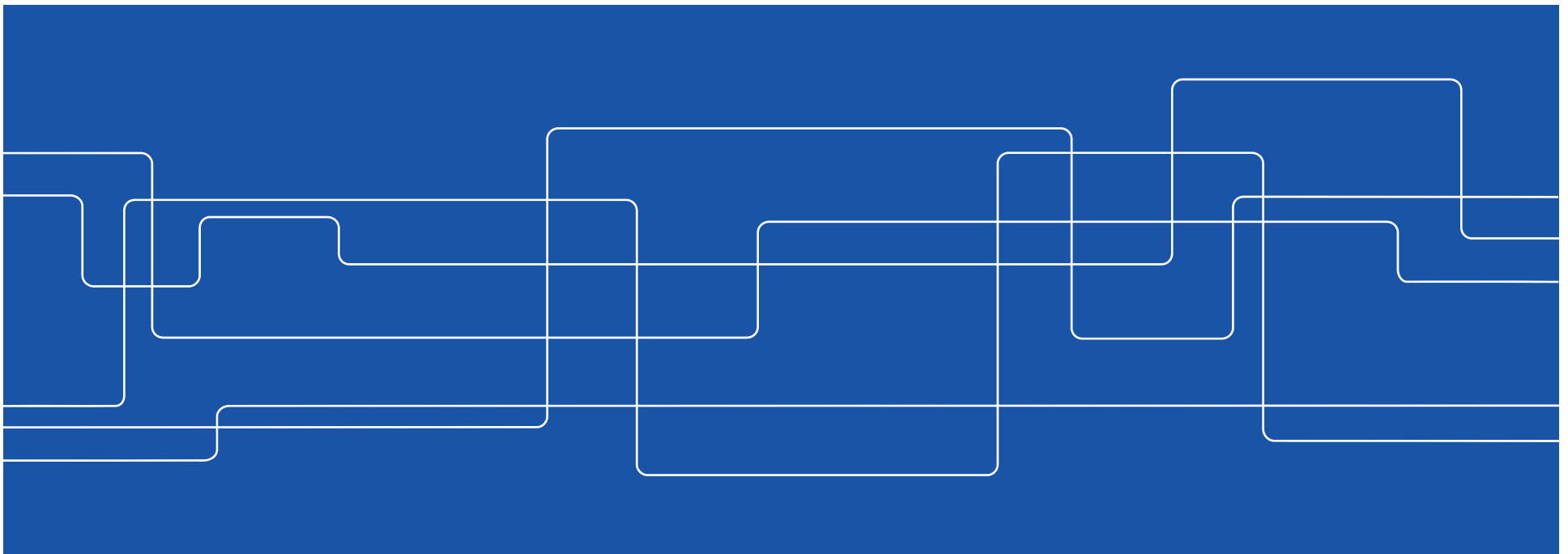




Mätningar för tillståndsbedömning av befintliga broar

John Leander, Docent i brobyggnad
Kungliga Tekniska högskolan (KTH)



Bakgrund

Ett växande antal broar med kända skador och brister.

Broarnas funktion och läge försvårar ofta reparationer och brobyten.

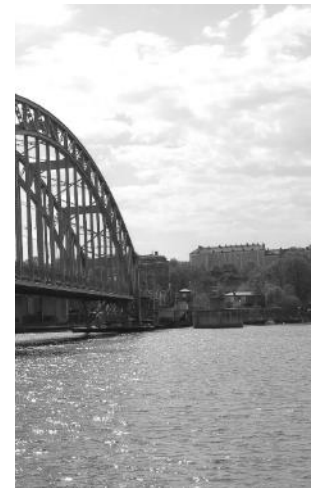
Trafikstörningar accepteras inte – broarna trafikeras trots skador.

Mätningar är ett sätt att verifiera säkerheten utan att begränsa framkomligheten.



Innehåll

- Nyttan med mätningar
 - Beslutsstöd
 - Värdet av information
- Mätningar och tillståndsbedömning
 - Vad mäter vi?
 - Hur används resultatet?



Nyttan med mätningar

Varför mäta?

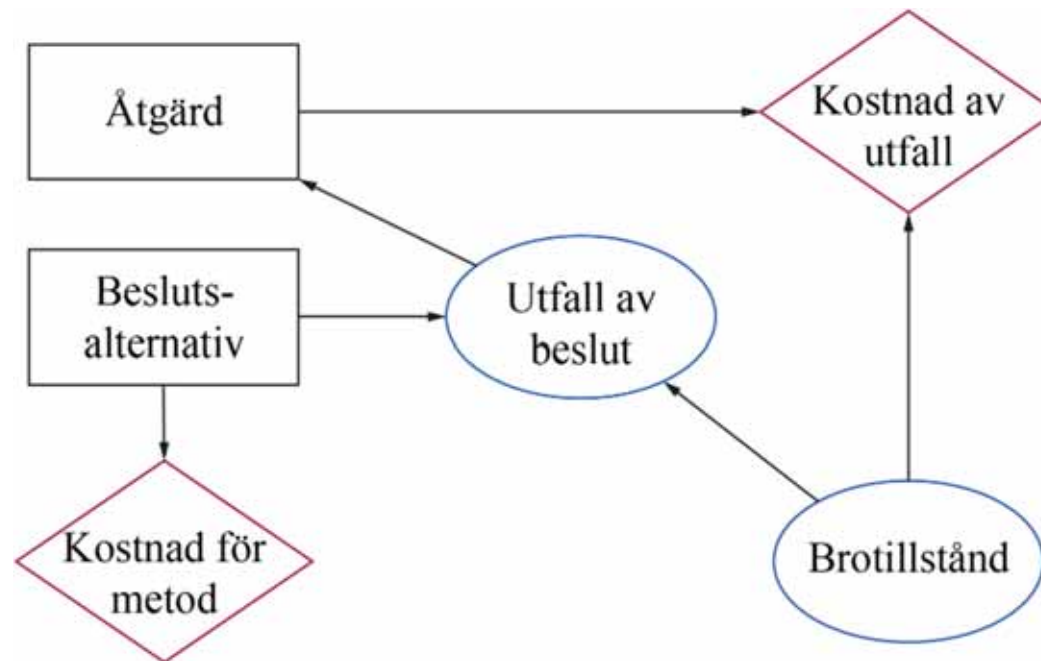
- Hög investeringskostnad
- Mätsystemet kräver underhåll
- Stora mängder data som måste lagras
- Resultaten är svåra att tolka
- ...



Nyttan med mätningar

En matematisk "*objektiv*" utvärdering baserad på den **förväntade nytta** (t.ex. nytta i pengar $\times$ sannolikheten).

Influensdiagram – en teknik som utvecklats inom forskningen om artificiell intelligens (AI).
(Probabilistiskt nätverk, Bayesiansk beslutsteori)



Exempel på ett influensdiagram.

Nyttan med mätningar

Ett exempel från Gamla Lidingöbron

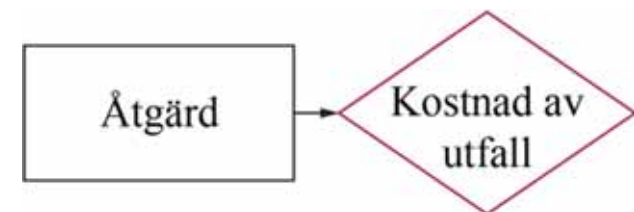
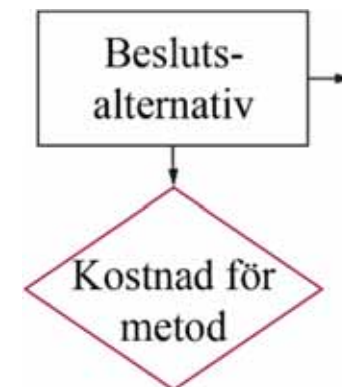
Scenario: Brottssannolikheten är 10% men bron måste trafikeras i 10 år till (en acceptabel nivå är 1%).

Beslutsalternativ

- | | |
|--------------------------------|---------|
| 1) Ingen åtgärd: | 0 MSEK |
| 2) Kontinuerliga inspektioner: | 12 MSEK |
| 3) Mätningar, alternativ 1: | 3 MSEK |
| 4) Mätningar, alternativ 2: | 6 MSEK |

Åtgärder

- | | |
|-------------------------|----------|
| Korrigerande underhåll: | 5 MSEK |
| Reparation efter skada: | 100 MSEK |



Nyttan med mätningar

Ett exempel från Gamla Lidingöbron

Beslutsalternativ

- 1) Ingen åtgärd:
- 2) Kontinuerliga inspektioner:
- 3) Mätningar, alternativ 1:
- 4) Mätningar, alternativ 2:

$$P[d] = 0,1$$

$$P[id|d] = 0,8$$

$$P[id|d] = 0,7$$

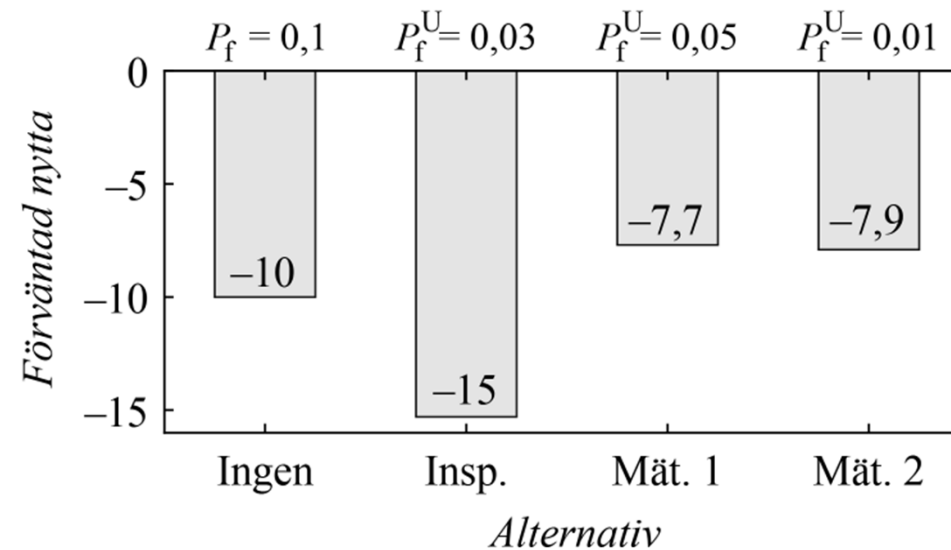
$$P[id|d] = 0,9$$

Sannolik-
heter

$P[id|d]$ = sannolikheten att metoden upptäcker en skada under förutsättning att en skada finns (true negative).

Nyttan med mätningar

Ett exempel från Gamla Lidingöbron

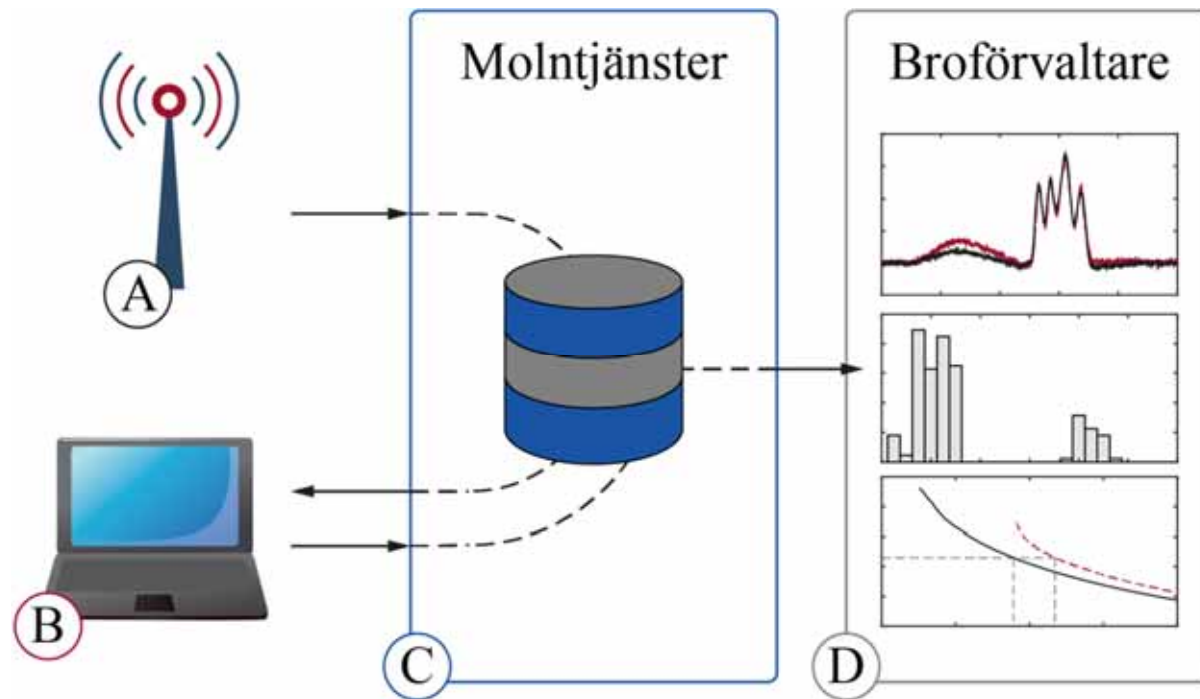


Att riskera att en skada uppstår är i detta fall "billigare" än att göra kontinuerliga inspektioner.

Båda mätalternativen är billigare än övriga val.

Mätningar och tillståndsbedömning

En tillståndsbedömning bör innefatta hela kedjan från tekniska lösningar för mätningar till en modell för beslutsstöd.



Mätningar och tillståndsbedömning

A. Givare och system för mätningar

Kommersiella system finns för mätning av storheter som töjningar, accelerationer, vinkeländringar etc.

Vår forskning är inriktad mot att testa och utvärdera befintliga system och...

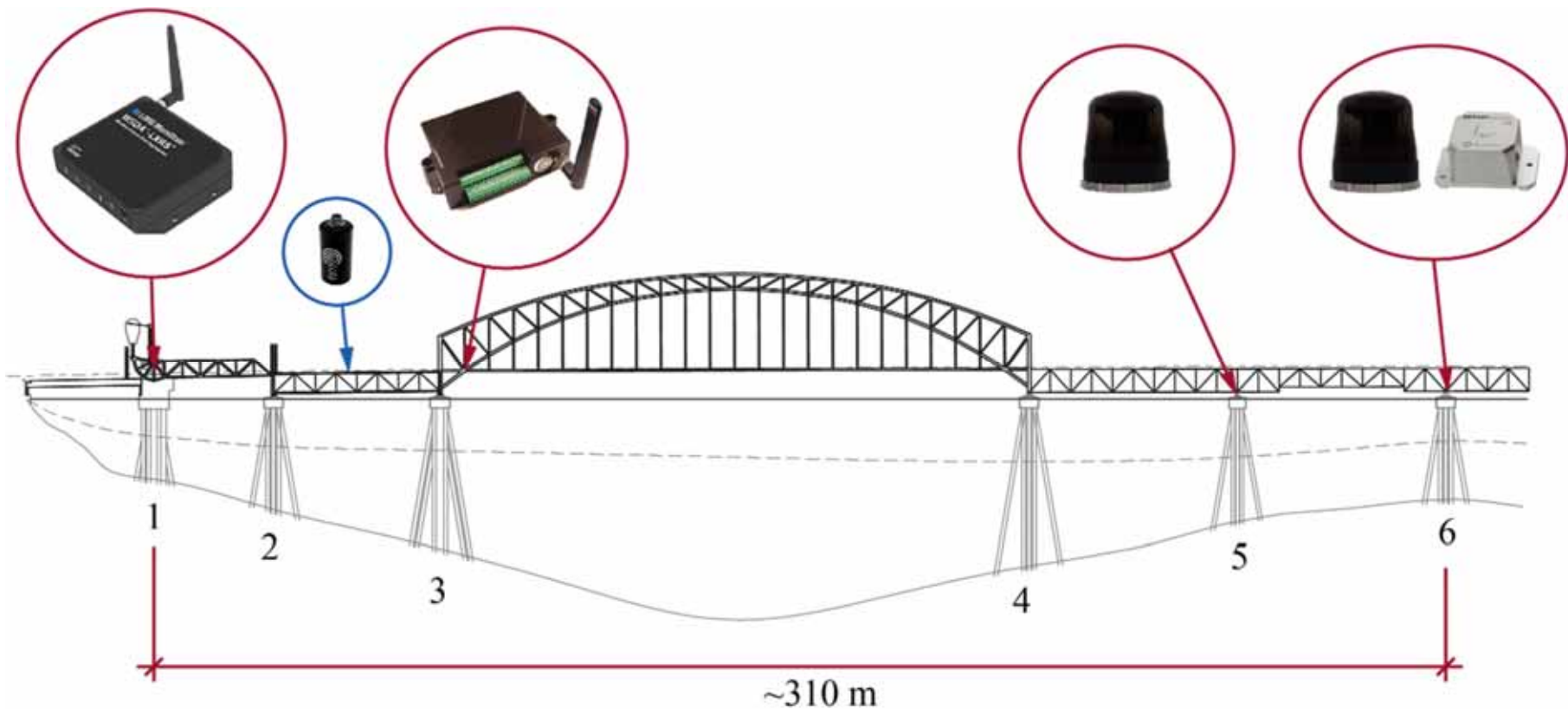
...energiinsamling för drift av trådlösa sensornoder.



Mätningar och tillståndsbedömning

A. Givare och system för mätningar

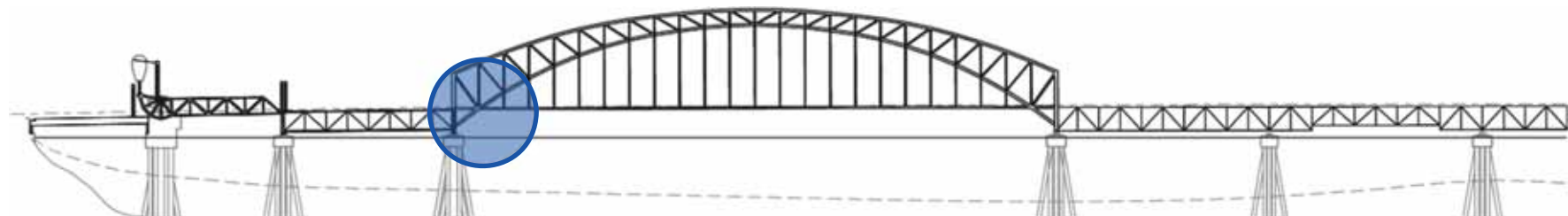
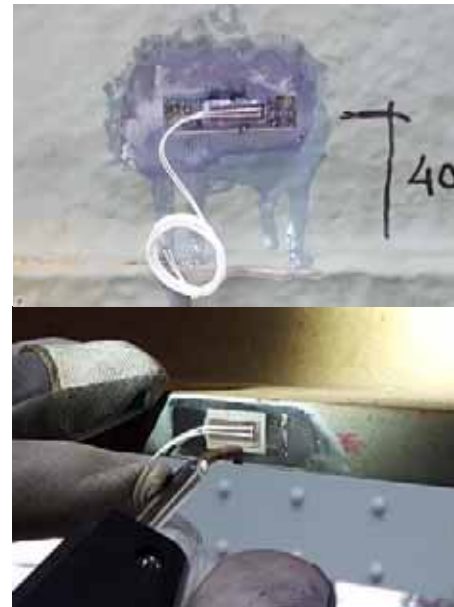
Exempel från Gamla Lidingöbron



Mätningar och tillståndsbedömning

A. Givare och system för mätningar

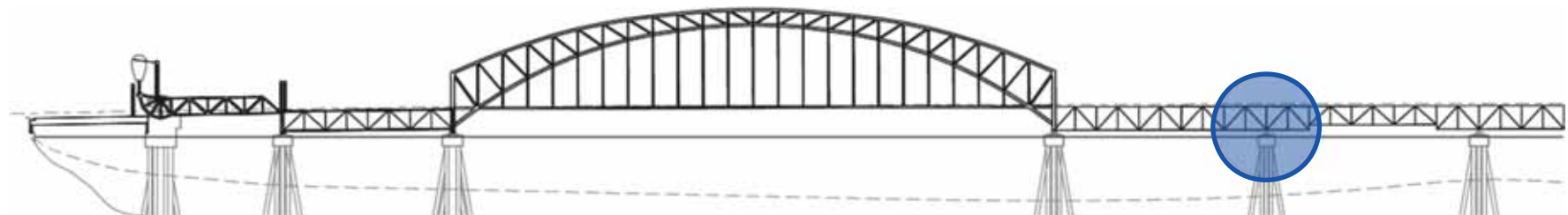
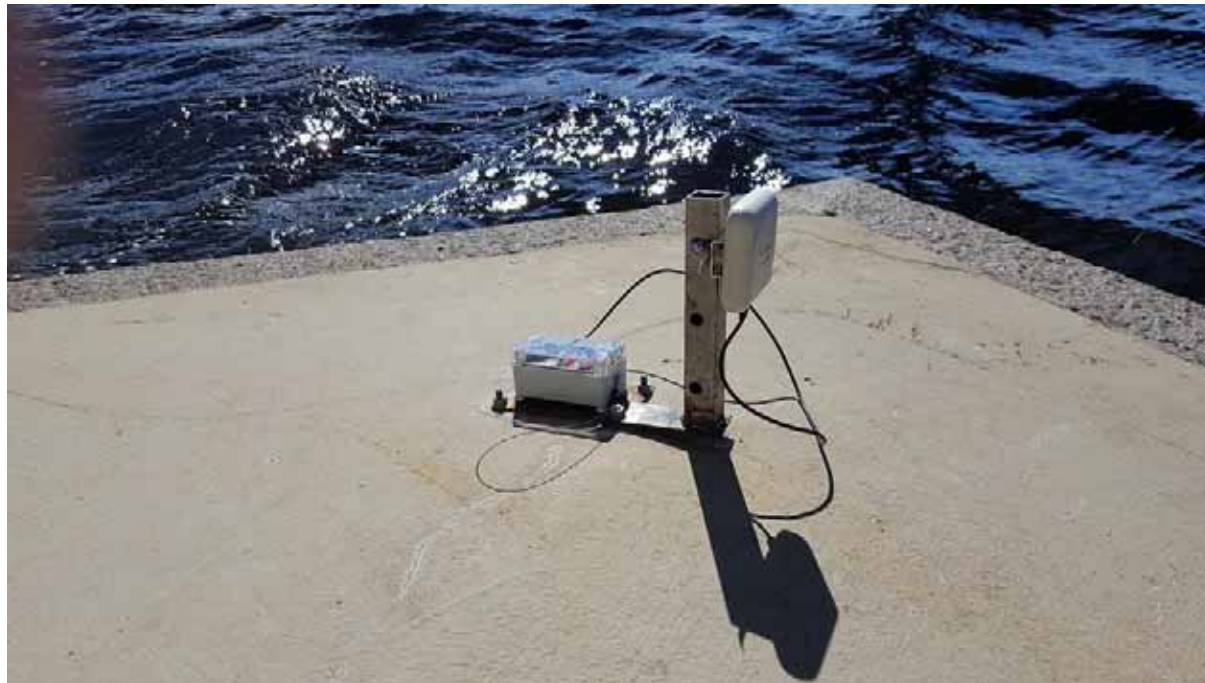
Exempel från Gamla Lidingöbron



Mätningar och tillståndsbedömning

A. Givare och system för mätningar

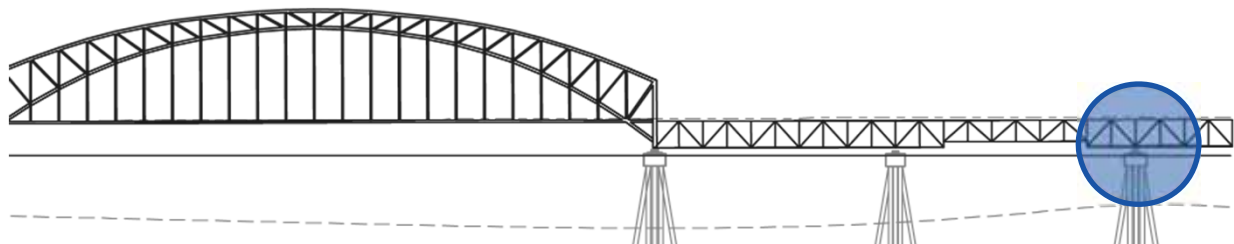
Exempel från Gamla Lidingöbron



Mätningar och tillståndsbedömning

A. Givare och system för mätningar

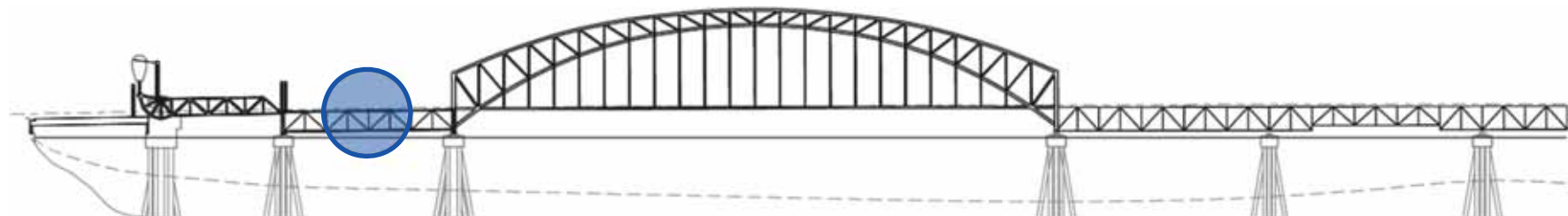
Exempel från Gamla Lidingöbron



Mätningar och tillståndsbedömning

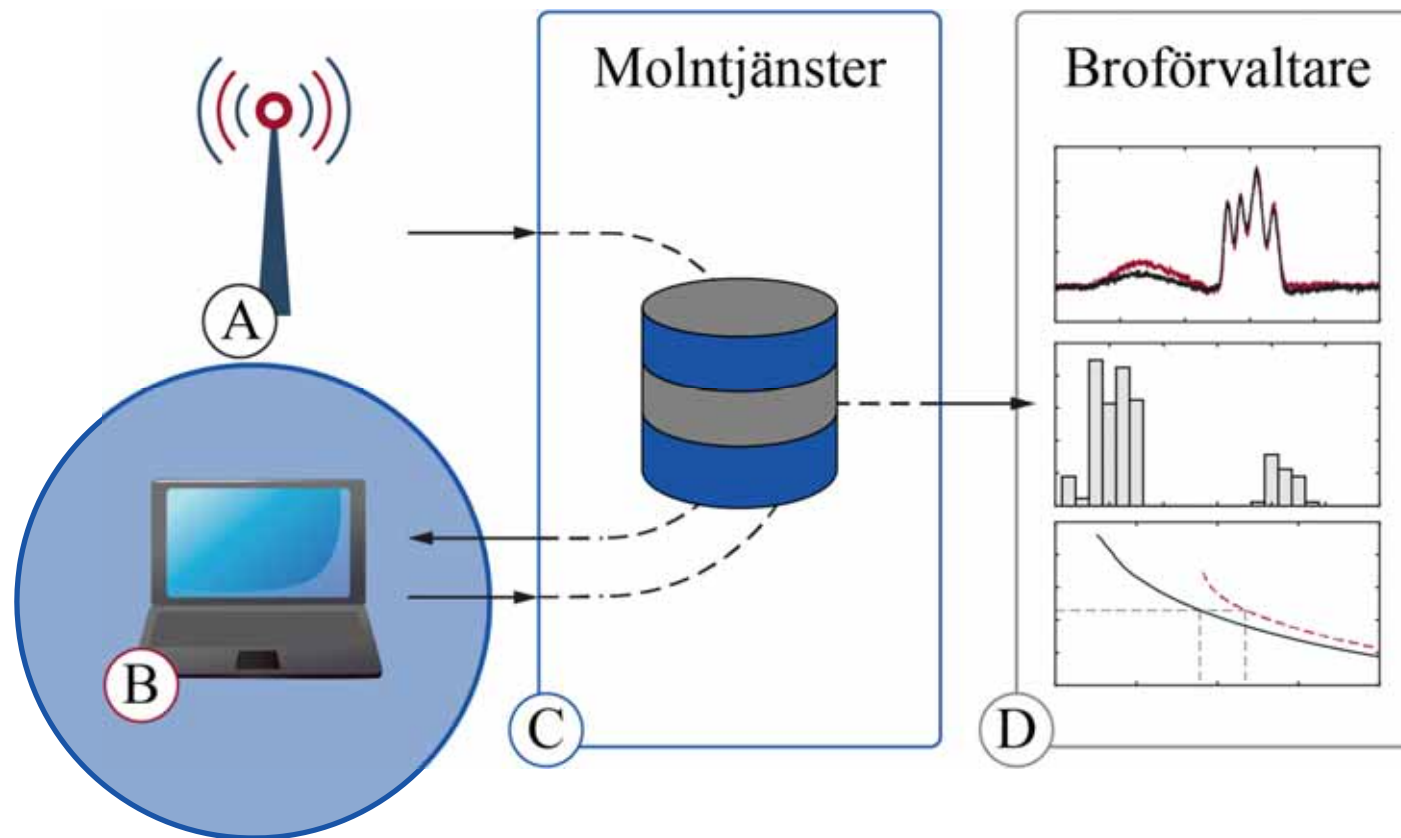
A. Givare och system för mätningar

Exempel från Gamla Lidingöbron



Mätningar och tillståndsbedömning

B. Tillståndsbedömning – analys



Mätningar och tillståndsbedömning

B. Tillståndsbedömning – analys

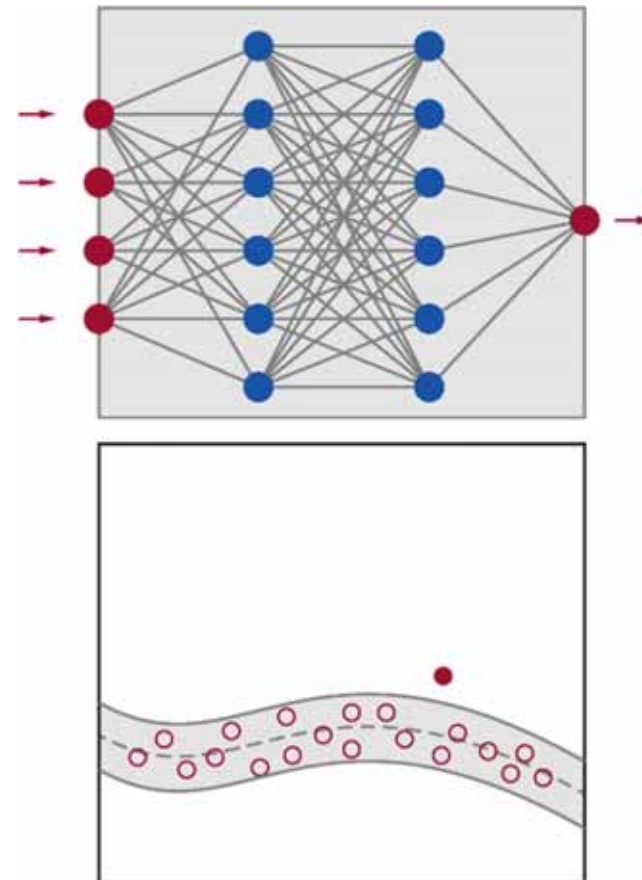
Skadedektetering genom maskininlärning

Maskininlärning gör det möjligt att identifiera mönster i stora mängder data och hitta avvikelser. (BIG DATA)

Syftet är att hitta och larma vid avvikelser i ett tidigt skede.

Möjliga ingångsvärden är:

- Accelerationer
- Fordonskaraktistik
- Temperatur
- Töjningar
- etc.

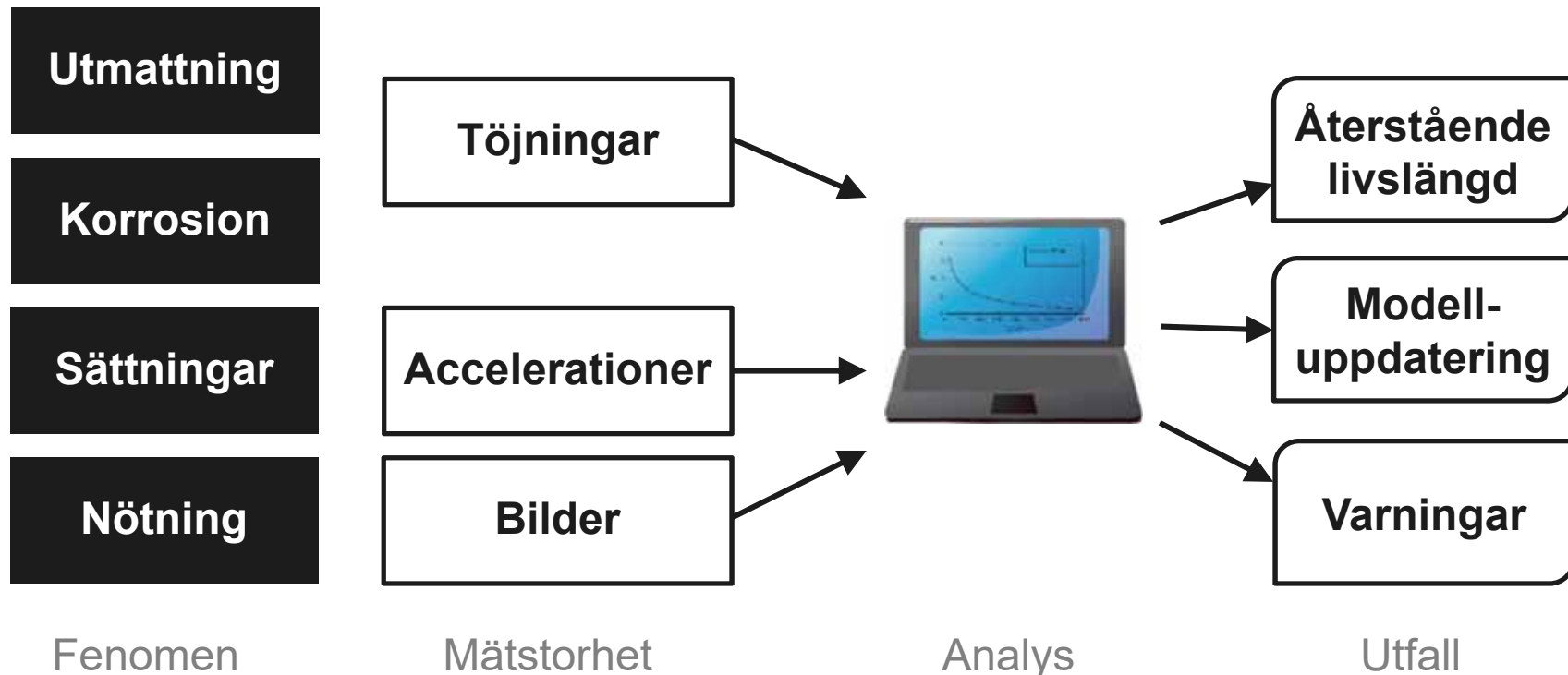


Mätningar och tillståndsbedömning

B. Tillståndsbedömning – analys

Livslängdsbedömning

Uppskattning av en bros återstående livslängd med avseende på...



Mätningar och tillståndsbedömning

B. Tillståndsbedömning – analys

Ett exempel från Gamla Lidingöbron

Brons livslängd begränsas av den kombinerade effekten av korrosion och utmattning.

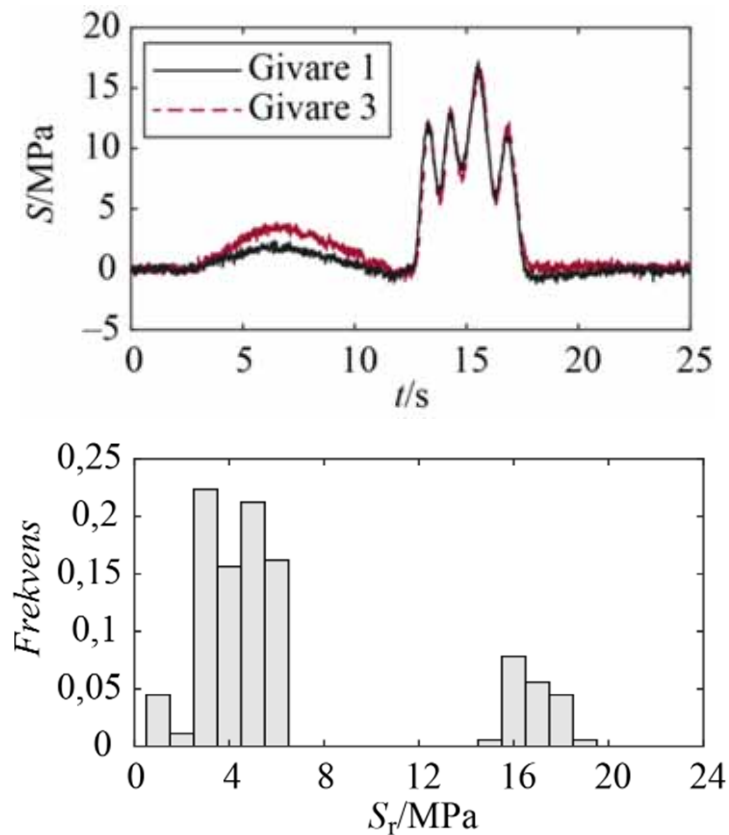
Livslängdsbedömningen bygger på en brottmekanisk modell för utmattningsanalys.



Mätningar och tillståndsbedömning

B. Tillståndsbedömning – analys

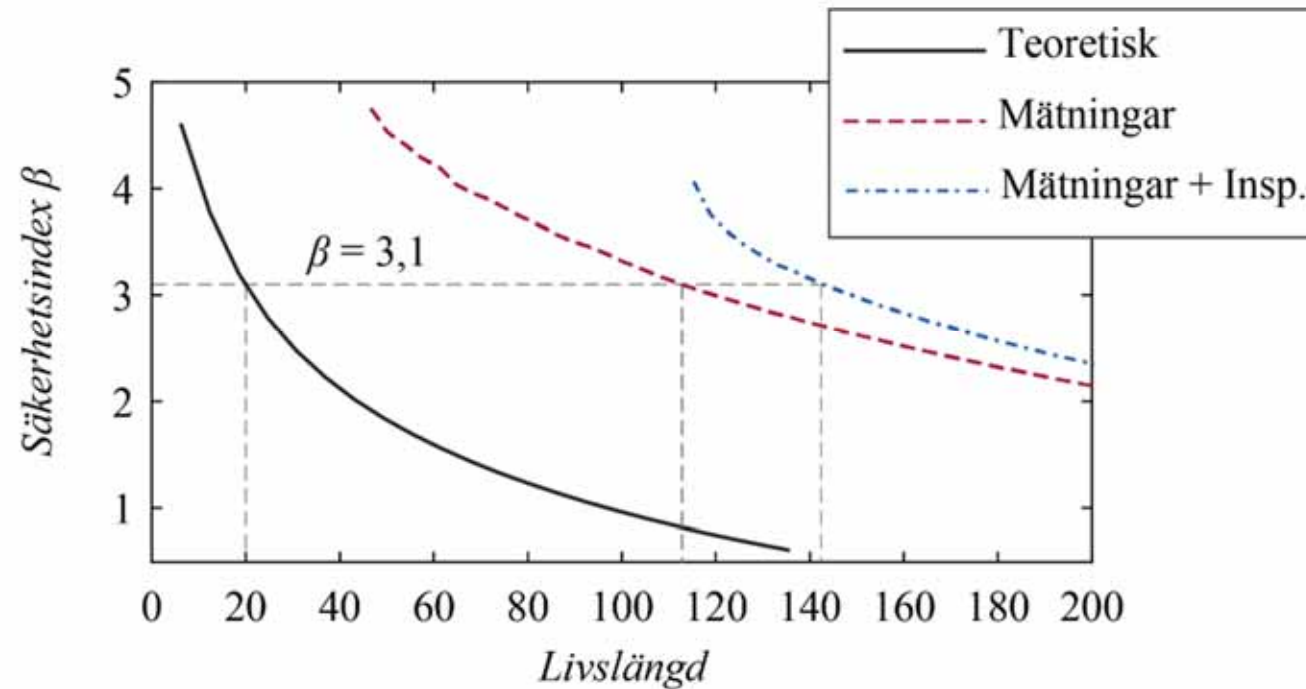
Ett exempel från Gamla Lidingöbron



Mätningar och tillståndsbedömning

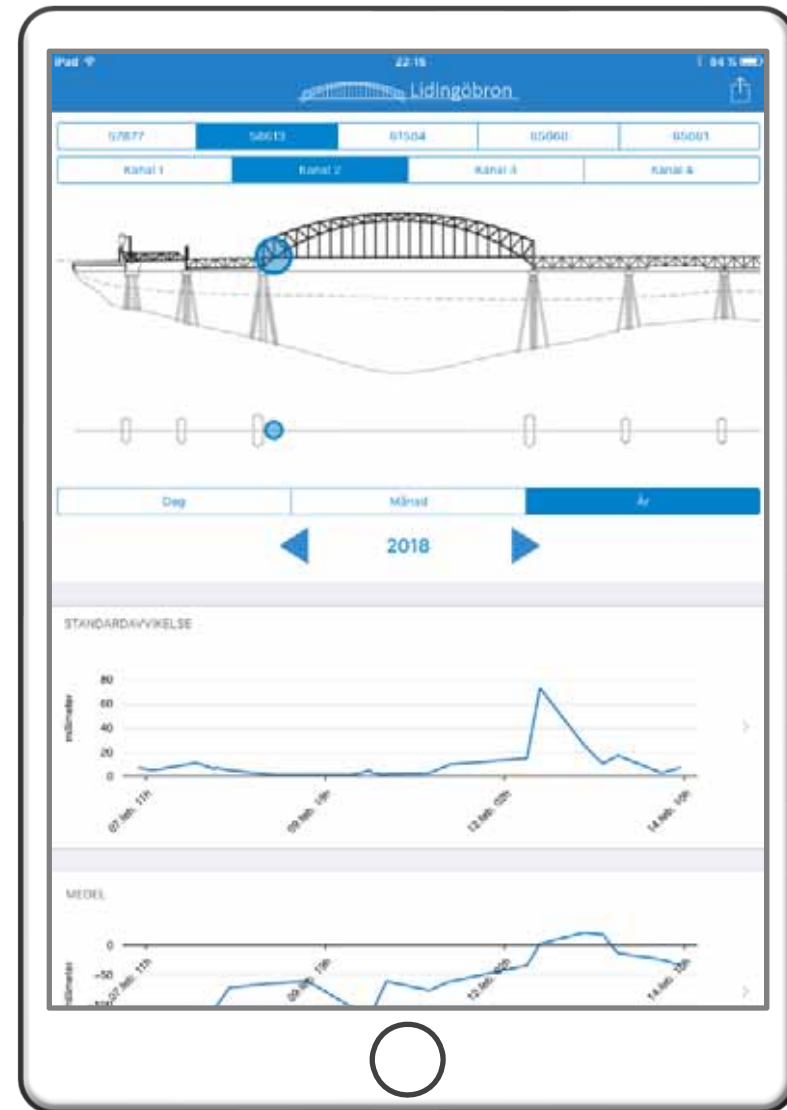
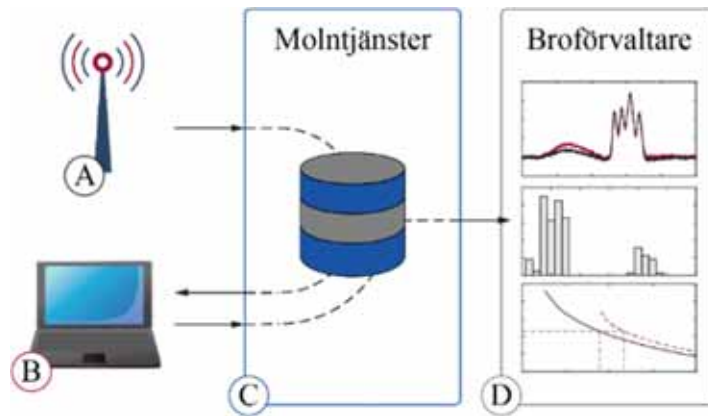
B. Tillståndsbedömning – analys

Ett exempel från Gamla Lidingöbron

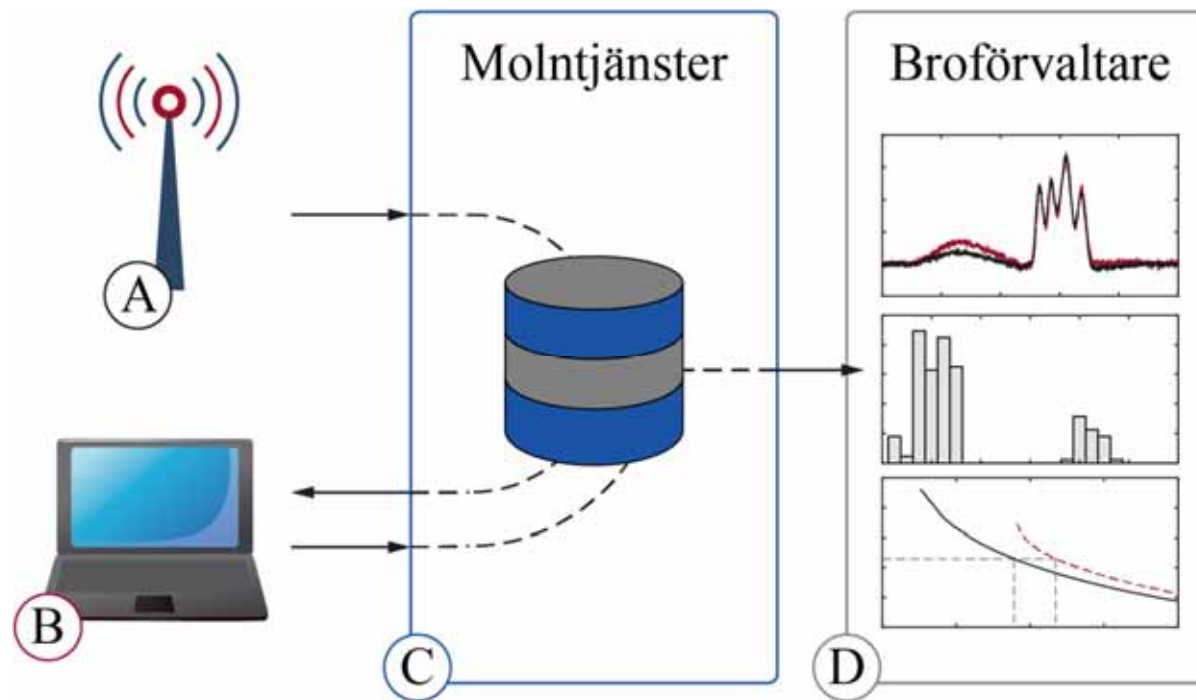


Mätningar och tillståndsbedömning

C. Molntjänster



Summaring...



Kontakt: john.leander@byv.kth.se