



Modeller för dammövervakning

Rikard Hellgren
KTH / WSP

Kraftindustrins betongdag, 2018-03-14



Rikard Hellgren

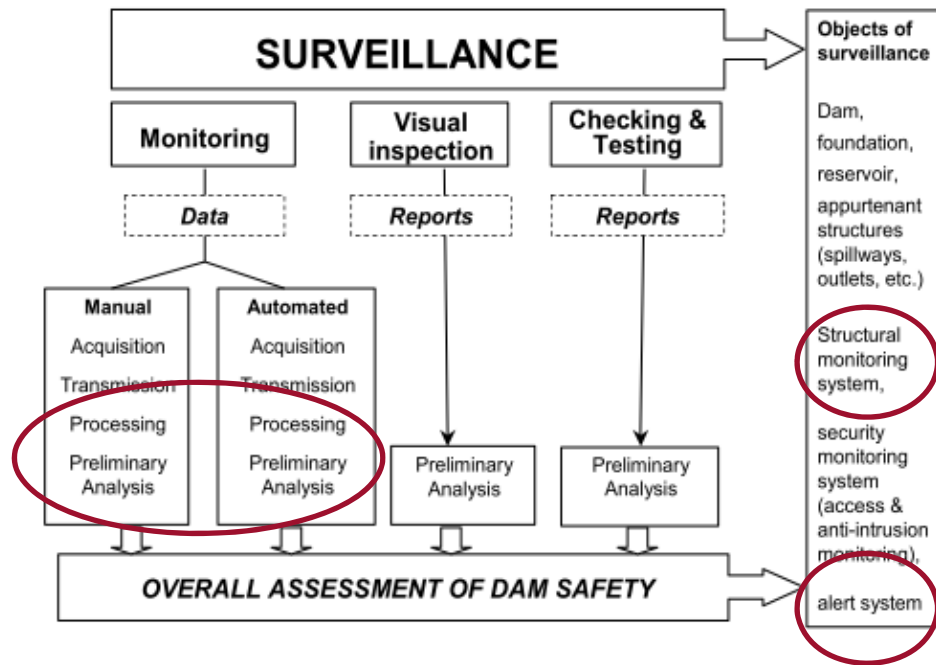
- Doktorand KTH : Tillståndsbedömning av vattenkraftens betongkonstruktioner
- WSP Vattenbyggnad



SVENSKA BYGGBRANSCHENS UTVECKLINGSFOND
The development fund of the Swedish construction industry



Tillståndsbedömning från ICOLD

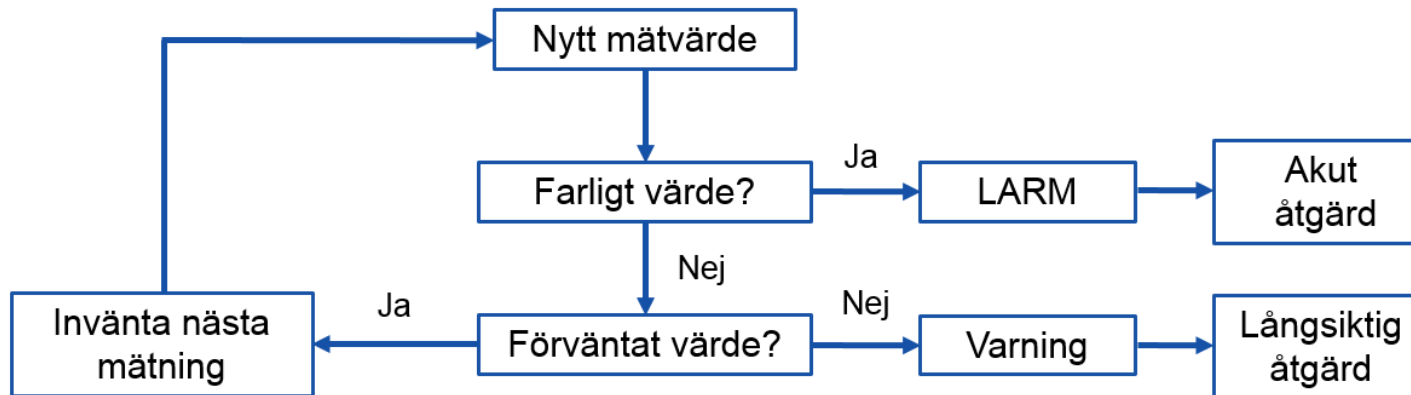




Dammövervakning

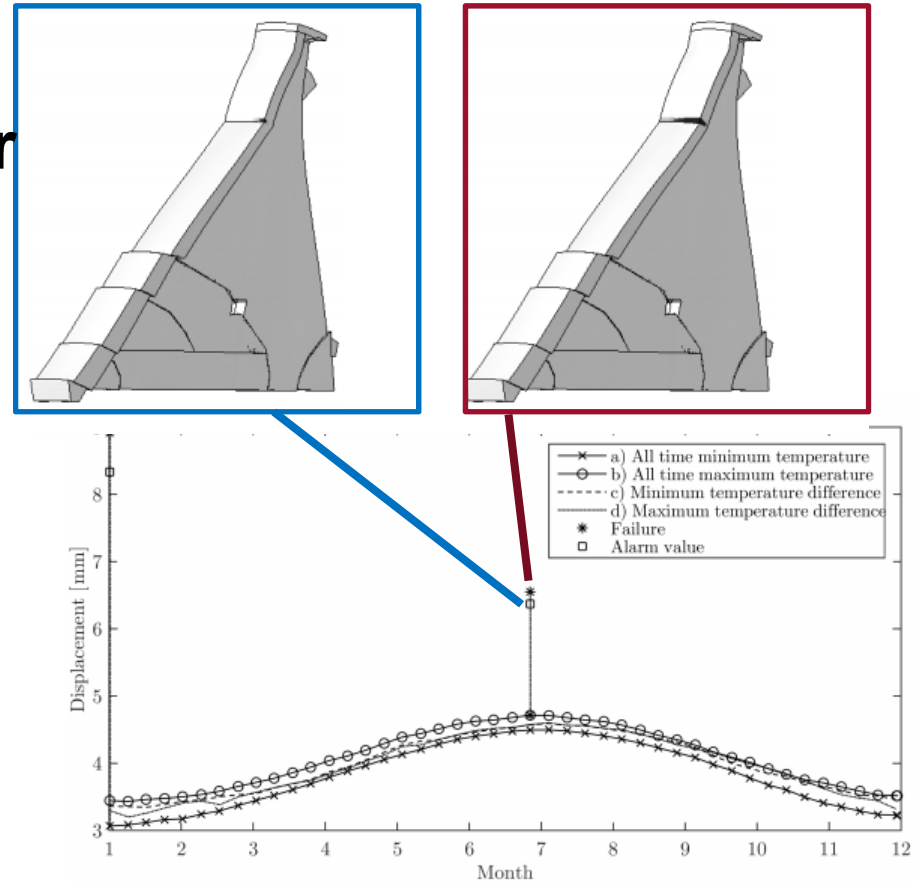
Två nivåer av alarm, larm och varningar.

- Vad är ett farligt värde?
- Vad är ett förväntat värde?



Farligt värde - larmgränser

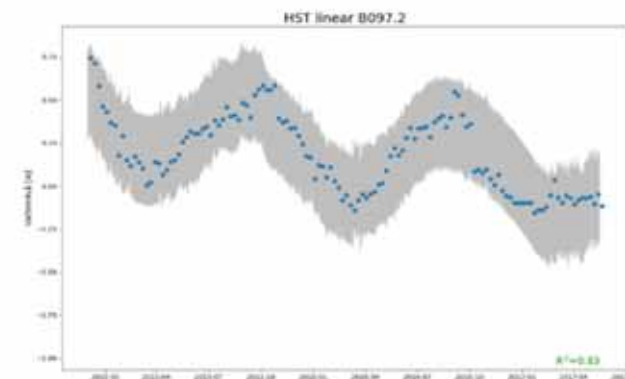
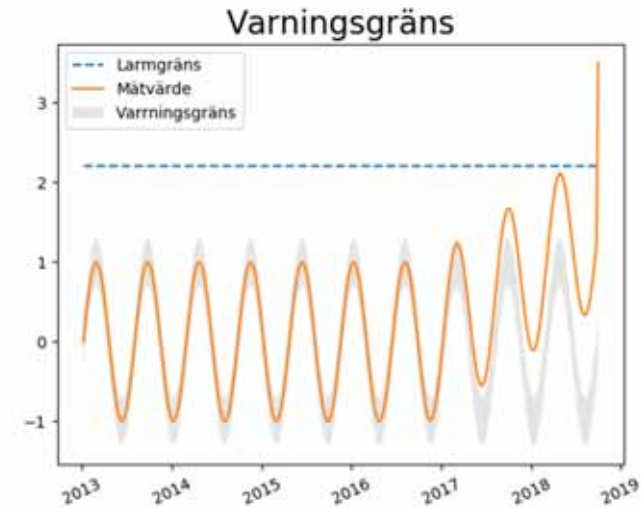
- Baseras på värden som orsakar och eller är associerade till identifierade brottmoder.
- Beräknas teoretiskt eller bygger på vad dammen "klarat" tidigare.
- Ofta kopplade till stora förändringar i globala mätare
 - Plötslig ökning av läckage
 - Onormala rörelser
- Osäkerhet kring modellens giltighet





Förväntat värde/Varningar

- Tidigt identifiera avvikelser.
- Jämför ett uppmätt värde med ett förväntat värde utifrån rådande yttre förhållanden.
- Kräver någon typ av modell för att göra prediktion.





Modelltyper

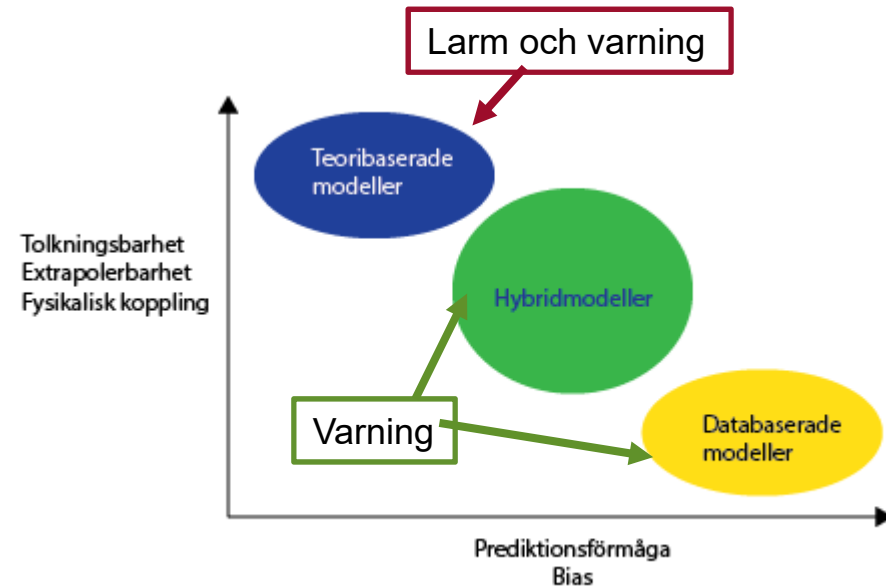




Modeller för dambeteendeanalys

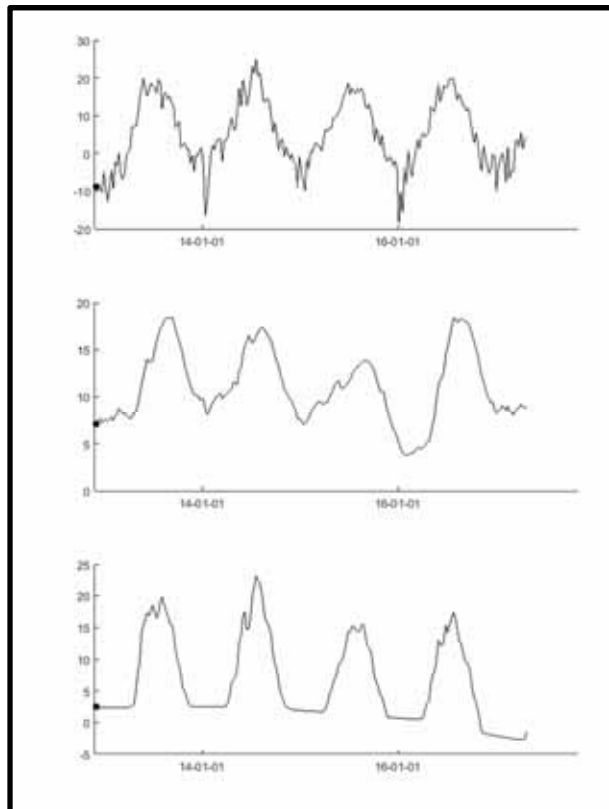
Tre kategorier av modeller

- Teoribaserade
Baserade på fysik
- Databaserade
Baserade på mätdata (historia)
- Hybrid
Kombination av fysik och data

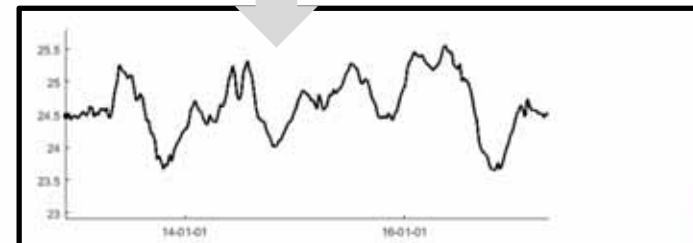
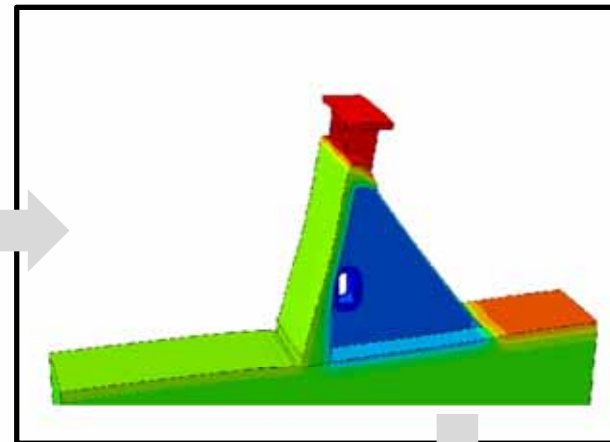


Teoribaserad: FE-modell

Indata



Modell





Databaserad modell, MLR

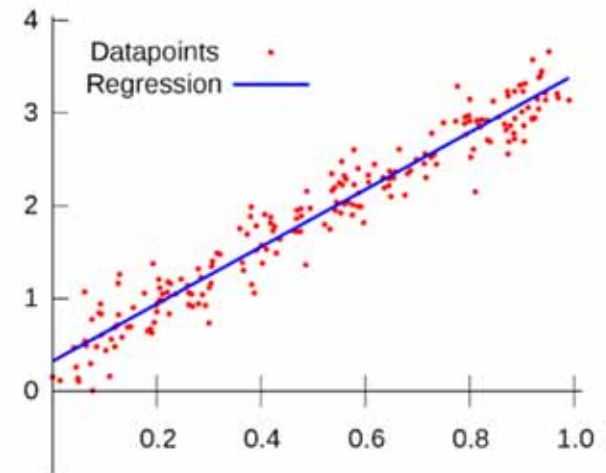
HST-model
(Hydrostatic, Seasonal, and Time)

$$y_{HST} = F_1(H) + F_2(S) + F_3(t)$$

$$F_1(H) = \beta_0 + \beta_1 H + \beta_2 H^2 + \beta_3 H^3 + \beta_4 H^4$$

$$F_2(S) = \beta_5 \sin\left(\frac{2\pi t}{L}\right) + \beta_6 \cos\left(\frac{2\pi t}{L}\right) + \beta_7 \sin\left(\frac{4\pi t}{L}\right) + \beta_8 \cos\left(\frac{4\pi t}{L}\right)$$

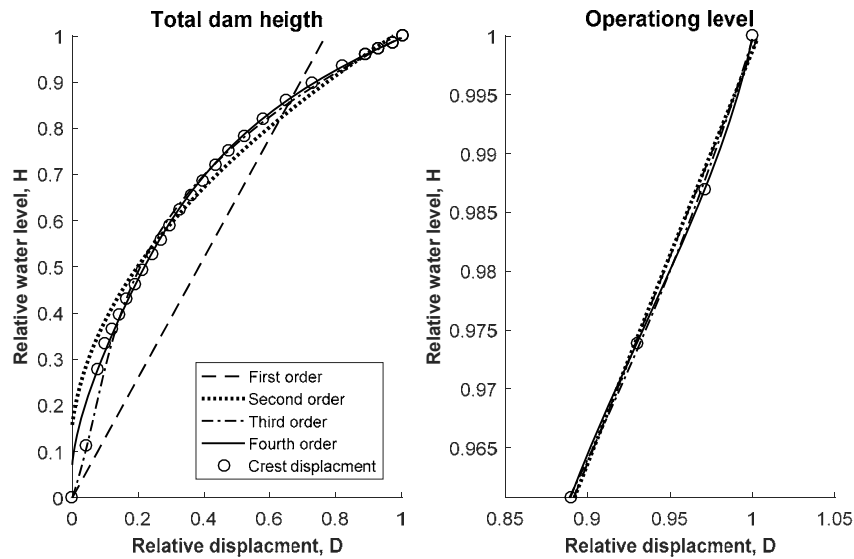
$$F_3(t) = \beta_9 t$$





Hydrostatisk effekt

$$F_1(H) = \beta_0 + \beta_1 H + \beta_2 H^2 + \beta_3 H^3 + \beta_4 H^4$$

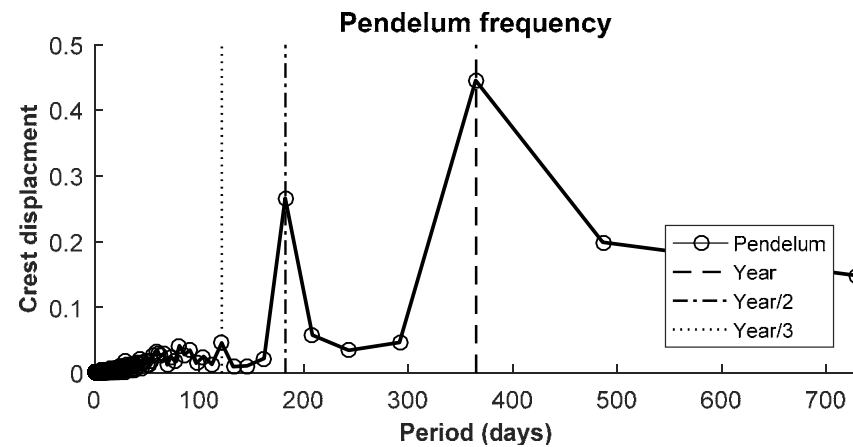


$$H = \frac{h}{h_{\text{dam}}}$$



Säsongsberoende effekt

$$F_2(S) = \beta_5 \sin\left(\frac{2\pi t}{L}\right) + \beta_6 \cos\left(\frac{2\pi t}{L}\right) + \beta_7 \sin\left(\frac{4\pi t}{L}\right) + \beta_8 \cos\left(\frac{4\pi t}{L}\right)$$



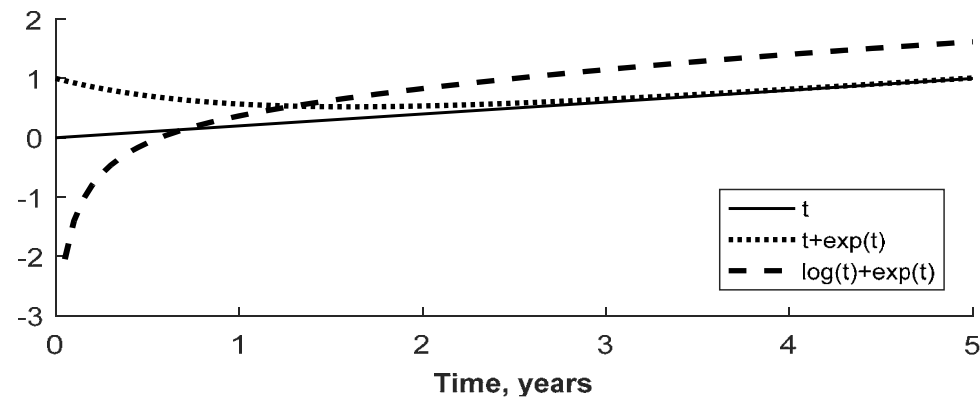


Tidsberoende effekt

$$F_3(t) = \beta_9 t$$

$$F_3(t) = \beta_9 t + \beta_{10} e^{-t}$$

$$F_3(t) = \beta_9 \ln(t) + \beta_{10} e^{-t}$$





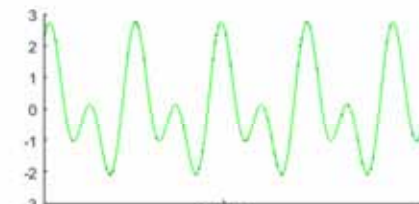
Indata

H



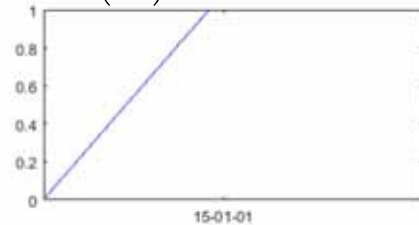
$$F_1(H) = \beta_0 + \beta_1 H + \beta_2 H^2 + \beta_3 H^3 + \beta_4 H^4$$

S



$$F_2(S) = \beta_5 \sin\left(\frac{2\pi t}{L}\right) + \beta_6 \cos\left(\frac{2\pi t}{L}\right) + \beta_7 \sin\left(\frac{4\pi t}{L}\right) + \beta_8 \cos\left(\frac{4\pi t}{L}\right)$$

t

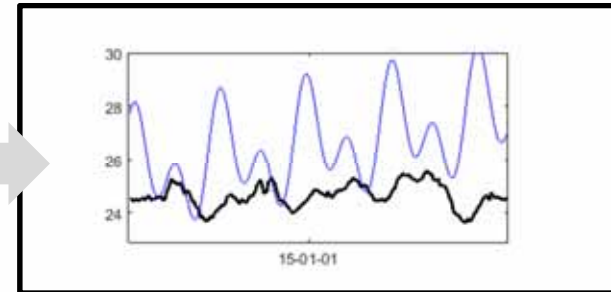


$$F_3(t) = \beta_9 t$$

$$y_{HST} = F_1(H) + F_2(S) + F_3(t) \quad (1)$$

$$39.210.93H + 0.99 \cos\left(\frac{2\pi t}{52}\right) + 1 \sin\left(\frac{2\pi t}{52}\right) + 0.99 \cos\left(\frac{4\pi t}{52}\right) + 1 \sin\left(\frac{4\pi t}{52}\right) + 1t$$

Modell





(Mer avancerade) Databaserade modeller (AI)

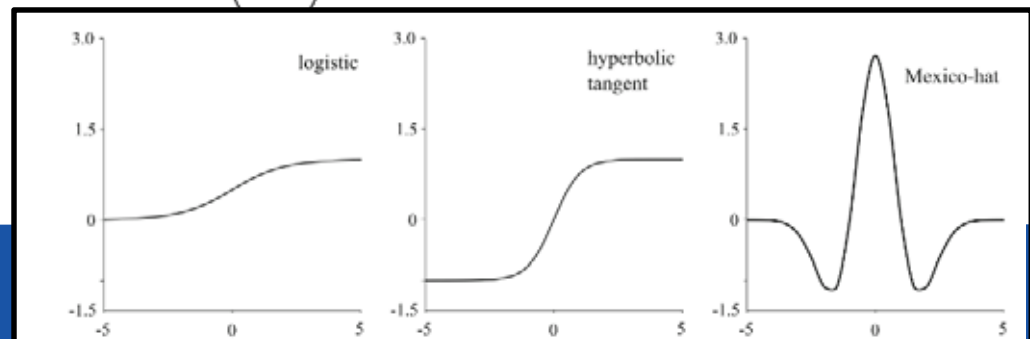
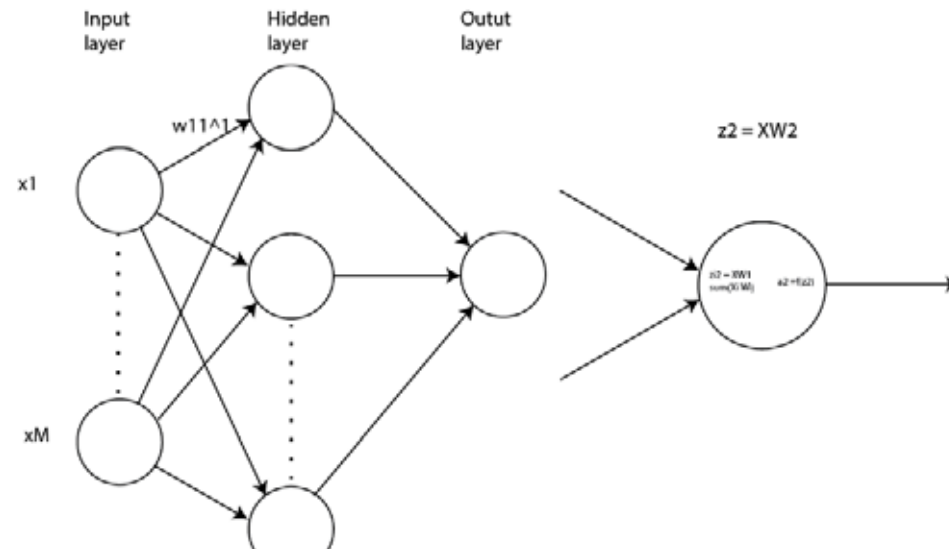
Statistisk inlärning/
Maskininlärning.

- Klassificering
- Regression

Kräver stora datamängder

Exempel

- Bootstrapping
- Artificiellt neuronnät
- Stödvektormaskin





Varningsgränser



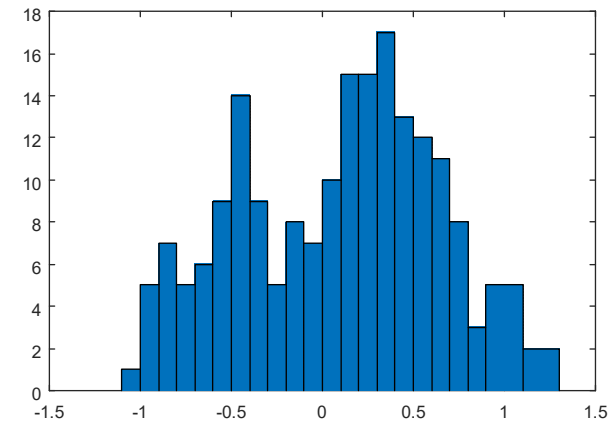


Varningsgränser-residualer

- Residualer- skillnaden mellan prediktion och mätvärde
- Utifrån residualerna standardavvikelse σ kan övre och under varningsgräns beräknas som

$$[\hat{y}_t + K\sigma , \hat{y}_t - K\sigma]$$

där \hat{y}_t är modellens prediktion och K avgör hur många procent av framtida mätvärden förväntas ligga inom området enligt tabellen.

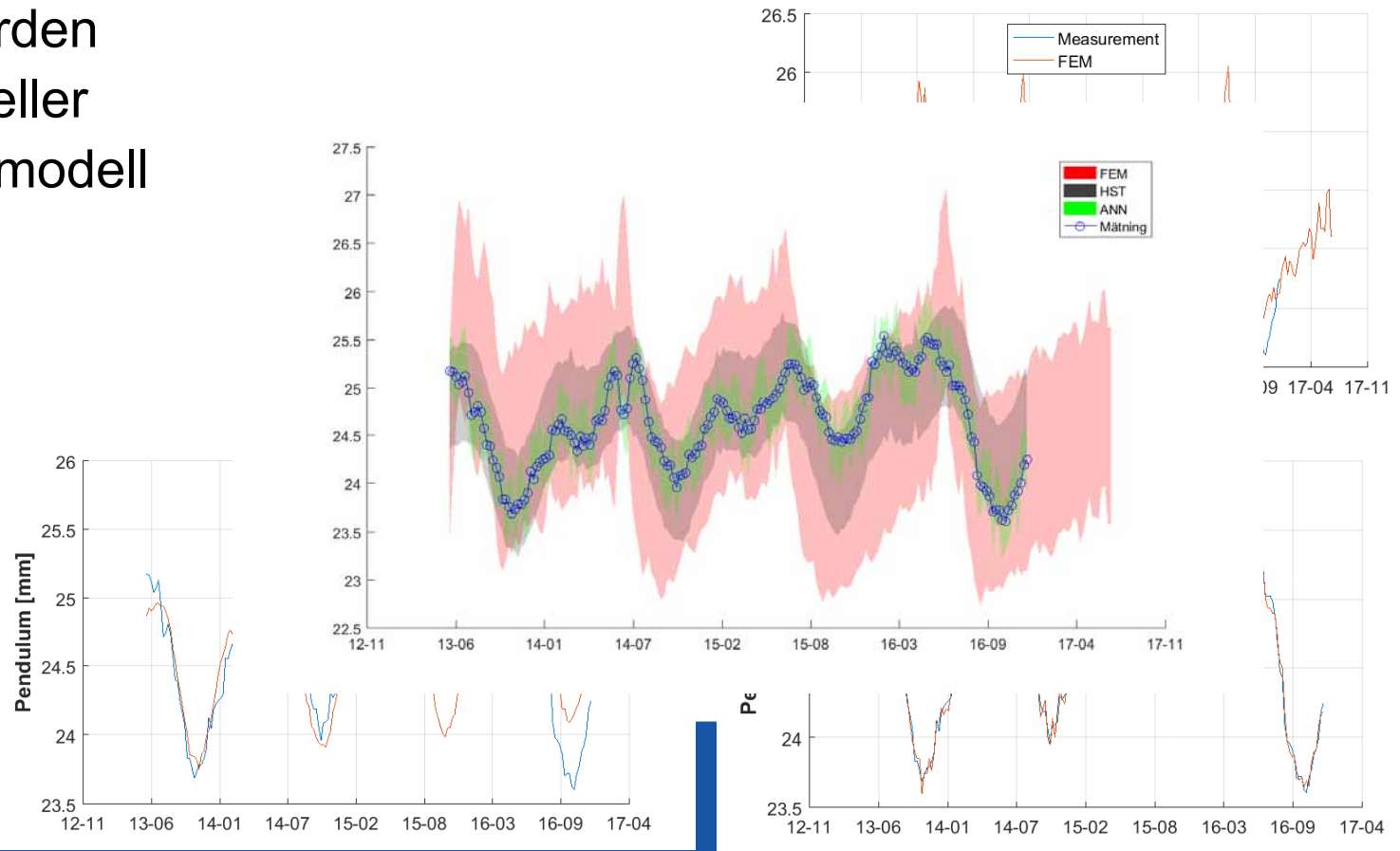


Prediktionsintervall	K
75%	1.15
90%	1.64
95%	1.96
99%	2.58



Exempel: Svensk lamelldamm

- Veckovärden
- Tre modeller
 - FEM-modell
 - HST
 - ANN





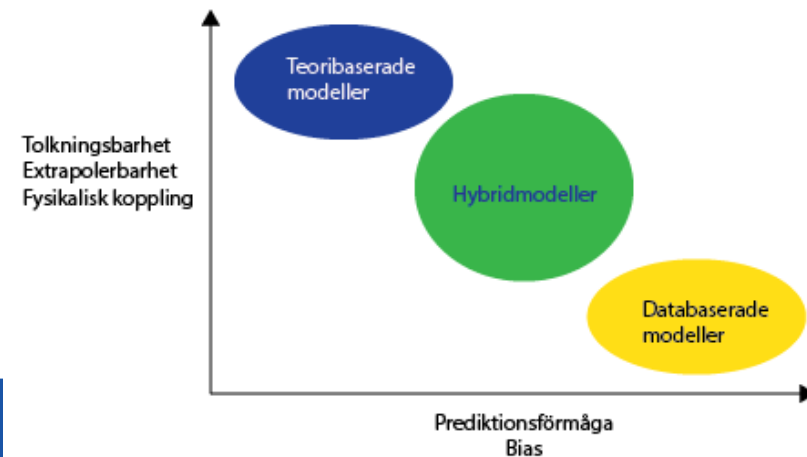
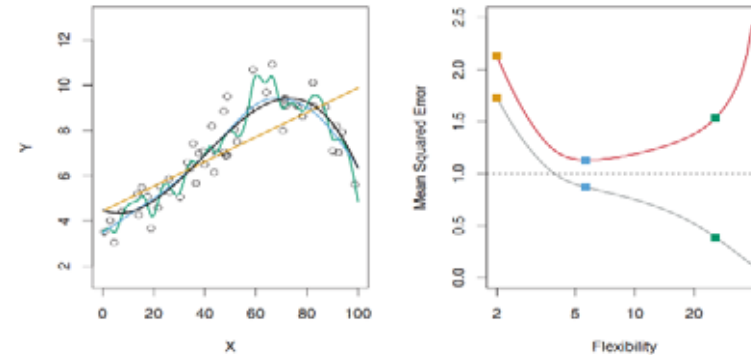
Utvärdering av modeller





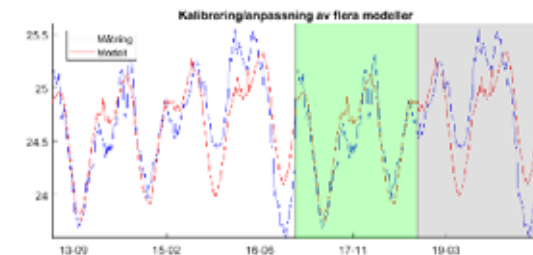
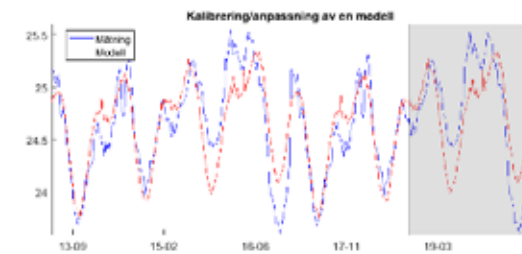
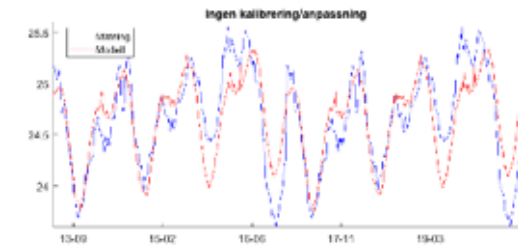
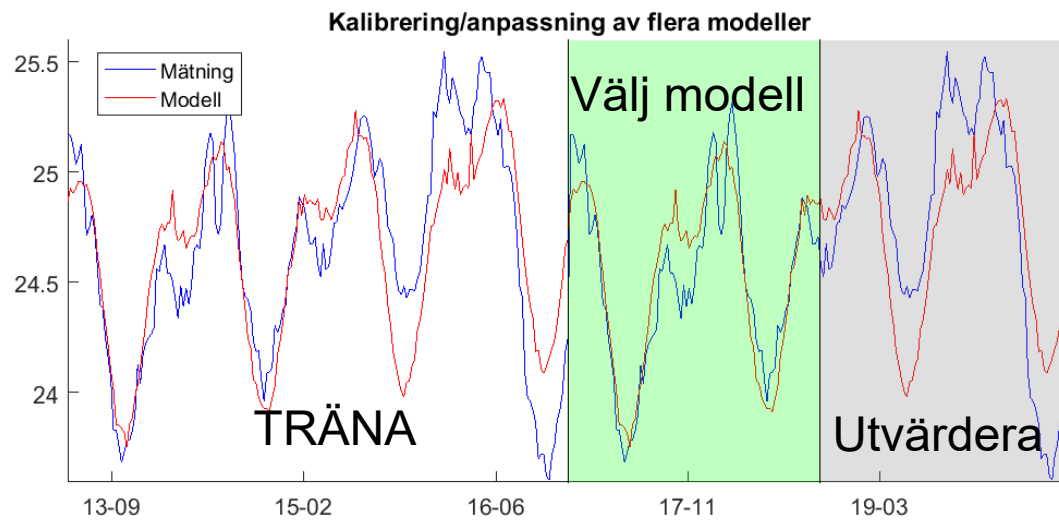
Modeller för dambeteendeanalys

- Risk för överanpassning är större med en mer flexibel modell.
- Modellen bör alltid utvärderas på för modellen "osedd" data för att undvika överanpassning.
- Kräver "långa" mätserier





Överanpassning





Sammanfattning

- Frågan "Vad är normalt?" är viktig.
- Använd en modeller som svarar på er frågor.
- Vid mätutvärderingar, dela gärna upp data i "sedd data" och "osedd data".



Tack för att ni lyssnat!

