



Förebyggande underhåll på betongkonstruktioner

Johan Silfwerbrand

KTH, Byggvetenskap

Kraftindustrins Betongdag, 17 mars 2021



Innehåll

- Hållbart betongbyggnade
- Förebyggande brunderhåll
- Doktorandprojekt
- Slutsatser

Hållbart betongbyggande

Minskning

Effektivare
tvärsnitt

Magrare
recept

Alt.
bindemedel

Energi-
besparing

Längre
livslängd

Karbonatisering

CCS / CCU

Anpassning

Större (vind-)
laster

Skydd mot
översvämning

Förstärkning
av dammar

Ökade brand-
& fuktrisker
⇒ mer
betong?

Umeå blir
Sthlm, Sthlm
blir Malmö

Längre livslängd

- Nytillskottet inom bygg < 1 % per år.
- Avgörande att ta hand om de 99 %.
- Underhåll för att vidmakthålla befintligt bestånd med bevarad prestanda.
- Reparation för att förlänga livslängd och/eller återställa prestanda.

Synen på byggandet

Epok	Arbete	Material	Konsekvens
T.o.m. 1950-tal	Billigt	Dyrt	Hushållning med material
1960-1990	Dyrt	Billigt	"Slit & släng"
1990-	Dyrt	Naturresurs	Hushållning med material – förlängd livslängd



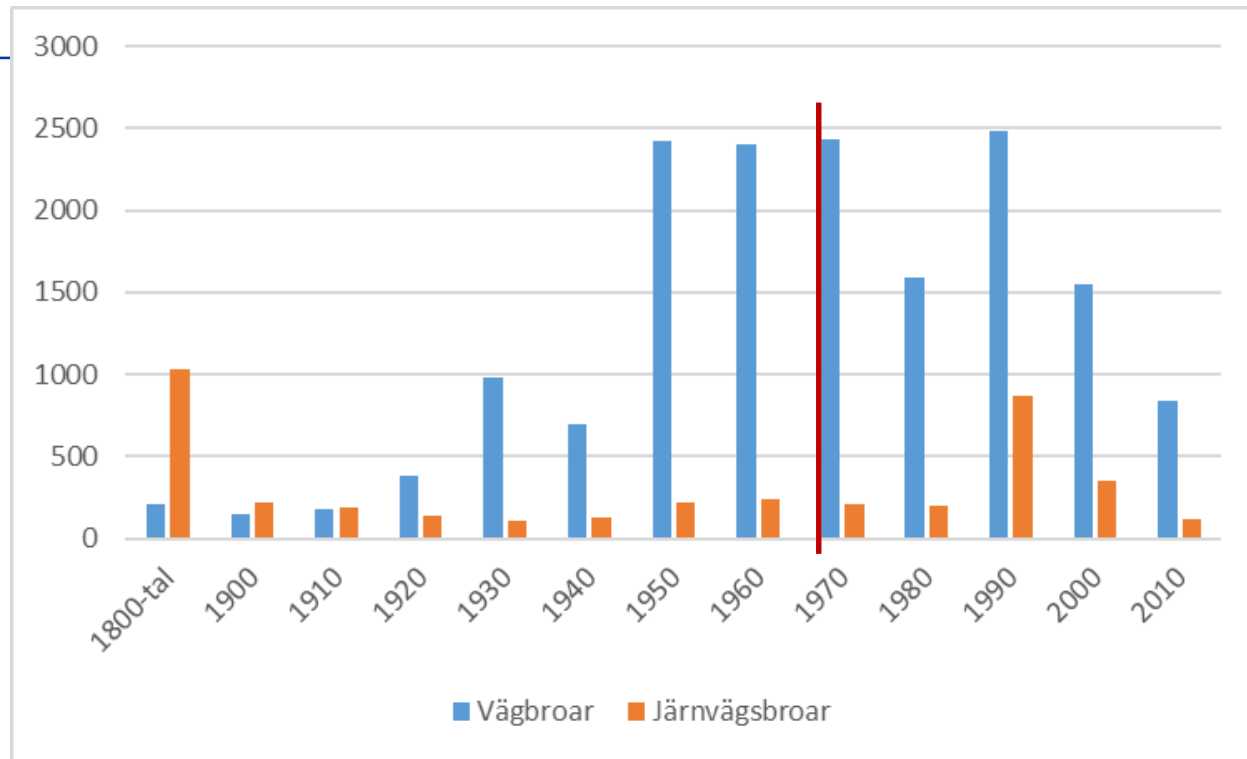
Ur betongstandarden*

Period	Vattencementtal	Lufthalt
1926-65	Inga krav	Inga krav
1965-79	Inga krav	$\geq 4,5 \%$
1979-88	$\leq 0,50$	$\geq 4,5 \%$
1988-94	$\leq 0,45$	$\geq 5,0 \%$
1994-2004	$\leq 0,45$	$\geq 5,0 \%$
2004-	$\leq 0,45$	Provning

* Gäller mycket aggressiv miljö.

Fagerlund (2010)

Svenska broar



■ Totalt: 20 300

■ Median: 50 år (i drift 1970)

Undermåligt underhåll



Gångbro över bäcken vid Givagård i Torup. Foto: Jan Bergman, Hallandsposten 6 nov. 2014.

Hypotes

- **Förebyggande underhåll förlänger livslängden på infrastrukturen.**
- Vad stöder hypotesen?
- Jämförelsen med tandborste & tandstatus.
- Att Trafikverket & kommuner har riktlinjer & satsar medel (c:a 10 % av totala underhållet).
- "Sunt förnuft".
- ... men ingen egentlig forskning.





Aktivt brounderhåll – en förstudie

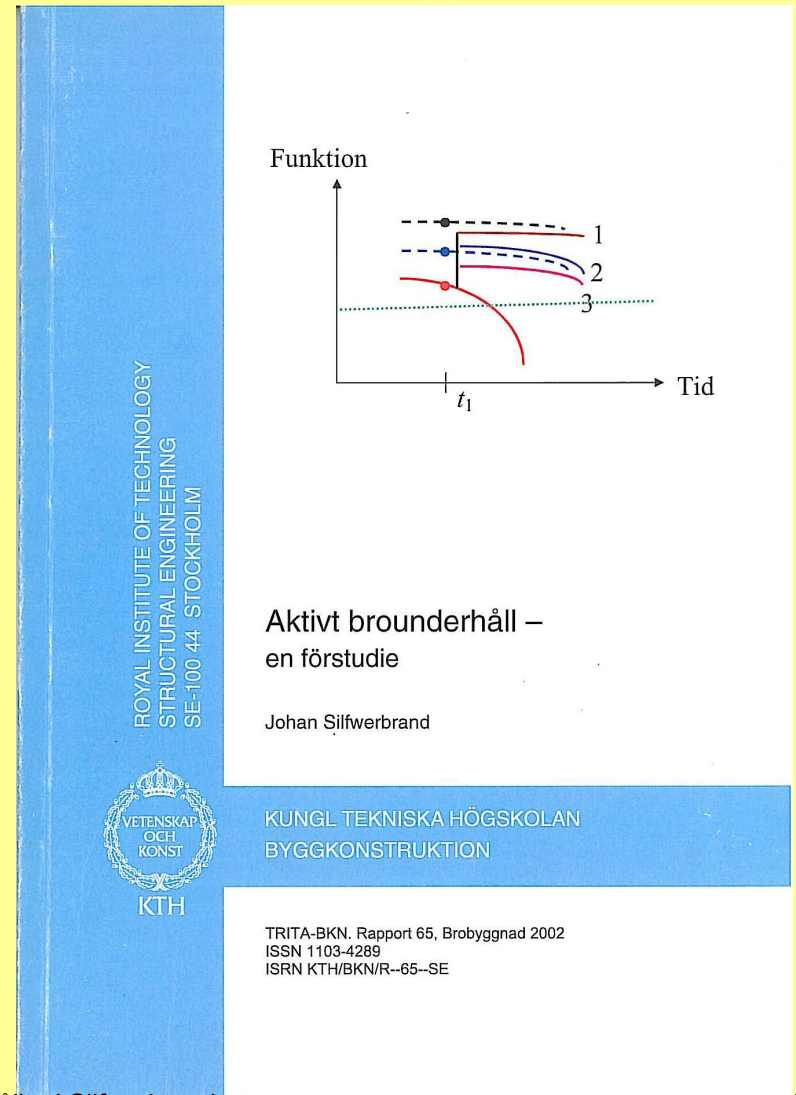
J. Silfwerbrand

Rapport 65, Brobyggnad,
KTH, Sthlm, 2002, 65 s.

Finansiärer:

CDU Centrum för forskning
och utbildning i drift och
underhåll av infrastruktur
Vägverket

Genomförande: 2001-02





Förslag på forskningsprojekt

- Nya upphandlingsformer för brounderhåll (CDU, dr-projekt, H-Å Mattsson, dr 2008)
- Impregnering av betongkonstruktioner (Formas, dr-projekt, A Selander, dr 2010)
- Tekniskt stöd för förebyggande underhåll (SBUF, Rebet, TrV m.fl., L Andersson, 2016)
- LCA för snö- & isbekämpning på broar
- Metoder för tillståndsbedömning av broisolering (Förstudie om brobaneplattan genomfördes under 2010-11 vid Sv Bygguniversitet)

Impregnering

- Impregnering (silan, siloxan) effektivast i torr, porös betong (fungerar "förlåtande").
- Impregnering fungerar mer än 15 år.
- Impregnering praxis för utsatta brodelar.





Nya upphandlingsformer för brounderhåll

- Fältstudier kring "Integrerat brounderhåll" i Uppsala & Örebro län
- Lovande resultat
- Metoden "Integrerat brounderhåll" är den gängse i hela vårt land.*

* R Ronnebrant, TrV, Borlänge, 4/9 2015.



Vad ingår i det förebyggande underhållet?

- Rengöring – renspolning
- Säkerställa god dränering
- Rätta till sättningar
- Bekämpa växtlighet
- Reparera räcken
- Täta mindre sprickor & åtgärda ojämnheter i farbanan



Dålig rengöring



Skadad dränering

Sättningar



Vegetation

Räckes- deformation

Kritisk granskning*

1. Är valet av tekniska krav optimalt? Täcks alla adekvata krav och är alla nuvarande krav nödvändiga?
2. Är kravnivåerna adekvata?
3. När skall kraven vara uppfyllda?
4. Är metoderna för verifiering korrekta och objektiva?
5. Hur behandlas osäkerhet i mätningarna?
6. Vilka incitament har den som ansvarar för brounderhållet för att kraven uppfylls?

* J Silfwerbrand (2007)

Internationell utblick

- Omfattande litteratur om brounderhåll.
- Mer intresse för (matematisk) optimering av inspektionsintervall och korrigerande underhåll än för tekniska krav för förebyggande underhåll.
- Vikten av brorengöring betonas men inga specifika krav har upptäckts.
- Vägverkets (Trafikverkets) krav kan – trots brister – vara världsbäst(?!).



Brounderhåll enligt Trafikverket 1 (4)

- Regleras numera i Trafikverkets dokument
- TDOK 2013:0415 Brounderhåll Krav, 41 s.
- TDOK 2013:0416 Brounderhåll Råd, 30 s.

Brounderhåll enligt Trafikverket 2 (4)

- Skiljer mellan **tidsstyrt** och **tillståndsstyrt** underhåll.
- **Tidsstyrt underhåll** = underhåll som genomförs vid bestämda tidpunkter eller med bestämd intervall $\approx$ förebyggande underhåll.
- **Tillståndsstyrt underhåll** = underhåll som identifierats vid tillståndsbedömning $\approx$ mindre reparation.

Brounderhåll enligt Trafikverket 3 (4)

- Krav finns kvar, men är färre än tidigare.
- Hänvisningarna till verifieringsmetoderna saknas.
- I stället har åtgärderna specificerats.

Brounderhåll enligt Trafikverket 4 (4)

- Specifiering om **hur**
- "genom högtrycksspolning med vatten som har arbetstryck 160 – 200 bar och temperatur +60° - +90°C"
- ... och **när**
- "under perioden 15 maj – 1 juli" (gäller kantbalk)

Effekter av underhåll

- Vi vet att impregnering förlänger livslängden. Det är kostnadseffektivt på åtminstone sämre betong.
- Integrerat brounderhåll (förebyggande + utvalda reparationer) gängse metod på TrV:s broar.
- I integrerat brounderhåll ingår förebyggande underhåll. Men hur effektivt är det? Kan det förbättras? Hur verifiera? Incitament för genomförande & förbättring?

Förebyggande brounderhåll

- **Syfte:** Analys av dagens system & vidareutveckling mot effektivare underhåll, längre livslängd & ökad hållbarhet
- **Avgränsning:** Fokus mot renspolning
- **Metoder:** Enkät, studiebesök, fältförsök, accelererade laborieförsök, licentiatavhandling
- **Doktorand:** Louise Andersson, RISE & KTH

1. Enkät

- Enkät om förebyggande underhåll med 29 frågor.
- Skickad till 100 kommuner.
- Svar från 16.
- Kommunerna följer TrV:s riktlinjer.
- Tösaltningen varierar från 10 till 90 % av brobeståndet.
- Renspolning sker från mars till november med tyngdpunkt i maj & juni.

2. Studiebesök



Renspolning



3. Fältförsök

- Vägbro, över Huddingevägen 226, Älvsjömotet
- Byggt 1971
- Förvaltas av Stockholms stad
- Skyltad hastighet: 50-70 km/h
- Moderat trafik
- Tösaltas vintertid (62 ggr under vintern 2017-18)



3. Fältförsök

- 11 januari 2018
- 2 lådor med 30 stycken i varje
- Varje låda: 2 st. recept
- Variabel: Tvättning eller ej

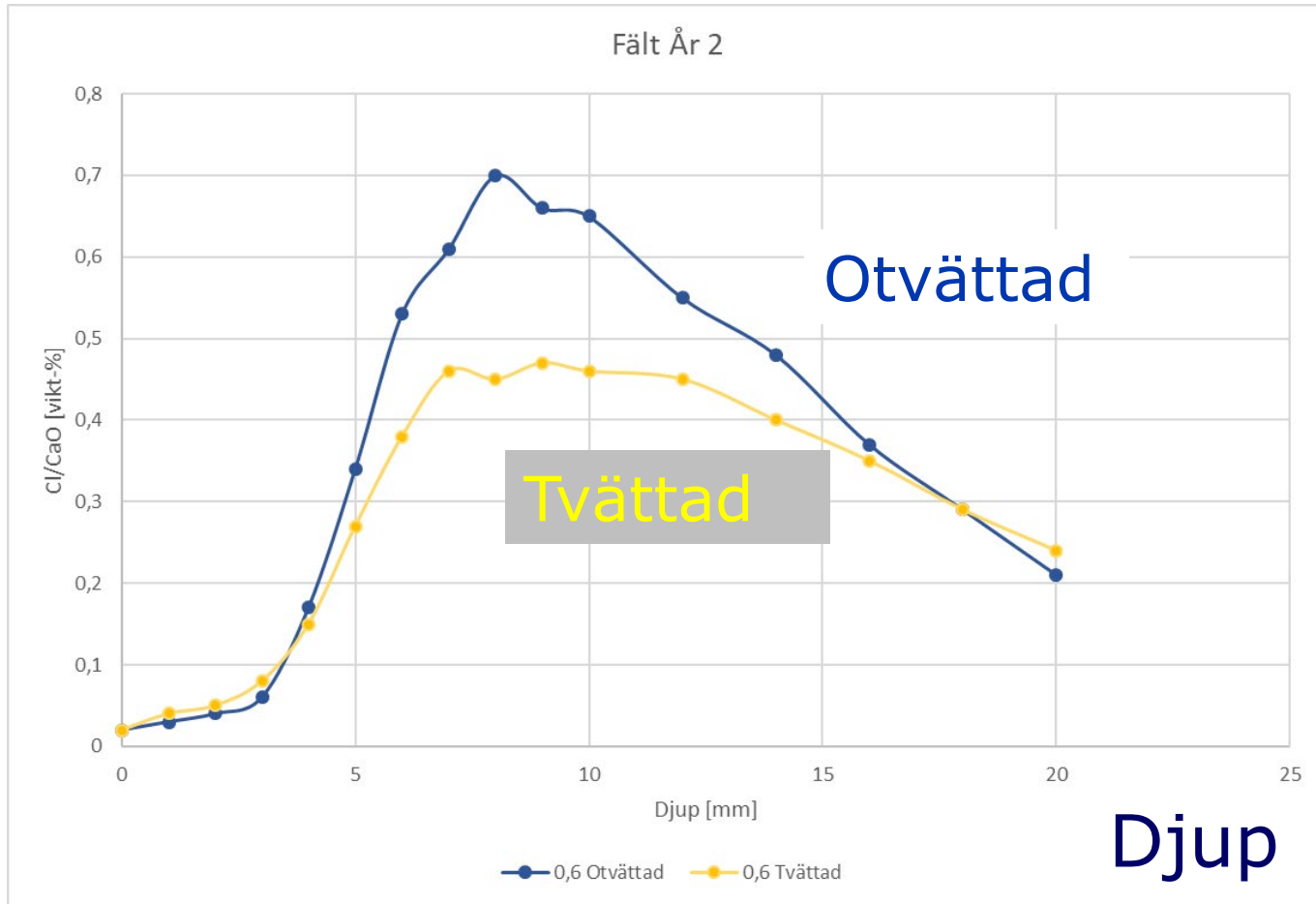


Betongrecept

Typ av betong	Gammal	Ny
Tänkt epok	1960-1970-tal	Nutid (2018)
<i>vct</i>	0,6	0,4
Cement	CEM I 52,5N (Velox)	CEM I 42,5N (anl.)
Ballast	Naturgrus	Krossat berg
Luftinnehåll	3,5 %	5 %

2 års exponering i fält

Kloridinhåll



Andersson (2020)

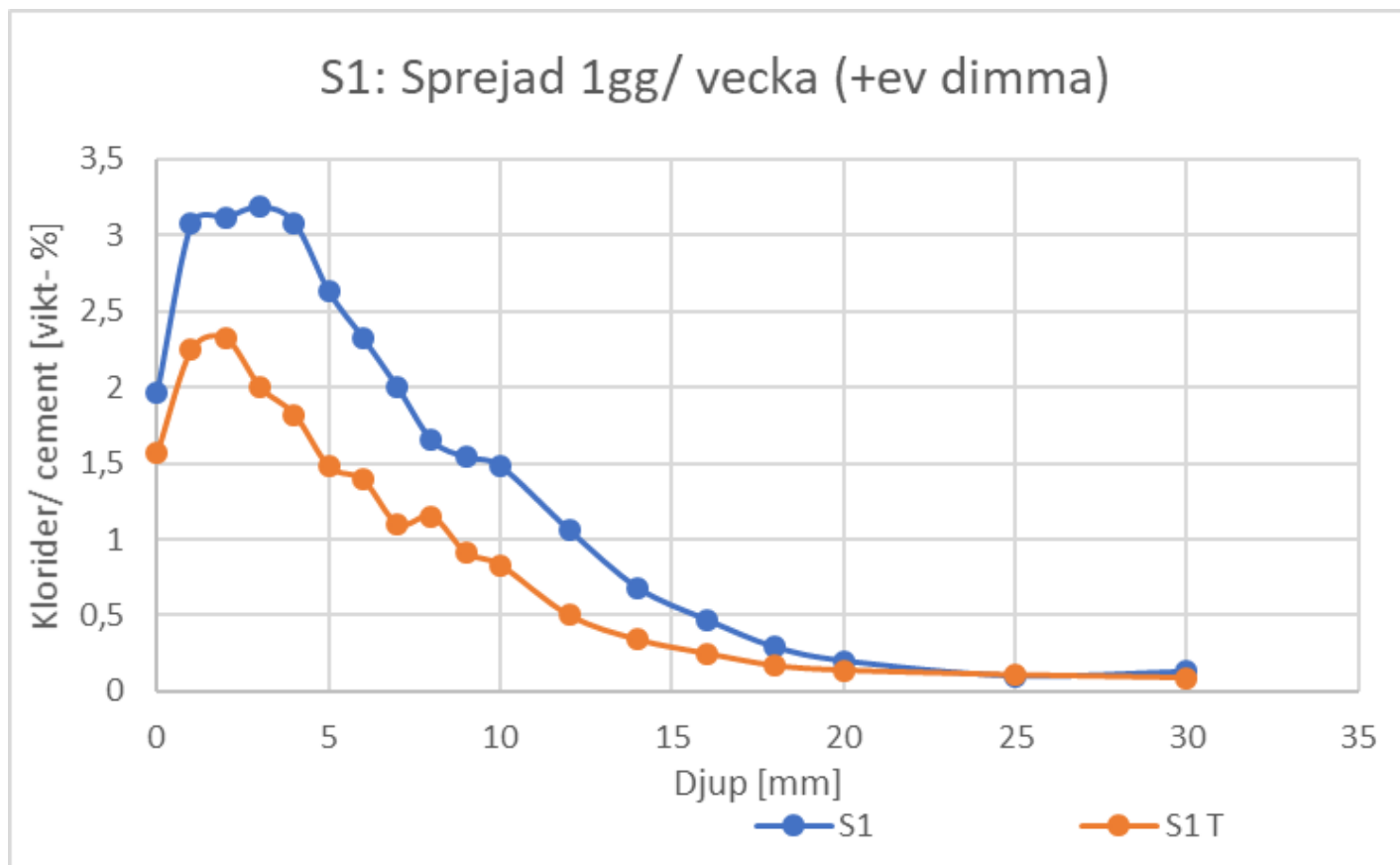
4. Laboratorieförsök

- Effekten av renspoling studeras på provkroppar utsatta för accelererad saltbelastning.
- **Syfte:** Snabbare resultat som ger möjlighet till studier av variationer i olika parametrar, t.ex. när, hur ofta och hur renspolning bör göras.

Accelererat "år"

	Vinter	Vår	Sommar	Höst
Antal dygn	1	2	2	2
Temp (°C)	4	20	40	20
RH (%)	≈ 100	75	≈ 30	85
Tvättning		Före "våren"		
Sälta (%)	10	0	0	0
Typ av salt	NaCl			

Preliminärt resultat



Preliminära slutsatser från försök med renspolning

- Renspolning ger avgjort mindre kloridinträngning i betongen.
- ... men renspolning eliminerar inte kloridinträngningen.
- Accelererad provningsmetod utvecklad – kan få flera användningsområden (beständighet mot saltinträngning i betong med hydrofoberare redan på gång)

Allmänna slutsatser

- Längre livslängd = viktigt för klimatet.
- Underhållsfria broar & vägar – en utopi.
- Impregnering standardåtgärd för kantbalkar & andra extremt utsatta element.
- Hypotesen "förebyggande underhåll effektivt" prövas vetenskapligt i fält & labb.
- Fortsatt behov av forskning kring underhåll, ej bara övervakning och reparation.