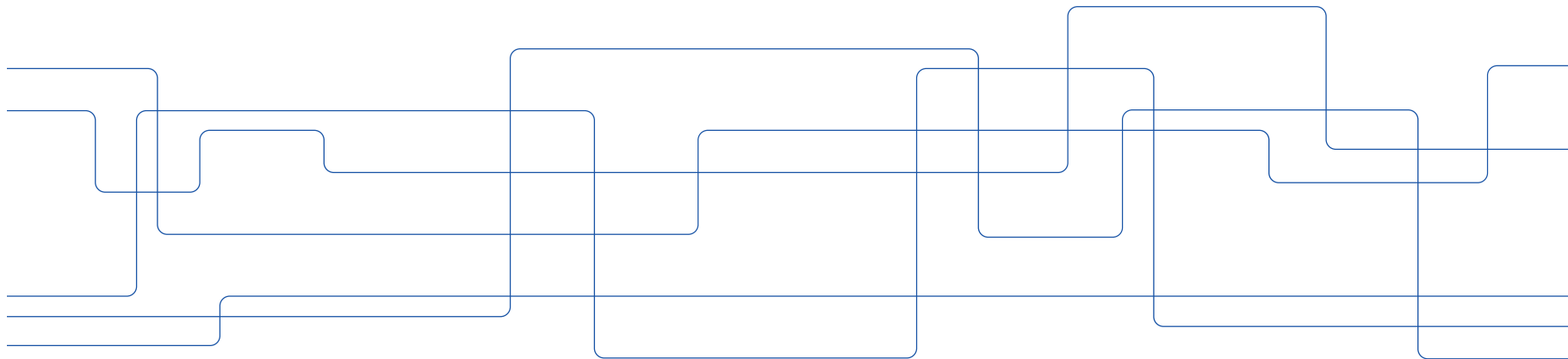




Projekt iBridge – mätningar för bedömning av Västerbrons tillstånd

John Leander, *universitetslektor, docent i brobyggnad*

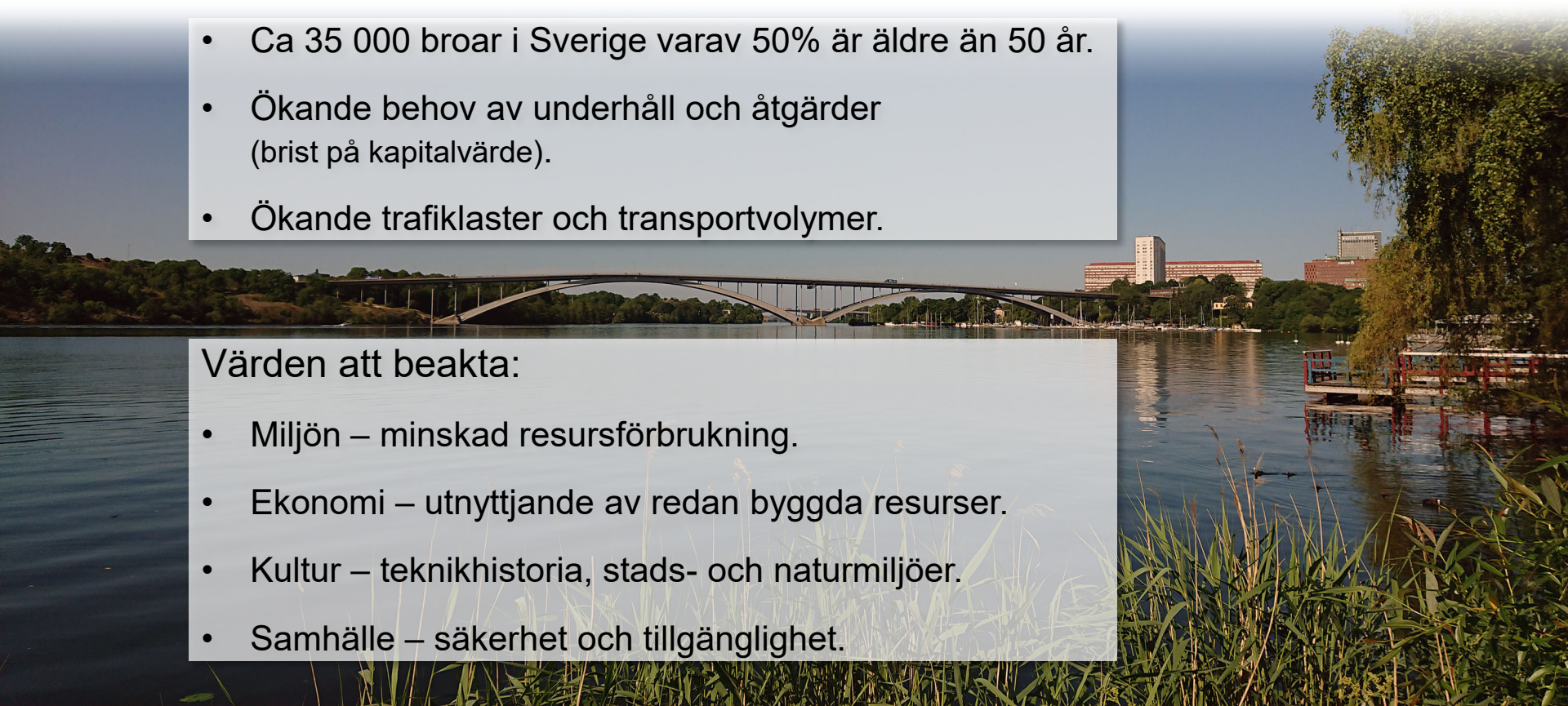


Bakgrund – en hållbar förvaltning av broar

- Ca 35 000 broar i Sverige varav 50% är äldre än 50 år.
- Ökande behov av underhåll och åtgärder (brist på kapitalvärde).
- Ökande trafiklast och transportvolym.

Värden att beakta:

- Miljön – minskad resursförbrukning.
- Ekonomi – utnyttjande av redan byggda resurser.
- Kultur – teknikhistoria, stads- och naturmiljöer.
- Samhälle – säkerhet och tillgänglighet.

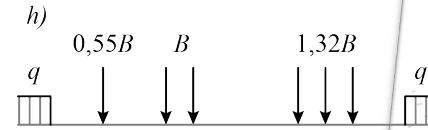


Bakgrund – en hållbar förvaltning av broar

Idag: manuella inspektioner...



...och teoretiska bärlighetsberäkningar.



$$\sigma_{rd} \leq \frac{\Delta\sigma_c}{1,1 \gamma_n}$$





Mätningar för bärighetsbedömning

Syfte med vår forskning:

Utveckla sensorbaserad teknik för att komplettera och ersätta manuella bedömningar.

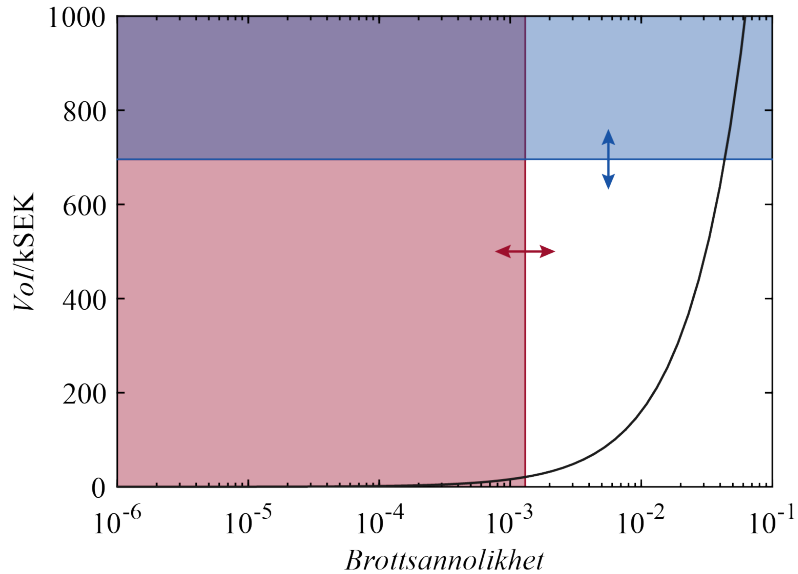
Mål:

- Att minska kostnaderna och miljöpåverkan för broförvaltning.
- Att tillgängliggöra metoder för att bevara och förlänga livslängden för skyddsvärda broar.



Mätningar för bärighetsbedömning

När är det befogat att mäta?



$(C_F = 20 \text{ MSEK}; \mathcal{L}(No|S) = 0,8; \mathcal{L}(No|F) = 0,2)$

När brottsannolikheten är hög (otillräcklig säkerhet);

och när...

mätssystemet är billigare än den förväntade informationsvinsten;

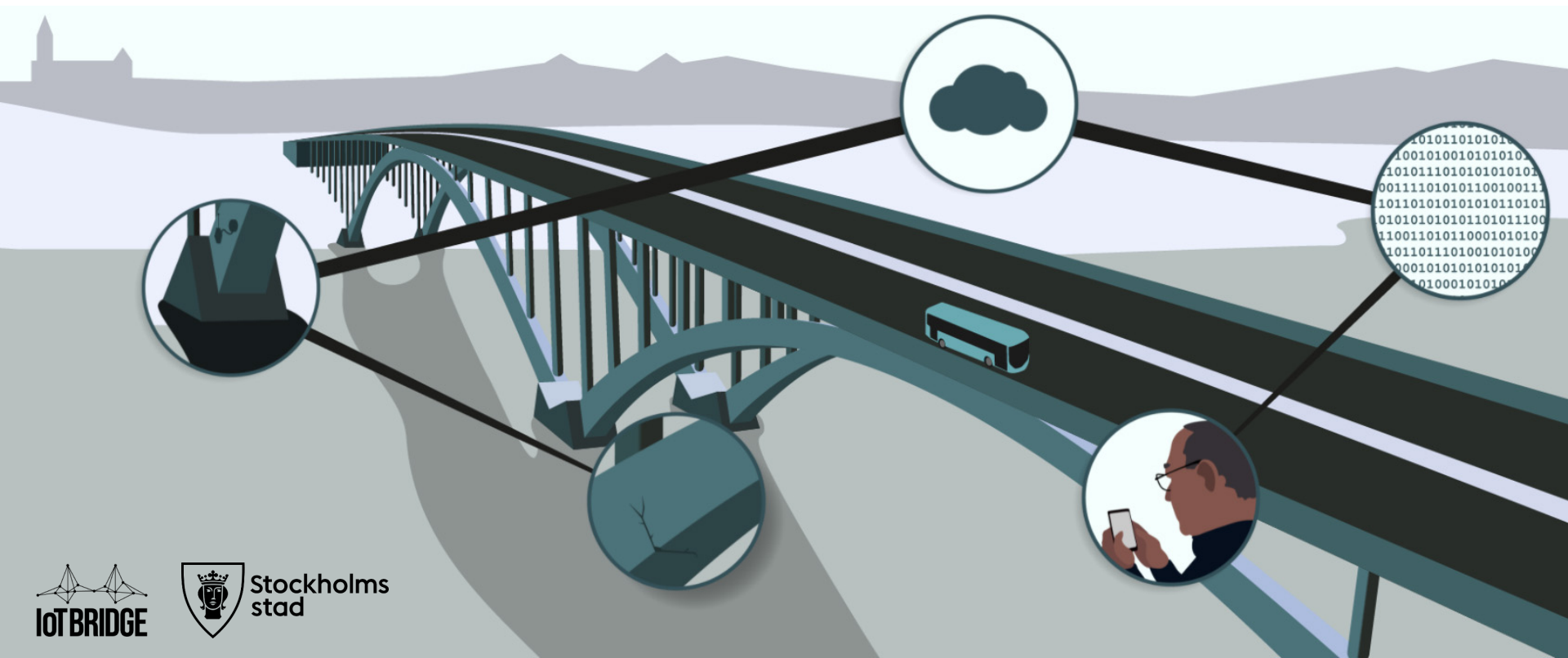
och är...

billigare än en reparationsåtgärd.



iBridge – Digitala och uppkopplade broar

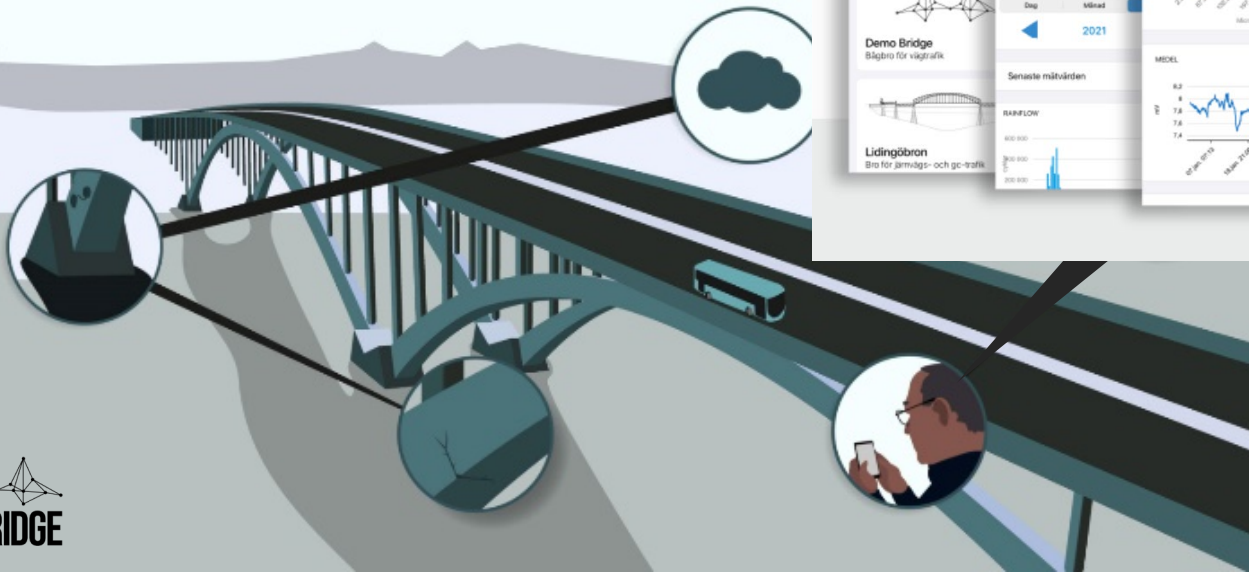
Ett forsknings- och innovationsprojekt finansierat av Vinnova genom InfraSweden 2030.



iBridge – Digitala och uppkopplade broar

Visualisering och beslutsstöd

- En applikation för smarta mobiler.
- Målet har varit en "Bridge in your pocket".





Fallstudie Västerbron

Tillsammans med Trafikkontoret i Stockholms stad användes Västerbron i Stockholm som fallstudie.

- Byggd 1931 – 1935.
- Består av två broar:
 - Bro över Riddarfjärden – bågar, tvärbalkar och vindförband är nitade. Farbanans balkar är svetsade.
 - Bro över Pårsundet – huvudsakligen svetsad.
- Stål St 52 och St 44 (f_y mellan 260 MPa och 310 MPa).
- Trafikeras av vägtrafik bärighetsklass 1 (BK1), A/B = 12/18.



Fallstudie Västerbron



Två mätprojekt pågick parallellt under år 2020 på bron.

Ramböll tillsammans med Betong & Stålteknik (Bostek) genomförde mätningar med konventionella trådade givare.

Totalt 111 trådtöjningsgivare, 2 förskjutningsgivare och en temperaturgivare.

iBridge-projektet genomförde provmätningar med ett trådlöst sensornätverk, molntjänst för datalagring och mobilapp för redovisning av resultat.

Ett fåtal trådtöjningsgivare, accelerometrar, inklinometer och temperaturgivare.

Fallstudie Västerbron

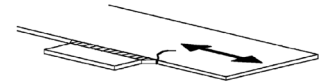
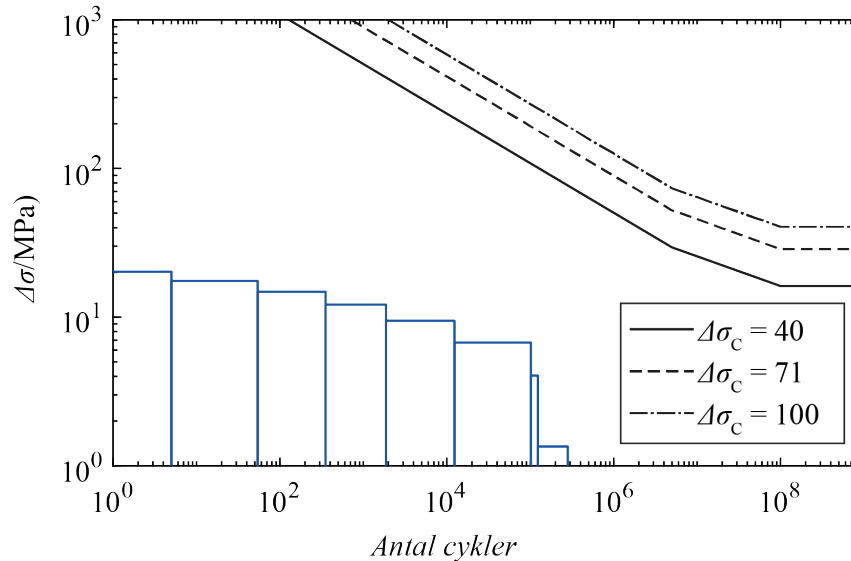


En prototyp för enkel installation, molnbaserad datahantering och direkt integrering med beslutsstödet.

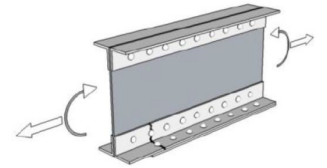
Fallstudie Västerbron: Resultat

Bärighetsbedömning – utmattning:

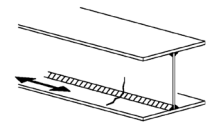
1. Kontinuerliga mätningar av töjningar.
2. Lastcykelräkning med regndroppsmetoden
(rainflow-analys)
3. Delskadeanalys med Palmgren-miners delskadehypotes.



$$\Delta\sigma_C = 40 \text{ MPa}$$



$$\Delta\sigma_C = 71 \text{ MPa}$$

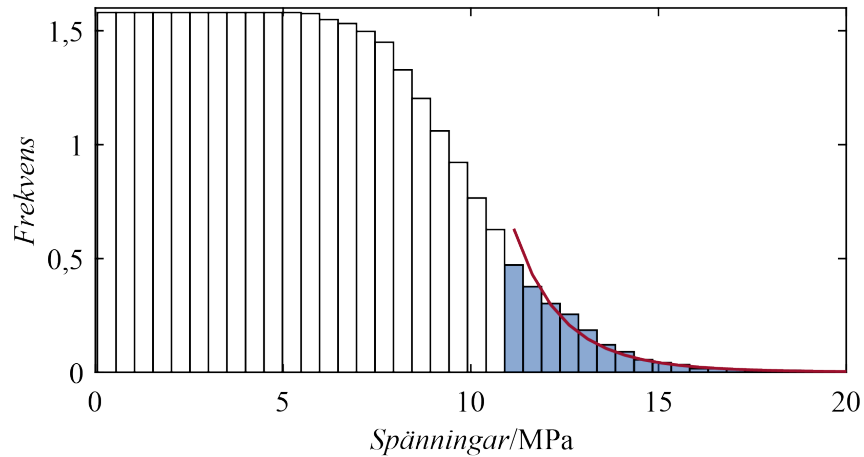


$$\Delta\sigma_C = 100 \text{ MPa}$$

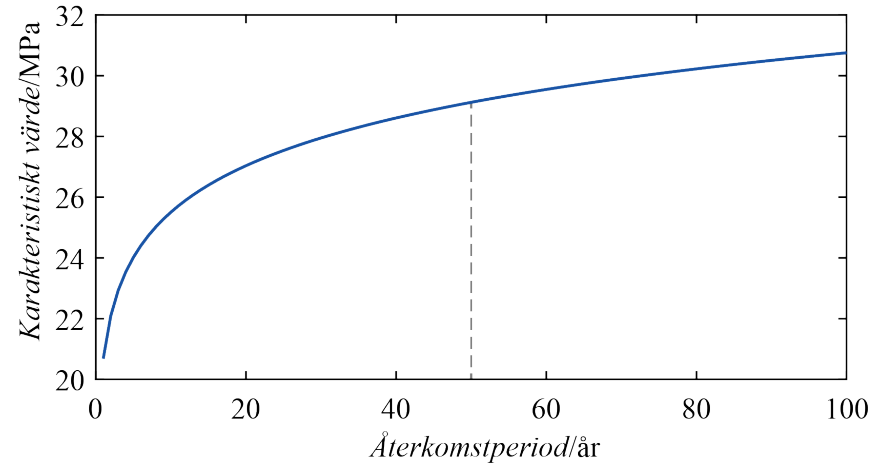
Fallstudie Västerbron: Resultat

Bärighetsbedömning – maximala spänningsvidder:

- Maximala töjnings-/spänningsnivåer kan med hjälp av statistisk extrapolering utnyttjas för kontroller mot brottgränstillstånd.



Histogram för nivåöverskridande.

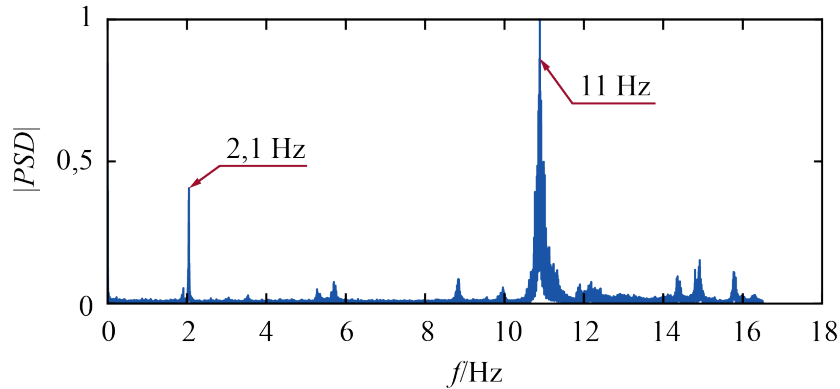


Extrapolering för återkomstperiod.

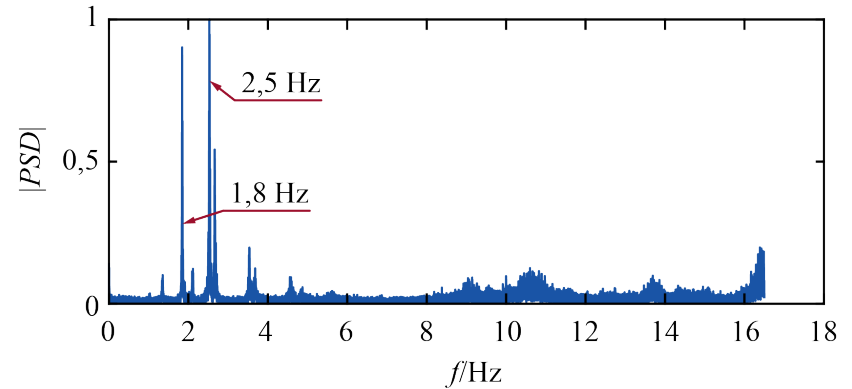
Fallstudie Västerbron: Resultat

Modelluppdatering och kontroll av komfortkrav:

- Brons dynamiska beteende kan i förekommande fall användas för modelluppdatering eller verifiering av komfortkrav.



Utböjning i sidled (horisontellt).



Vertikal utböjning.



Sammanfattning

Projektet iBridge visar...

- En lyckad demonstration av trådlösa sensornätverk för bärighetsbedömning av stålbroar.
- Hela kedjan från sensorer, via molntjänster till visualisering för beslutsfattare.

Mätningarna på Västerbron visar...

- Låga utnyttjandegrader med hänsyn till utmattnig. Återstående livslängd bedöms vara mer än 100 år förutsatt dagens trafikbelastning.
- Maximala uppmätta spänningsnivåer ligger betydligt under materialets sträckgräns med en återkomstperiod av 50 år beaktad.

Kontakt



John Leander
KTH Bro- och stålbyggnad
john.leander@byv.kth.se



IoTBridge AB
info@iotbridge.se
<http://www.iotbridge.se>