.

Broar byggda efter 1965 med lufttillsats i betongen bryts ned i en långsammare takt, se figur 6.



**Figur 6.** 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.



## 4.2 Kantbalkar

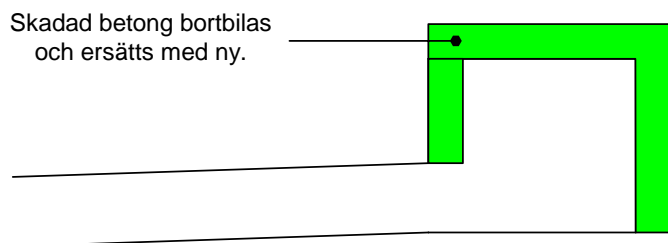
En av de mest utsatta konstruktionsdelarna på en bro är kantbalken. Den angrips på tre sidor av frost och vägsalt, se figur 7.



**Figur 7.** 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.

### 4.2.1 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 3 000 – 8 000 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 8.



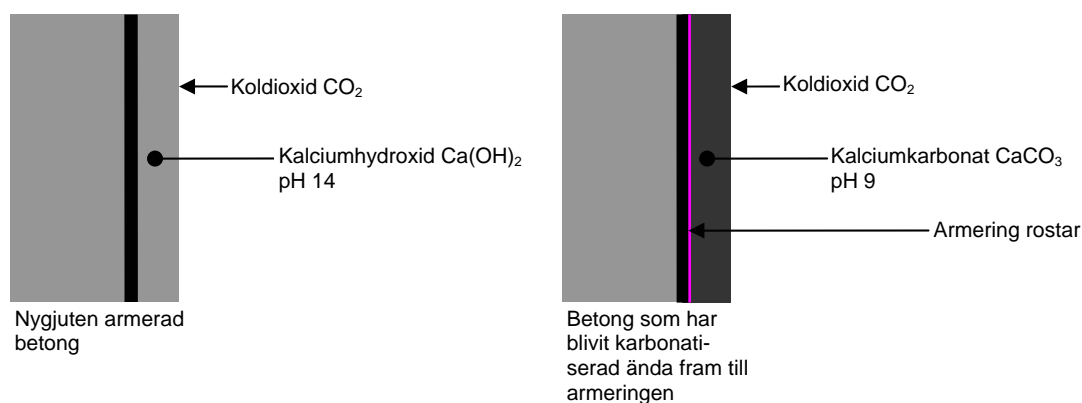
*Exempel på kantbalksreparation*

**Figur 8.** Omfattningen vid minsta möjliga kantbalksreparation. I bland är kantbalken så illa medfaren att man byter ut all betong samt kompletterar armeringen.

### 4.3 Fenomenet karbonatisering

I hårdnad betong uppträder ett fenomen som kallas karbonatisering. Luftens koldioxid reagerar med den kalciumhydroxid<sup>1</sup> 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 9.



**Figur 9.** 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 bärlighet 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 konstruktionens bärlighet 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.

<sup>1</sup> Kalciumdihydroxid ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) om man skall vara exakt

## 5 Kostnader per skadeområde

<b>Skadeområde</b>	<b>Åtgärder</b>	<b>Tidigare kostnad per år</b>	<b>Behov per år 2008-2017</b>
		<i>kkkr</i>	<i>kkkr</i>
Brobanepplattor	Byte tätskikt		8 200
Kantbalkar	Betong reparationer		800
Räcken	Utbyte och ommålning		400
Fogar/övergångskonstruktioner	Utbyte		400
Avloppsanordningar	Reparation/utbyte		100
Grusskift, lager mm	Betongreparationer och ommålning		240
Pelare och landfästen	Betongreparationer		320
Löpande och felavhjälpande underhåll			820
Preventivt underhåll	Impregneringar		820
Inspektioner			110
<b>Summa</b>			<b>12 210</b>

## 6 Bedömning och råd

- För Nacka kommun visar en beräkning att den årliga underhållskostnaden för broarna motsvarar 1,3 % av det totala återanskaffningsvärdet. Vilket stämmer med riktvärdet från sidan 4.
- Med ett anslag enligt ovan på cirka 12,2 mkr per år exkl moms under kommande tioårsperiod, bedöms att det eftersatta underhållet inte öka och kapitalförstörelsen hejdas.
- Ett impregneringsprogram för åren 2008-2017 bör upprättas.
- Ett inspektionsprogram för åren 2008-2017 bör upprättas.
- För att verifiera statusbedömningen av brobanepplattorna, bör ett provningsprogram för dessa upprättas i form av fönsterundersökningar samt klorid- och karbonatiseringsprover då detta är det mest kostsamma skadeområdet. När ett provningsprogram har inletts kan en mer nyanserad drift- och underhållsplan tas fram.
- I samband med broinspektionerna 2007 har även ett antal stödmurar tillhörande Nacka kommun inspekterats. Sannolikt har Nacka kommun ytterligare ett flertal stödmurar, vilka bör inventeras och inspekteras.