preDHiCt – Prediktiv modellering för upptäckt av skador på fjärrvärmenät

2023-06-21

Bakgrunden

1. Behov av förflyttning

2. Sätta kurs

Tre workshops 2019/2020

- Definiera behoven
- Kartlägga möjligheterna
- Identifiera krav på plattform
- Diskutera förväntningar
- Ta fram ansökningsunderlag

3. Landa rätt

Inspirerade av SVOA

Två ansökningar 2020/2021

- IEA-DHC, föll på målsnöret
- Åforsk

Ambitiös ansökan

Prototypprojekt

Flyger fortfarande

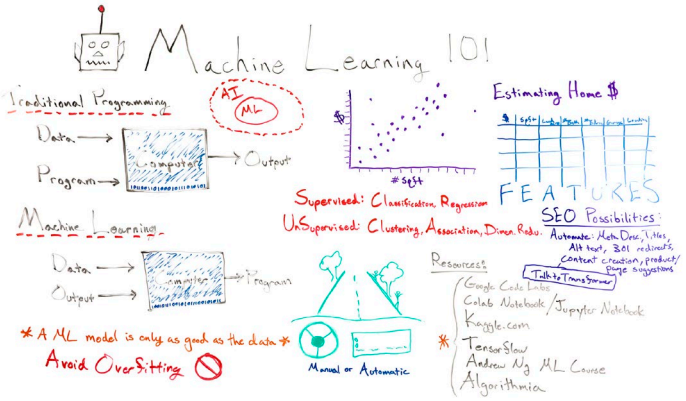
Omvärldsanalys och indata

- Omvärldsanalys
  - Projekt och produkter med liknande mål - för att inte skapa något som redan finns
  - Potentiella samarbeten - för framtida produktutveckling och förvaltning

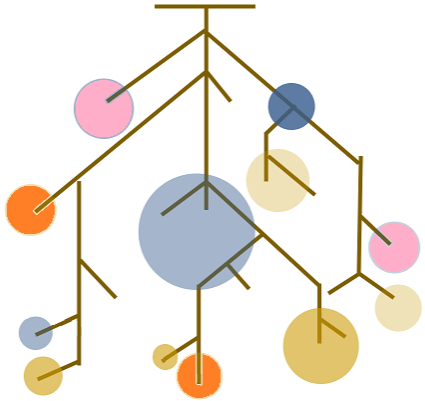
- Indata
  - Identifiera riskfaktorer som påverkar ledningarnas livslängd
  - Inventering vart data för riskfaktorerna fanns tillgängligt

Översikt

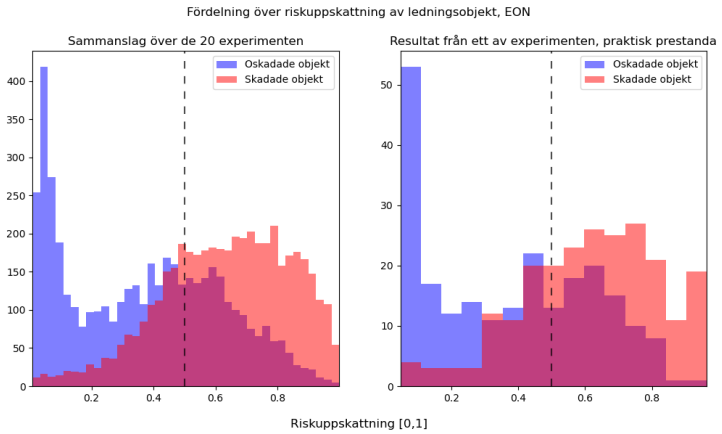
1. Maskininlärning



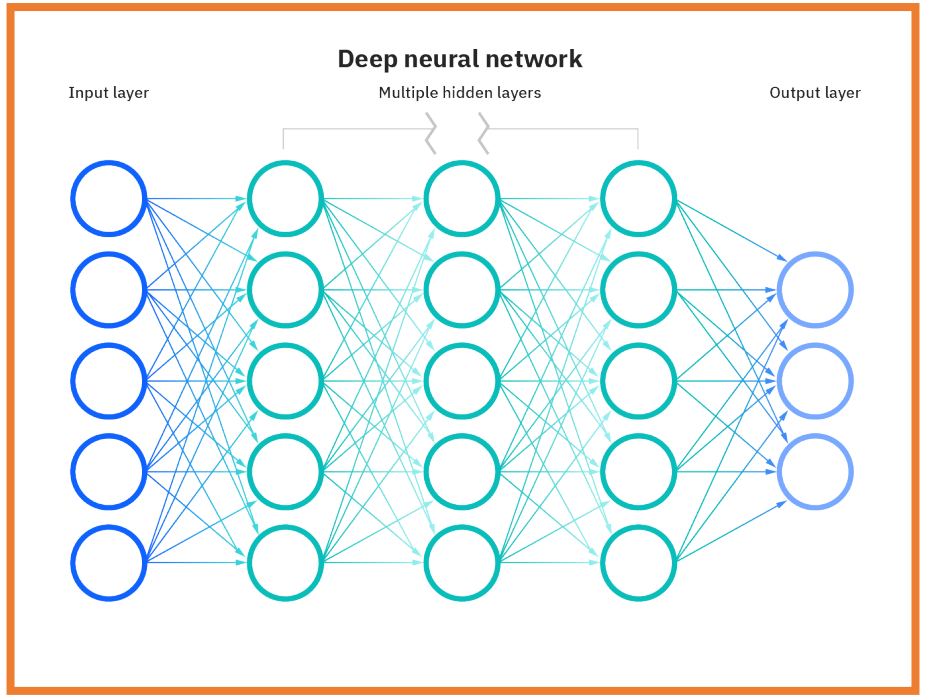
1. Modell



2. Resultat



Maskininlärning

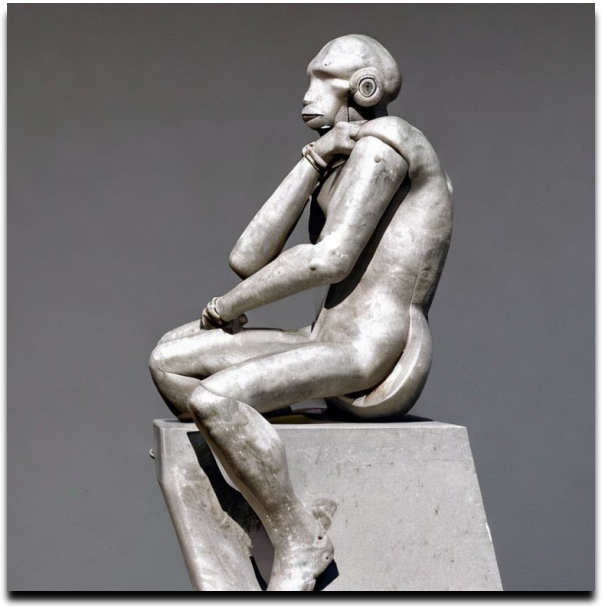


KATT

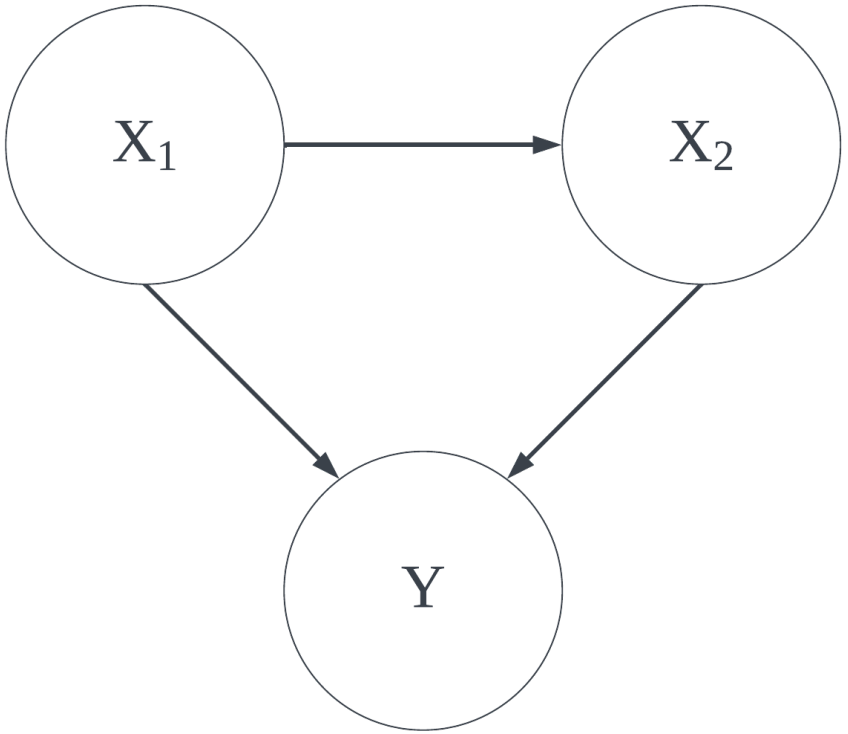
”Modell”, ”Funktion”

Vad ska modellen lära sig?

- Modellen ska lära sig det underliggande systemet!
- Det underliggande systemet beskriver verkligheten.



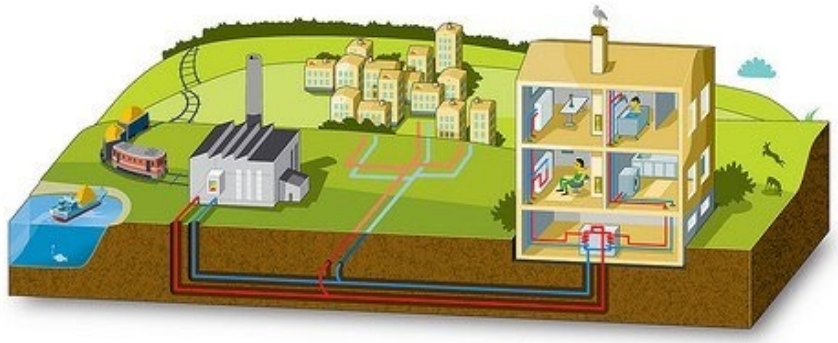
Stablediffusion: *"robot in the pose of the thinker by Rodin"*

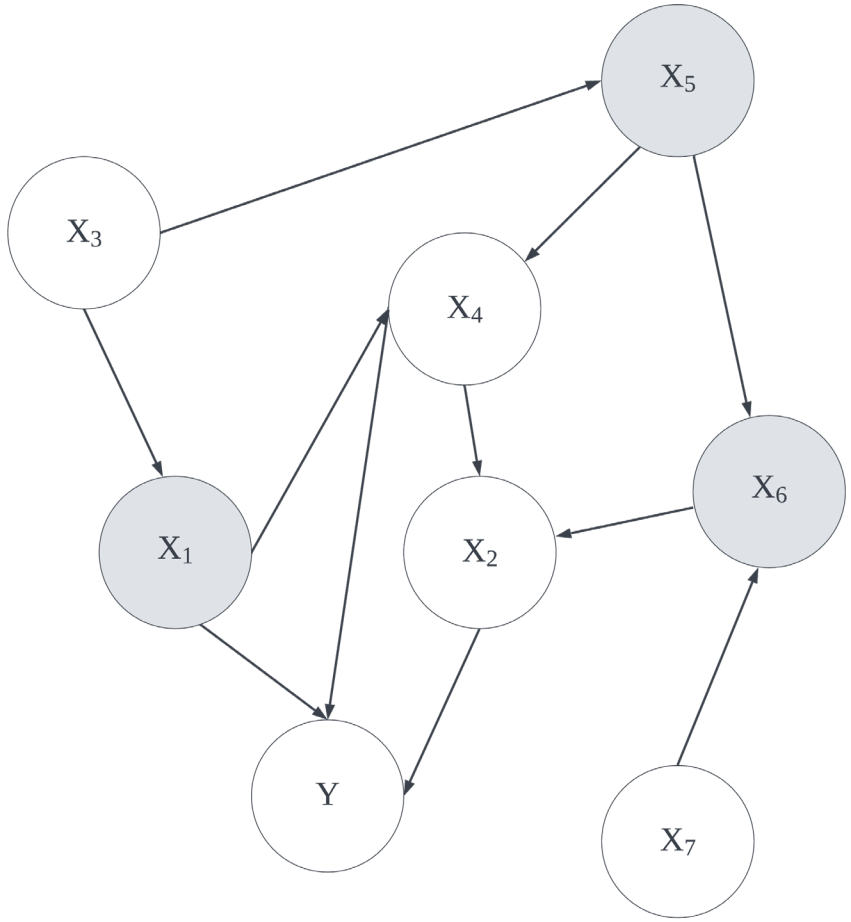


Underliggande system

Underliggande system i verkligheten

- Ofta (okända) komplicerade sammanhang.
- Ofta okända eller omätta variabler.
- Riskfaktorlistan





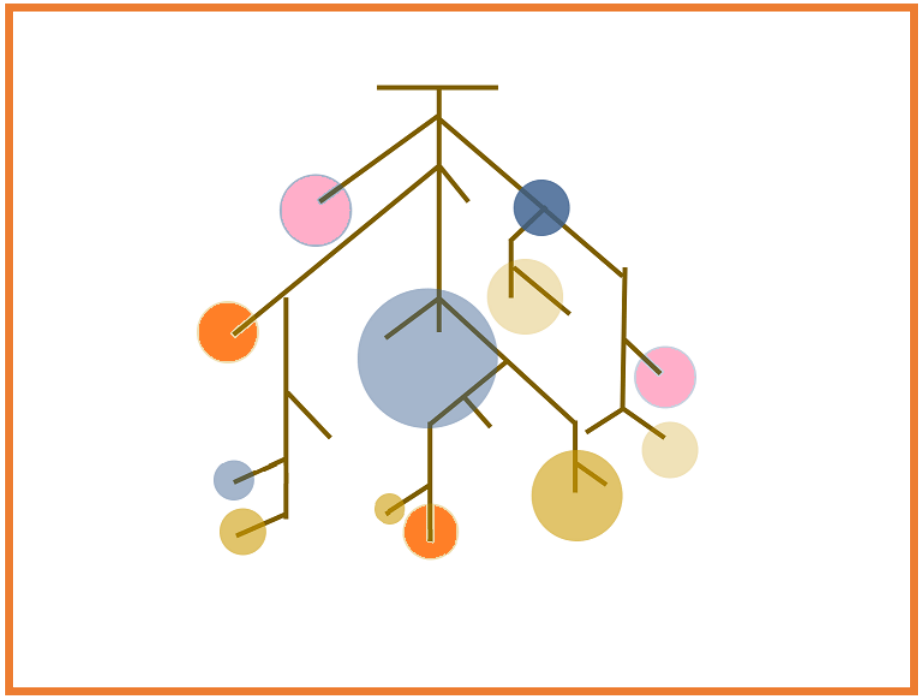
Data

Notera avsaknaden av ’pilar’ mellan noderna.
Vi vet ej beroenden!

Data

Riskfaktor / Indata	Typ	Tillåtna värden/Kommentar
Vattenmängd, m^3	Kontinuerlig	[0, inf). 0 anses vara ett saknat värde.
Rördimension, mm	Kontinuerlig	[0, inf). 0 anses vara ett saknat värde.
Rörplacering	Kategorisk	marklagd, inomhus, ovanlagd, nan.
Installationsår	Kontinuerlig	[0, inf). 0 anses vara ett saknat värde.
Manteldimension, mm	Kontinuerlig	[0, inf). 0 anses vara ett saknat värde.
Dränering	Kategorisk	Ja, Nej, nan
Rörisolering	Kategorisk	mineralull, polyuretan, cellbetong, nan.
System	Kategorisk	fast, flex, hålrör, nan.
Mantel	Kategorisk	pe-flex, ac, peh, betong, stål, nan.
Medierör	Kategorisk	stål, koppar, nan.

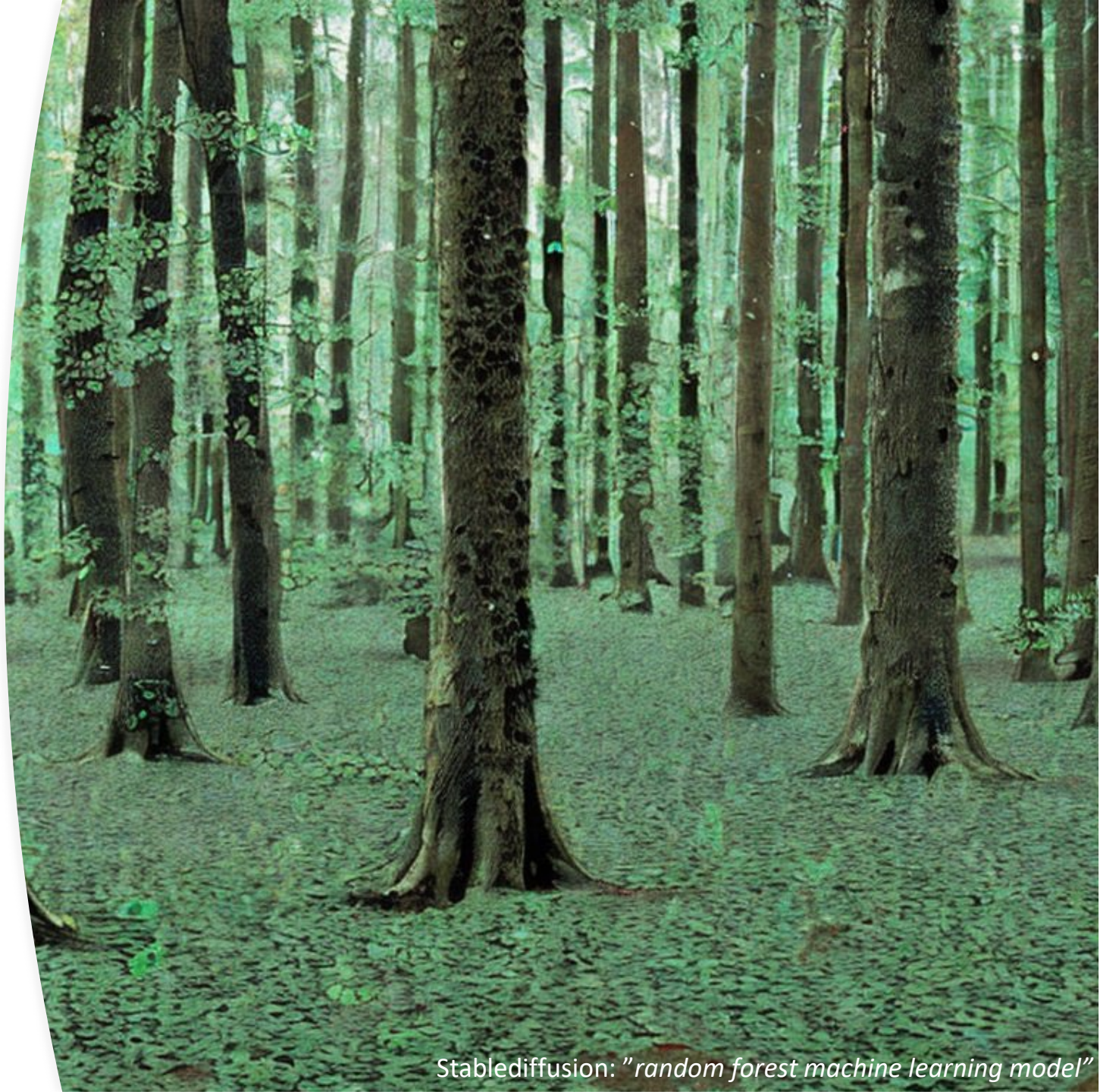
Vattenmängd	Rördimension	…	Medierör
0.12	200	…	Stål
2	800	…	Stål
…	…	…	…
0.02	80	…	Koppar



Skada
Ja
Nej
Nej
Nej

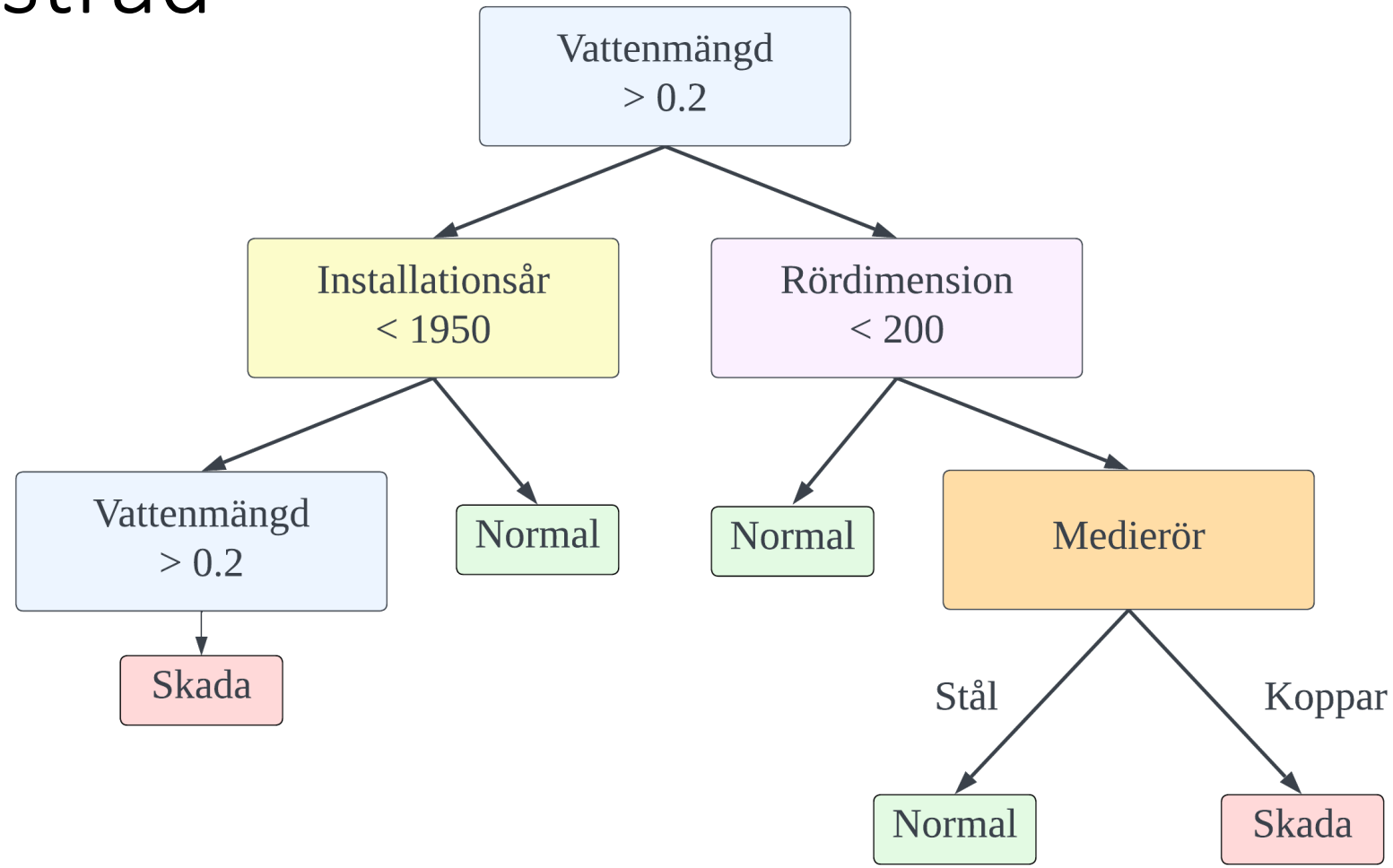
”Modell”, ”Funktion”

Random Forest

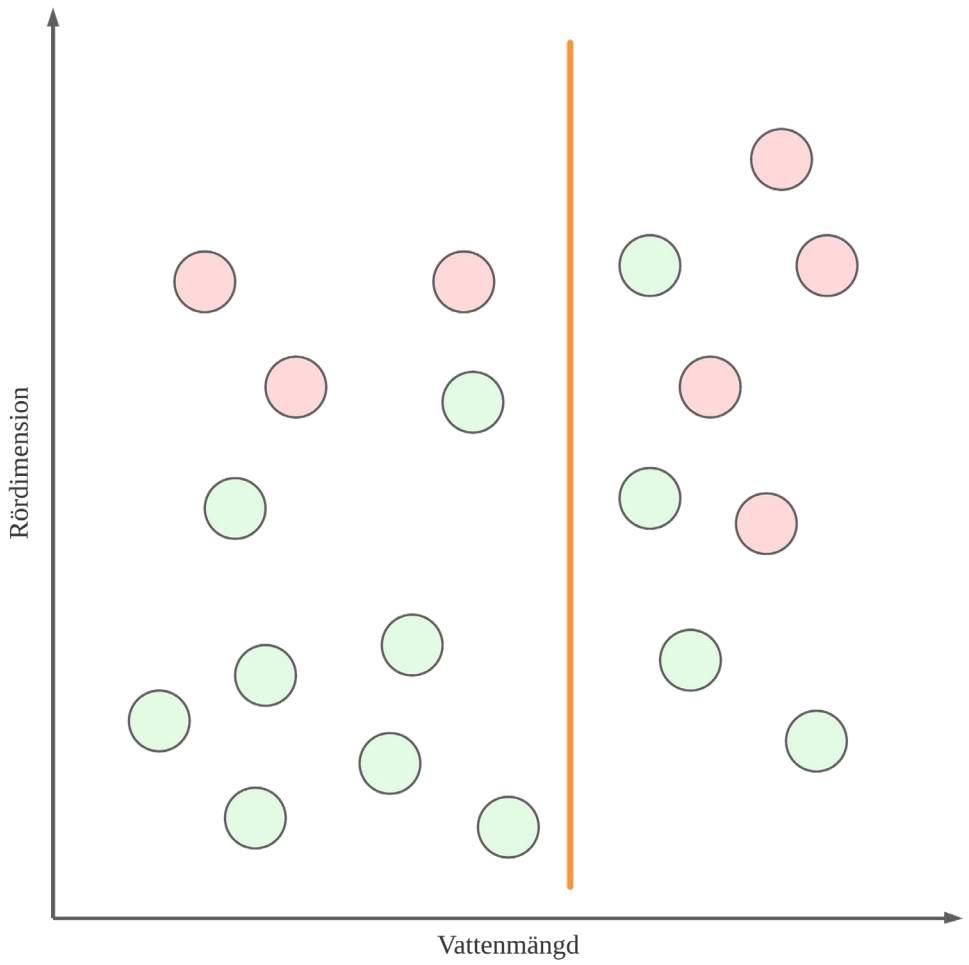


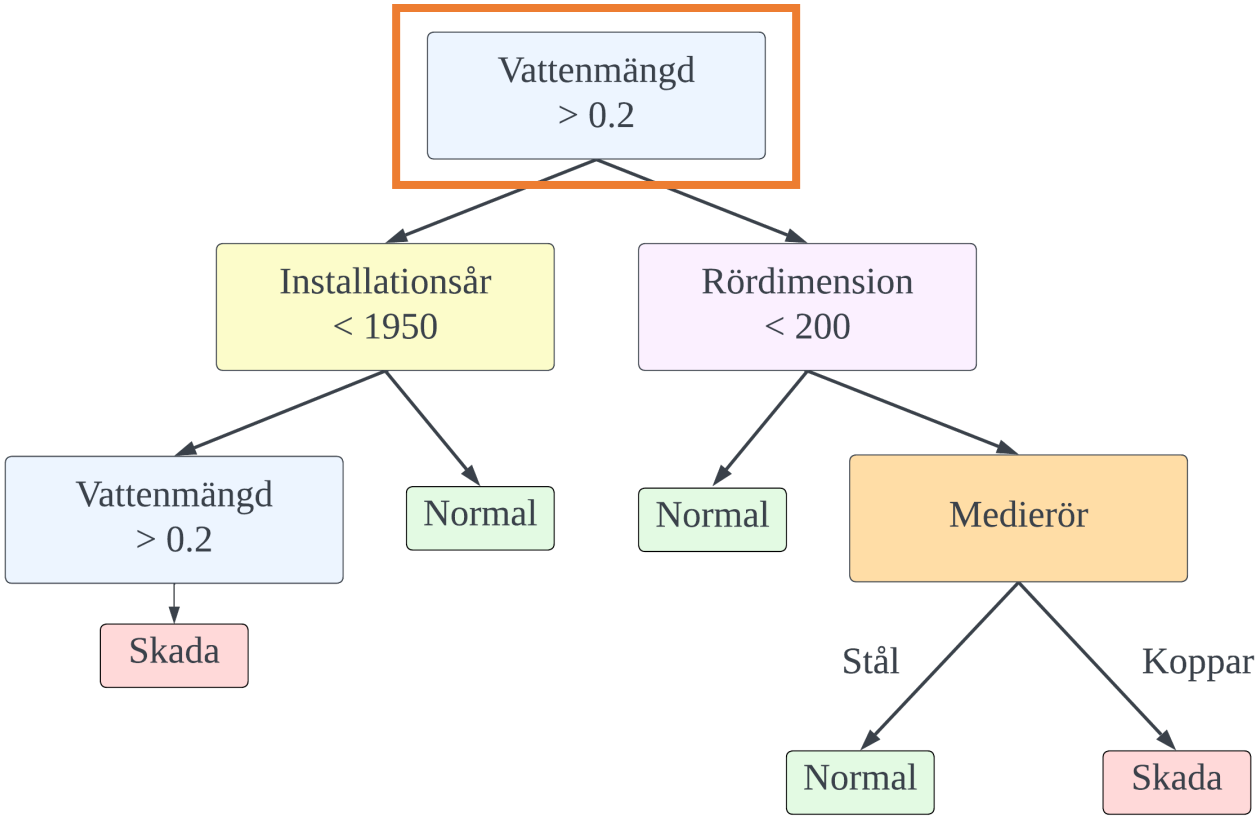
Stablediffusion: *”random forest machine learning model”*

Beslutsträd

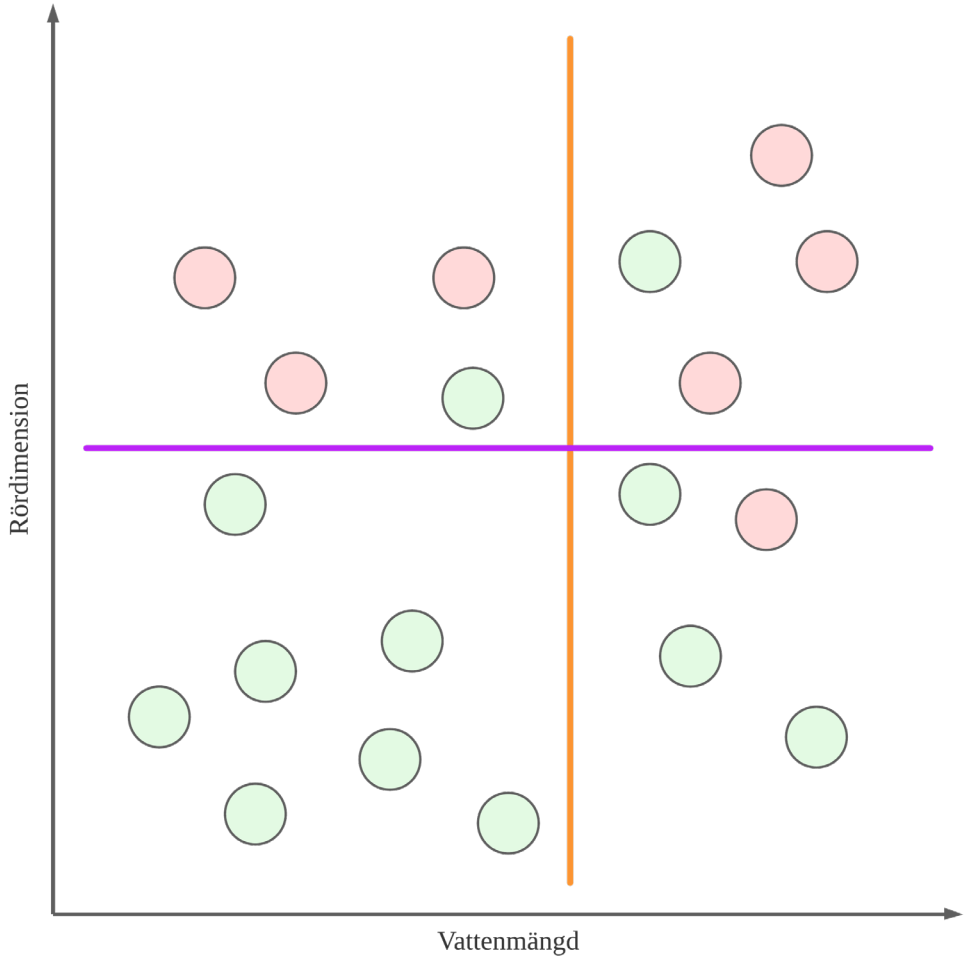


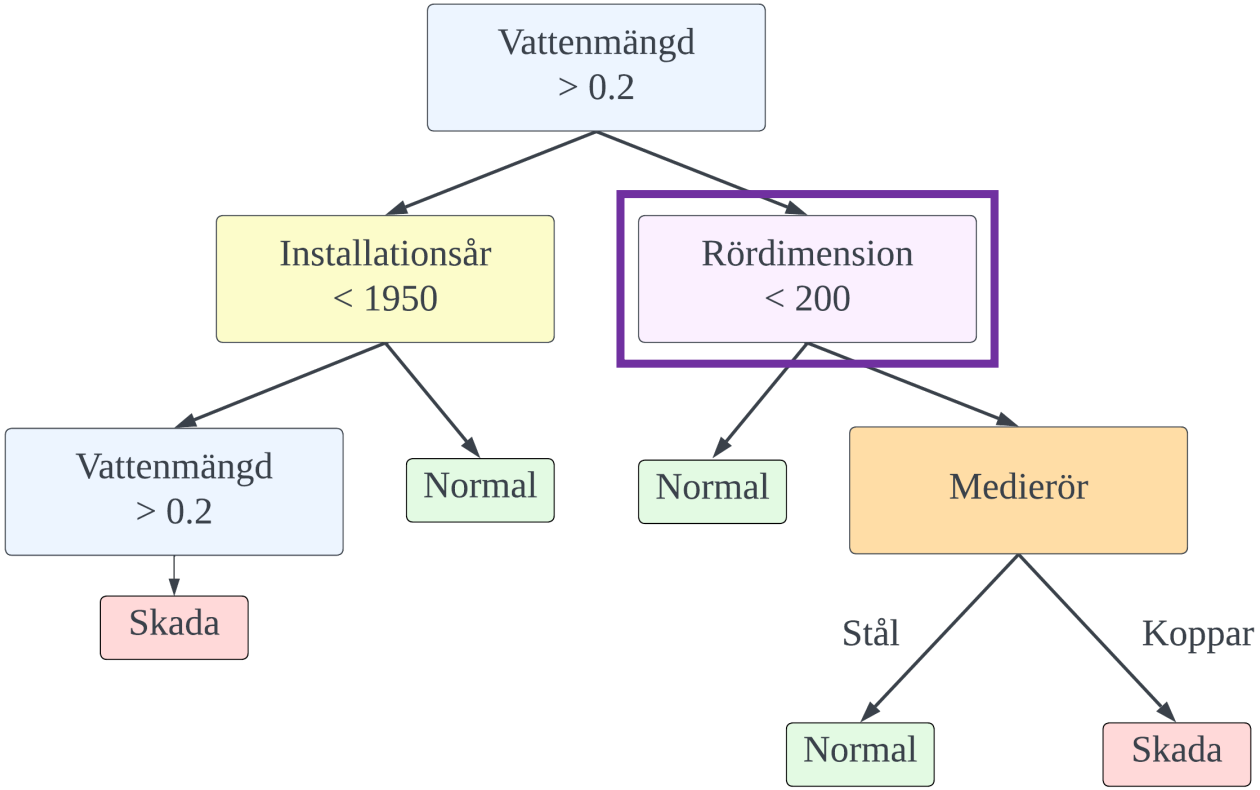
Beslutsträd





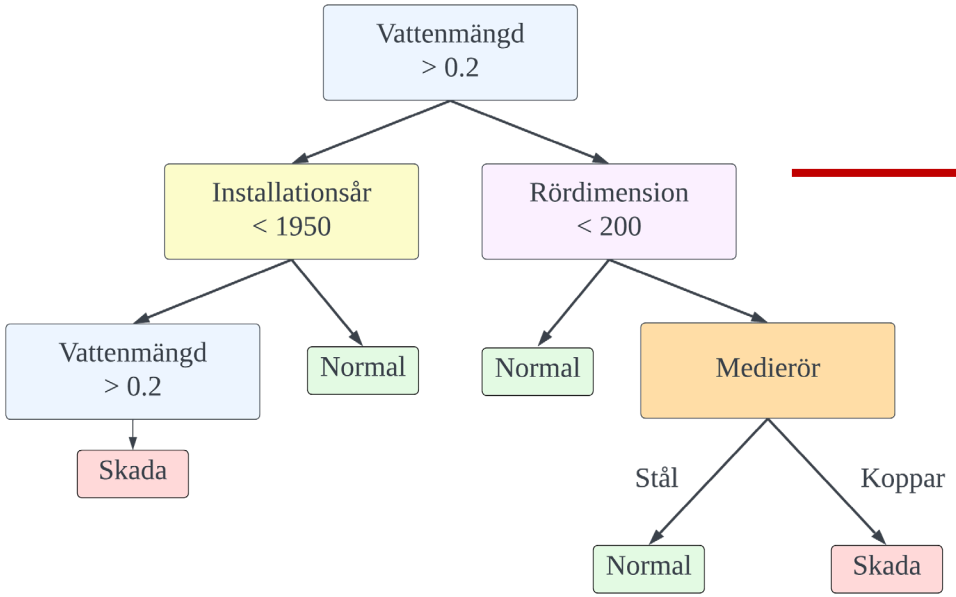
Beslutsträd

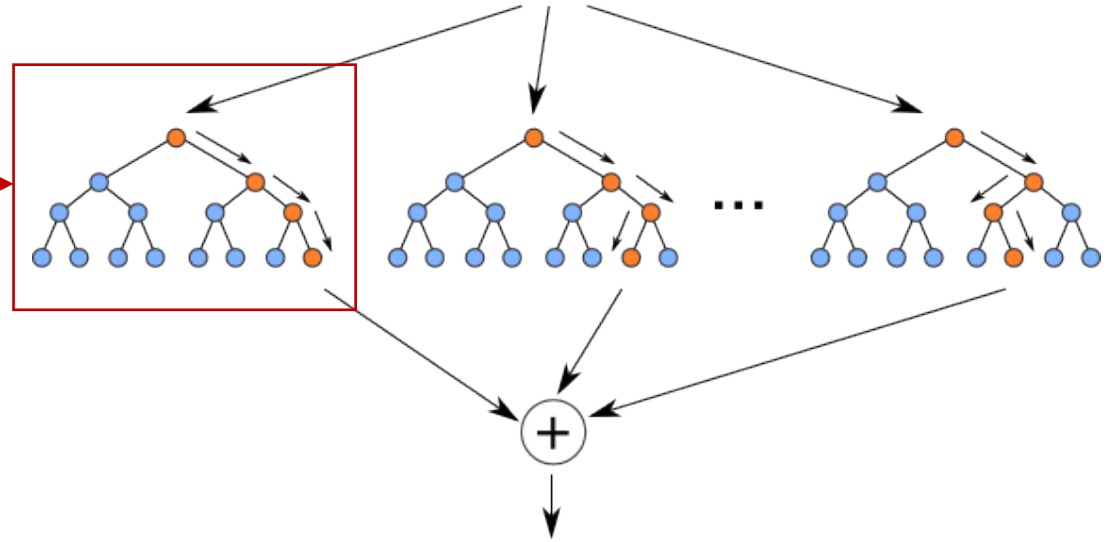




RandomForest

Vattenmängd	Rördimension	…	Medierör
0.12	200	…	Stål
2	800	…	Stål
…	…	…	…
0.02	80	…	Koppar

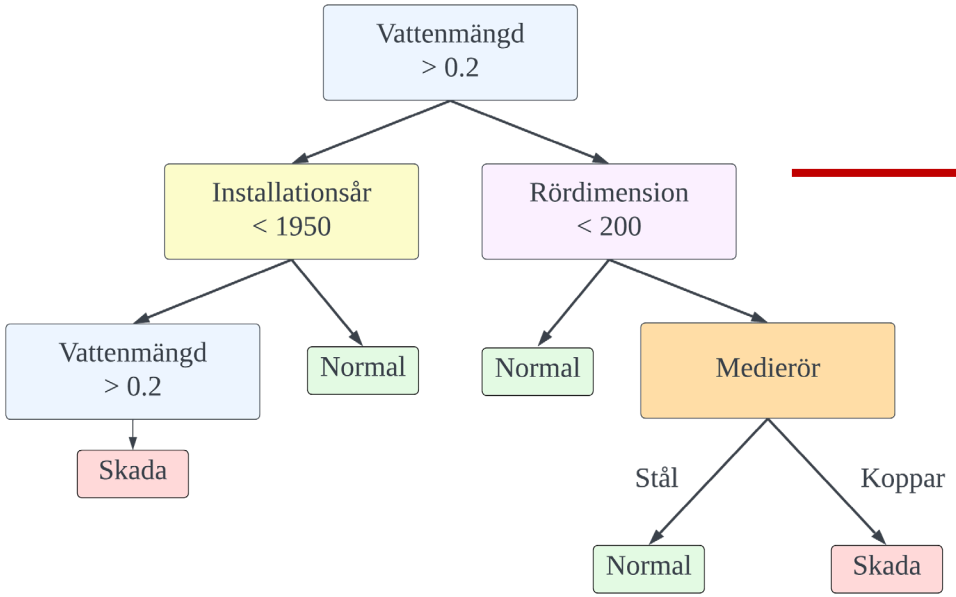


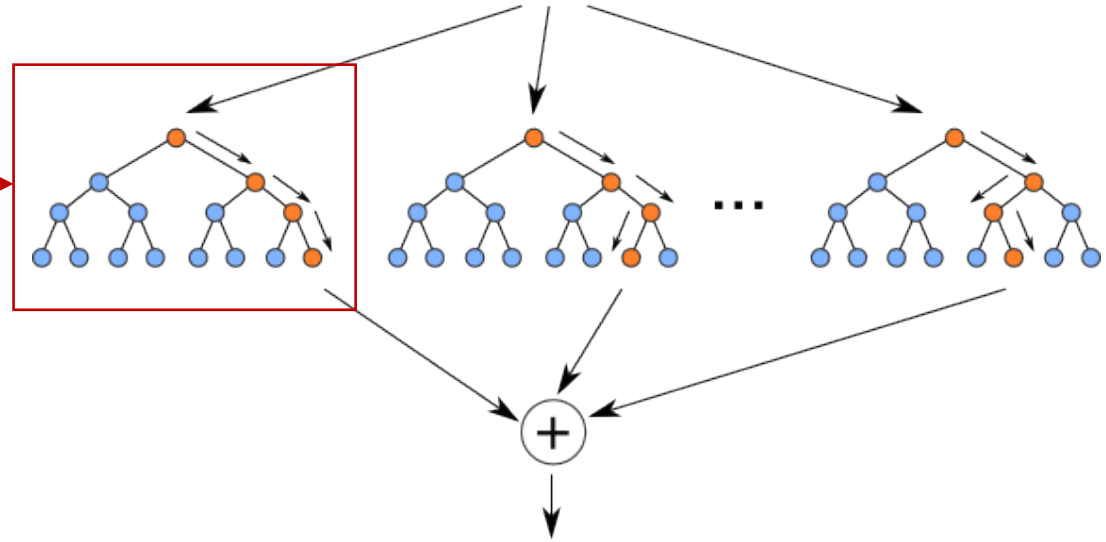


Skada
Ja
Nej
Nej
Nej

RandomForest

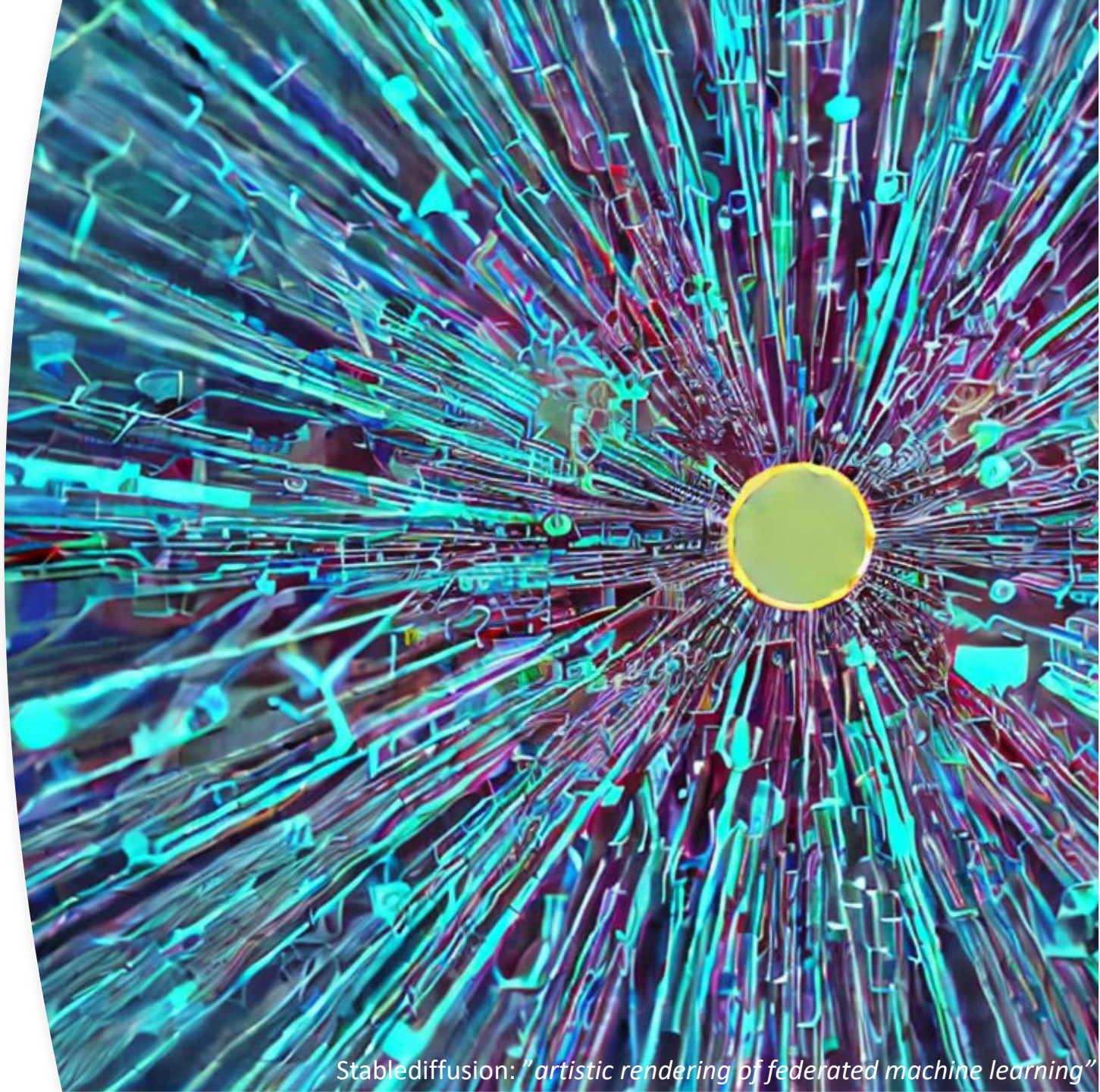
Vattenmängd	Rördimension	...	Medierör
0.12	200	...	Stål
2	800	...	Stål
...	...	...	...
0.02	80	...	Koppar





Skada
0.9
0.3
0.35
0.2

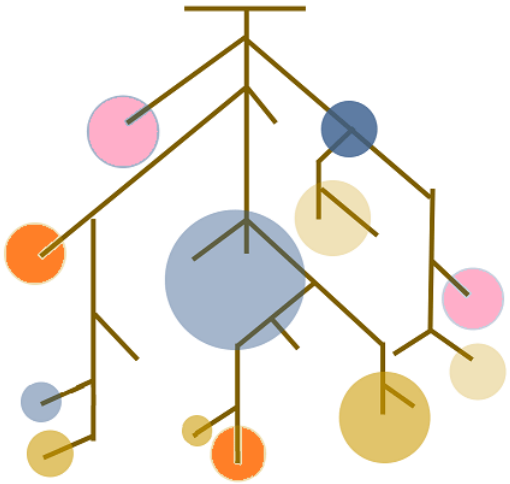
Federerad inlärning



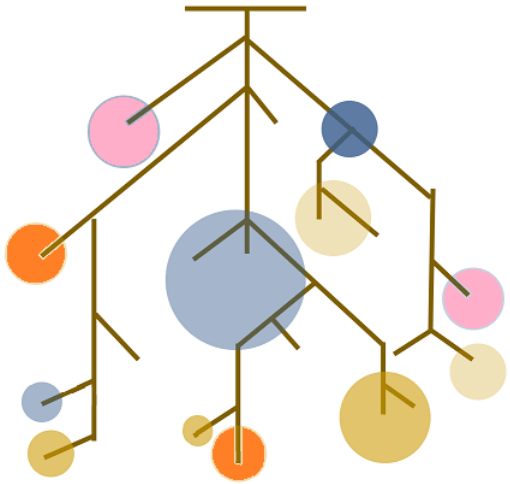
Stablediffusion: *”artistic rendering of federated machine learning”*

Lokal träning

Vattenmängd	Rördimension	…	Medierör	Skada
0.12	200	…	Stål	Ja
2	800	…	Stål	Nej
…	…	…	…	…
0.02	80	…	Koppar	Nej



Vattenmängd	Rördimension	…	Medierör	Skada
0.12	200	…	Stål	Ja
2	800	…	Stål	Nej
…	…	…	…	…
0.4	120	…	Stål	Ja

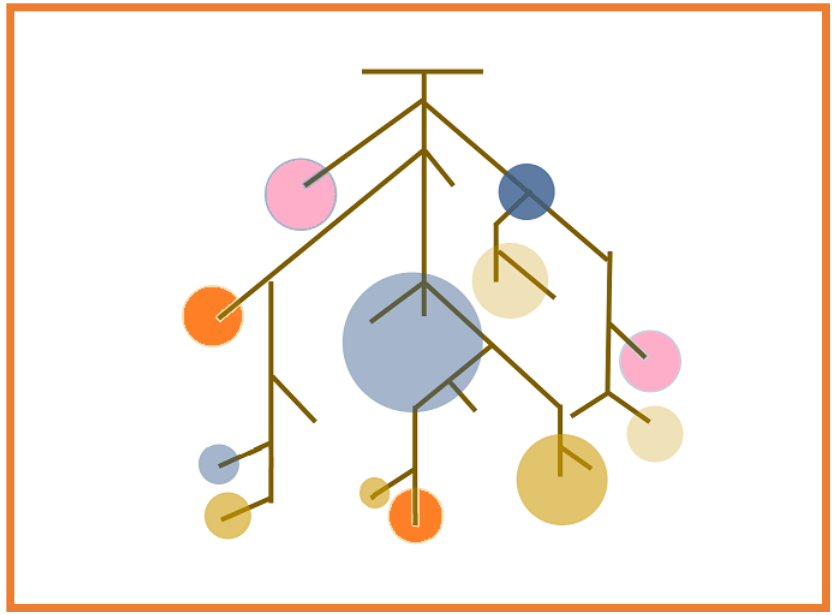


Centrerad/Global träning

Vattenmängd	Rördimension	...	Medierör	Skada
0.12	200	...	Stål	Ja
2	800	...	Stål	Nej
...	...	...	...	...
0.02	80	...	Koppar	Nej

Vattenmängd	Rördimension	...	Medierör	Skada
0.12	200	...	Stål	Ja
2	800	...	Stål	Nej
...	...	...	...	...
0.4	120	...	Stål	Ja

Central server

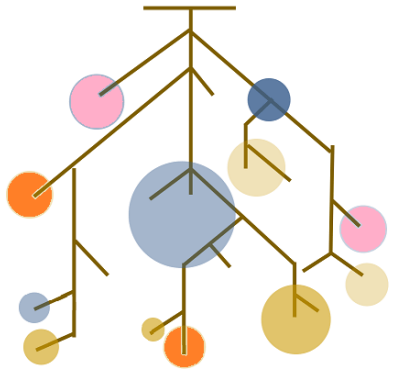


- Datamängderna skickas till en central server
  - Data hålls ej privat
- Modellen tränas simultant med observationer från alla datakällor

Federerad inlärning

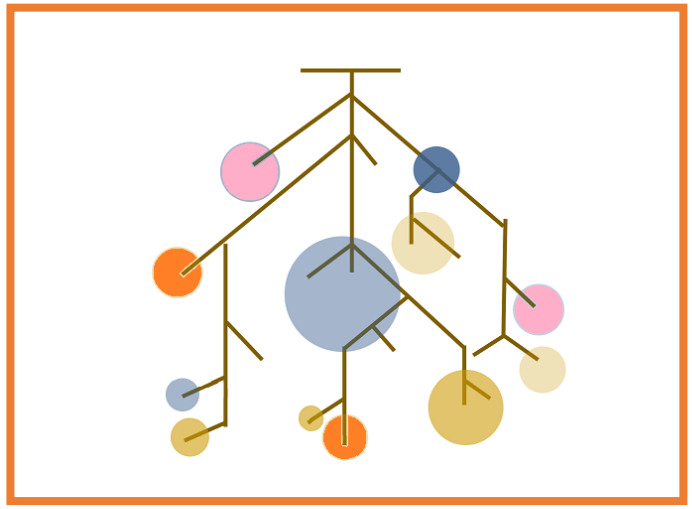
Vattenmängd	Rördimension	...	Medierör	Skada
0.12	200	...	Stål	Ja
2	800	...	Stål	Nej
...	...	...	...	...
0.02	80	...	Koppar	Nej

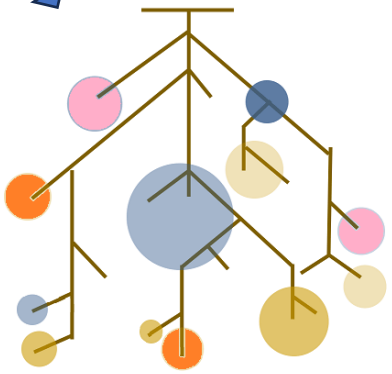
Vattenmängd	Rördimension	...	Medierör	Skada
0.12	200	...	Stål	Ja
2	800	...	Stål	Nej
...	...	...	...	...
0.4	120	...	Stål	Ja



Modell tränad lokalt hos EON

Central server





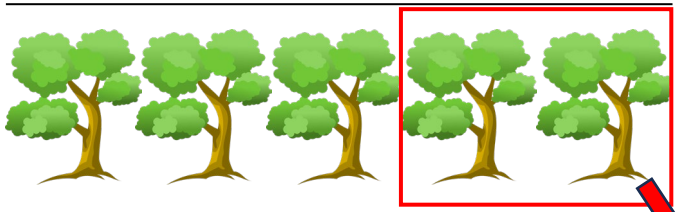
Modell tränad lokalt hos Göteborgs energi

Federerad inlärning

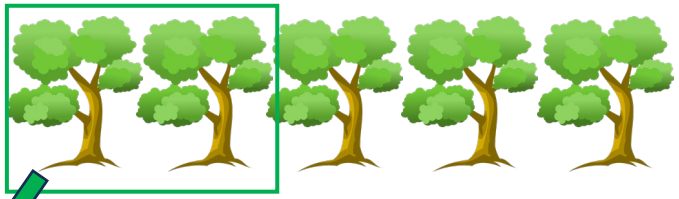
Vattenmängd	Rördimension	...	Medierör	Skada
0.12	200	...	Stål	Ja
2	800	...	Stål	Nej
...	...	...	...	...
0.02	80	...	Koppar	Nej

Vattenmängd	Rördimension	...	Medierör	Skada
0.12	200	...	Stål	Ja
2	800	...	Stål	Nej
...	...	...	...	...
0.4	120	...	Stål	Ja

Random Forest

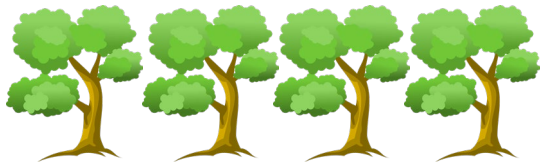


Random Forest

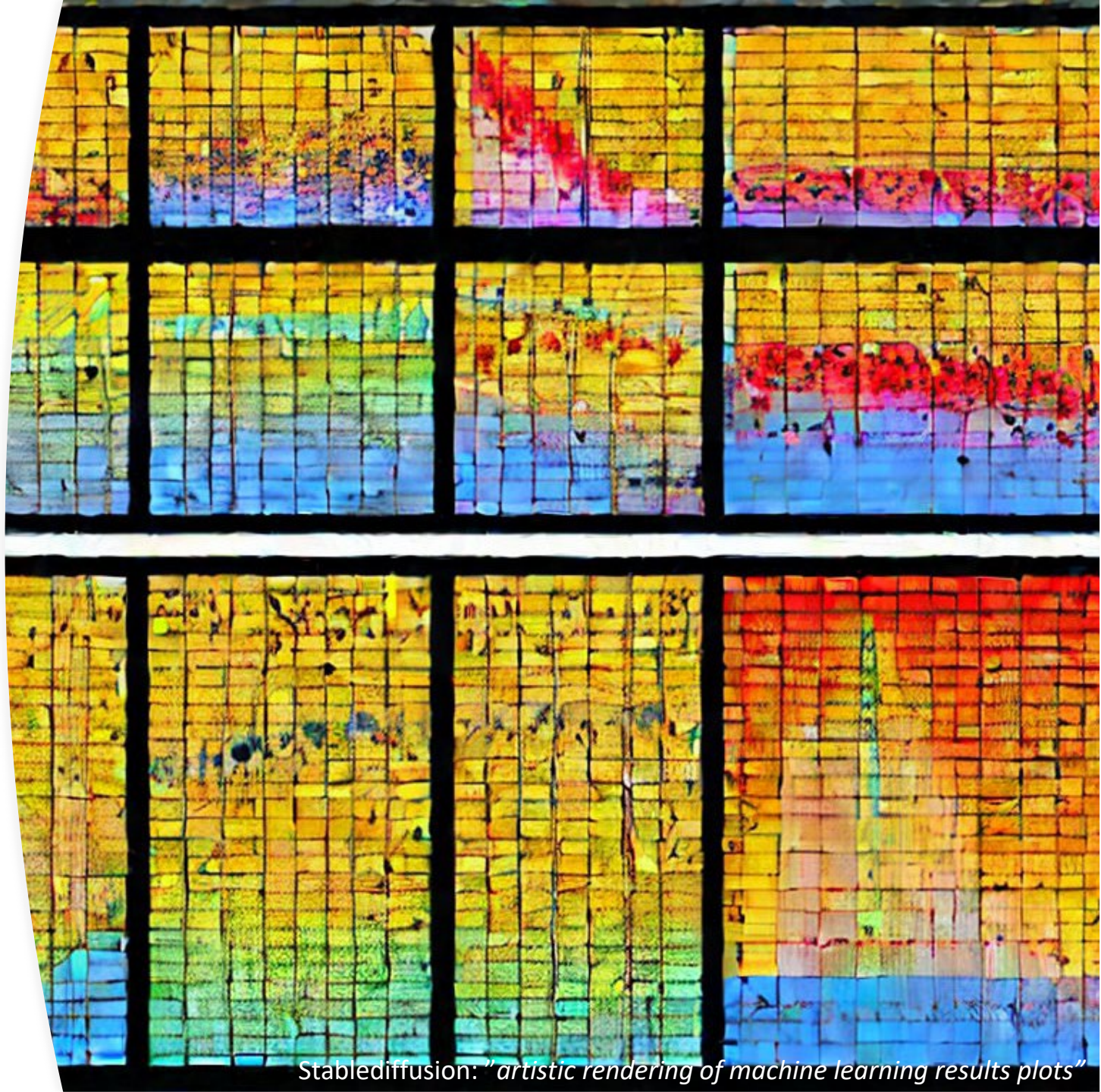


Central server

Random Forest



Resultat

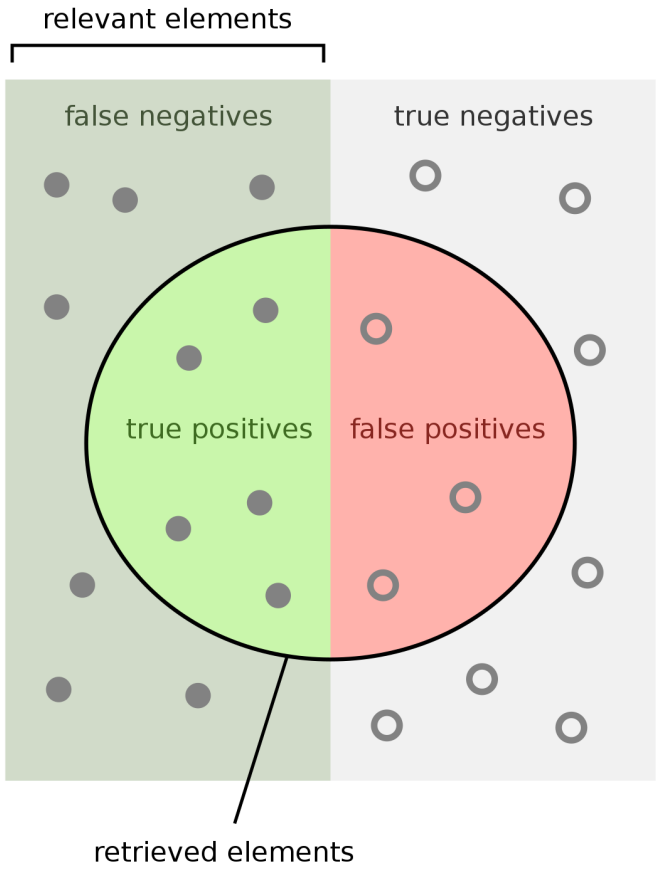


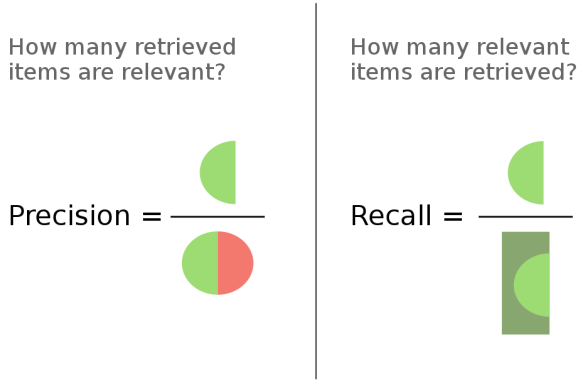
Stablediffusion: *"artistic rendering of machine learning results plots"*

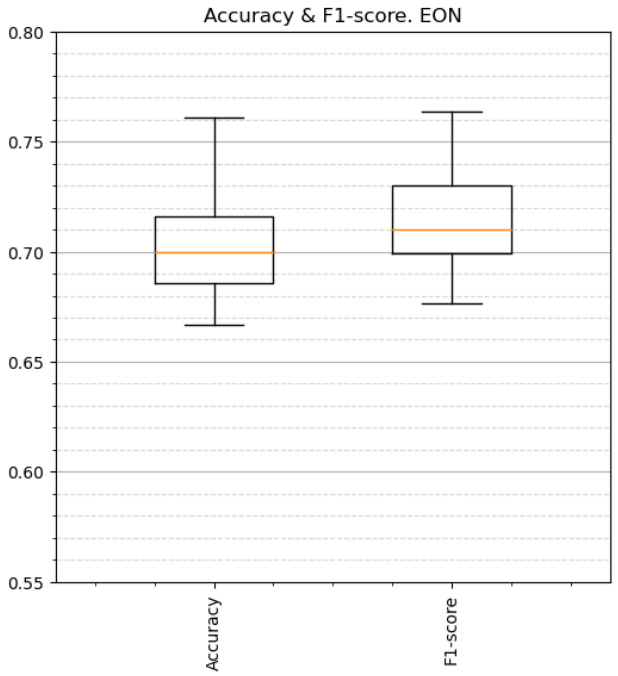
Mått

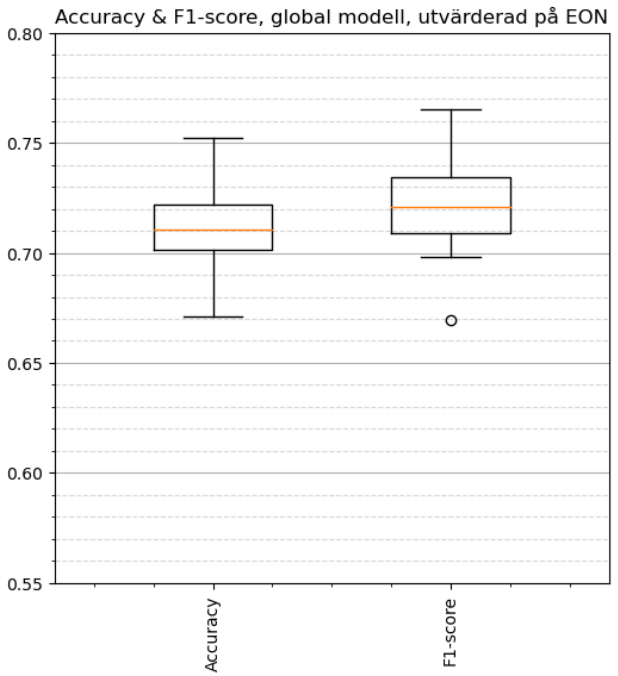
$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

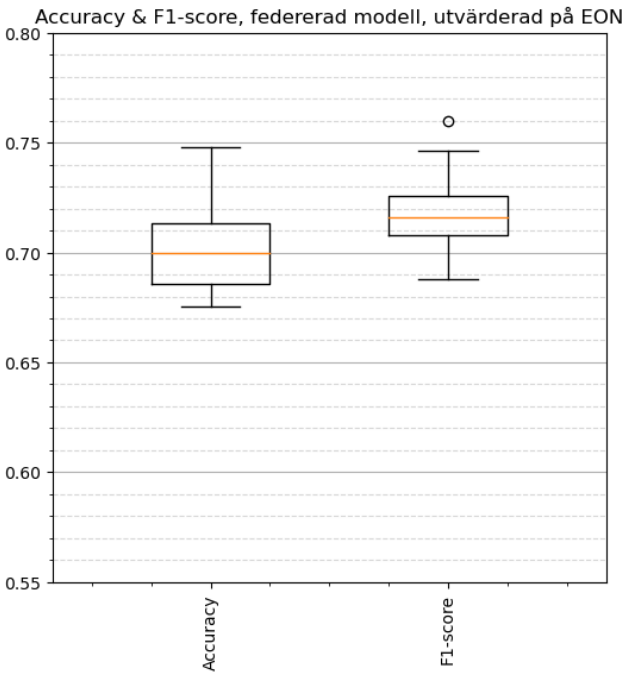
$$F_1 = \frac{2}{\text{recall}^{-1} + \text{precision}^{-1}} = 2\frac{\text{precision} \cdot \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}} = \frac{2\text{tp}}{2\text{tp} + \text{fp} + \text{fn}}$$



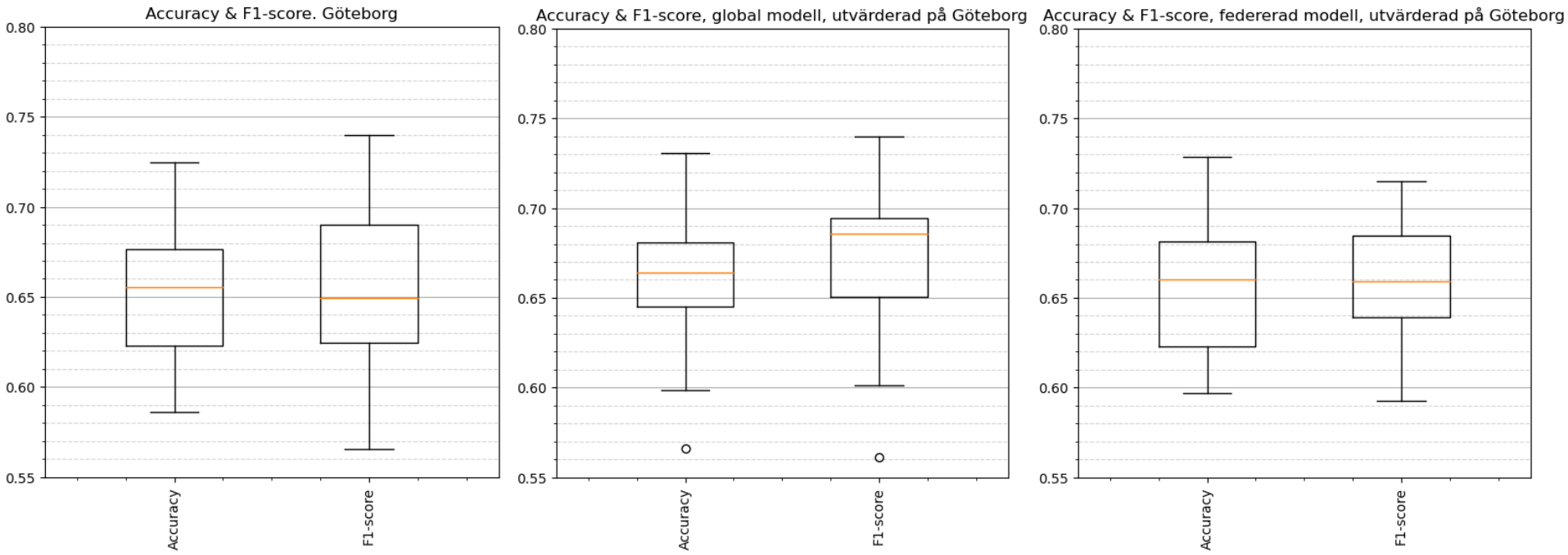


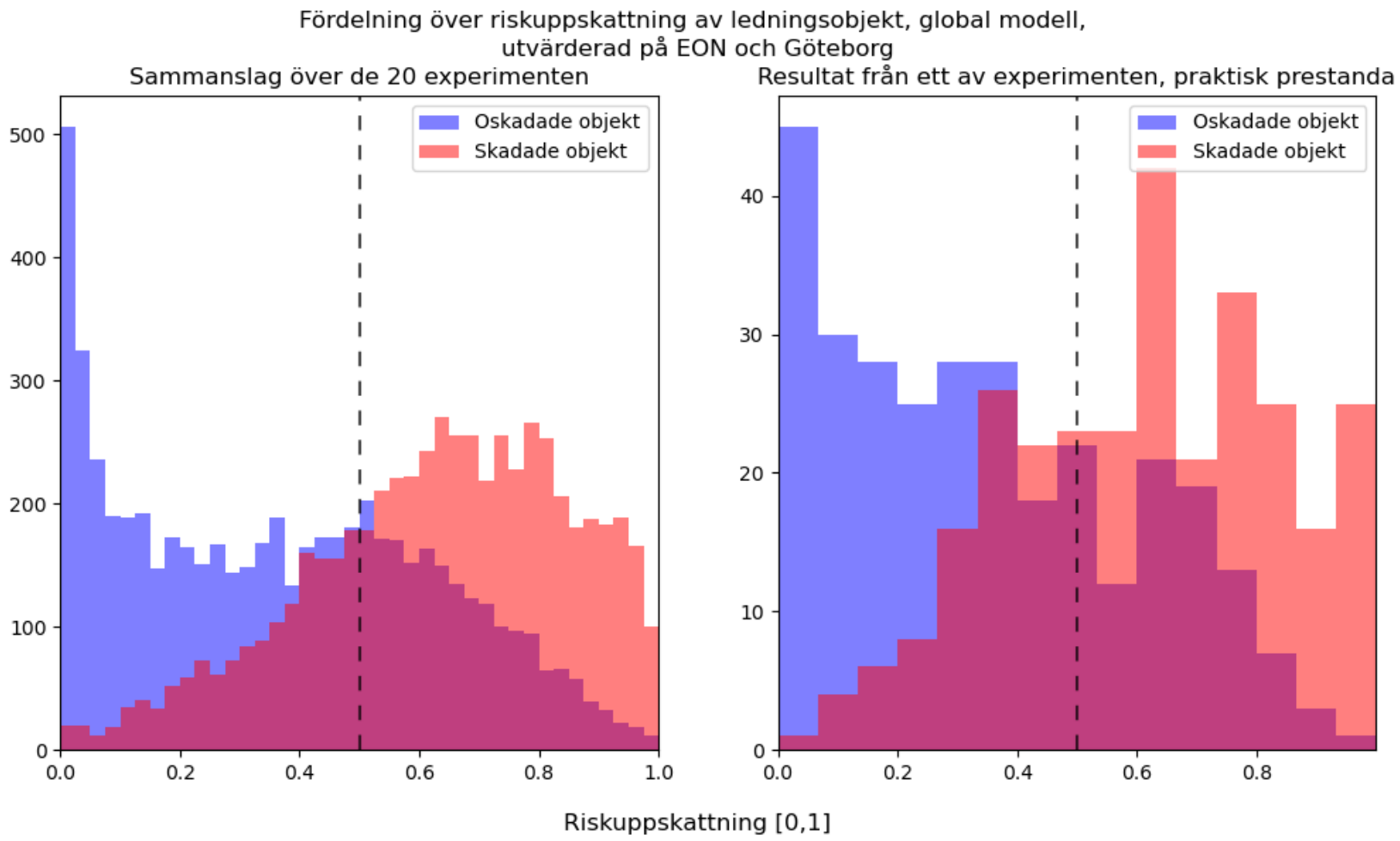

Accuracy & F1-score. EON
0.80
0.75
0.70
0.65
0.60
0.55
Accuracy
F1-score


Accuracy & F1-score, global modell, utvärderad på EON
0.80
0.75
0.70
0.65
0.60
0.55
Accuracy
F1-score


Accuracy & F1-score, federerad modell, utvärderad på EON
0.80
0.75
0.70
0.65
0.60
0.55
Accuracy
F1-score

Göteborg Energi



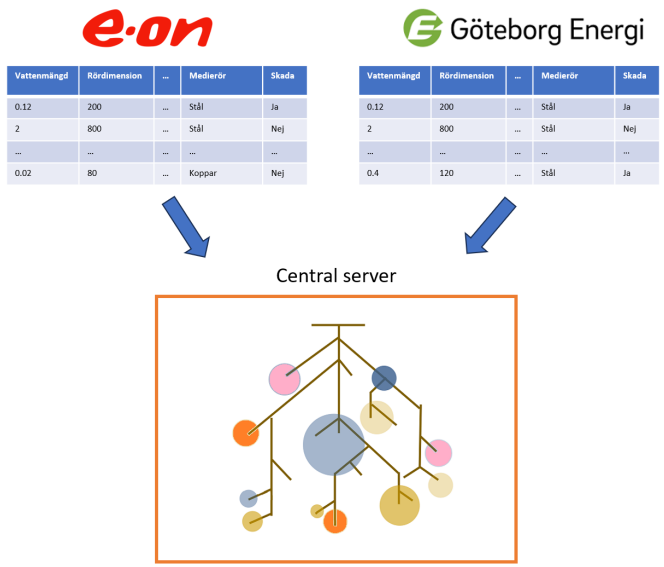

Fördelning över riskuppskattning av ledningsobjekt, global modell,
utvärderad på EON och Göteborg
Sammanslag över de 20 experimenten
Resultat från ett av experimenten, praktisk prestanda
Oskadade objekt
Skadade objekt
Oskadade objekt
Skadade objekt
0
100
200
300
400
500
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
10
20
30
40
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
Riskuppskattning [0,1]

Riskfaktor	Vikt	Riskfaktor	Vikt
Vattenmängd	0.297	Dränering	0.03
Rördimension	0.126	Rörisolering	0.02
Rörplacering	0.054	System	0.059
Installationsår	0.2	Mantel	0.068
Manteldimension	0.079	Medierör	0.071

Reflektion

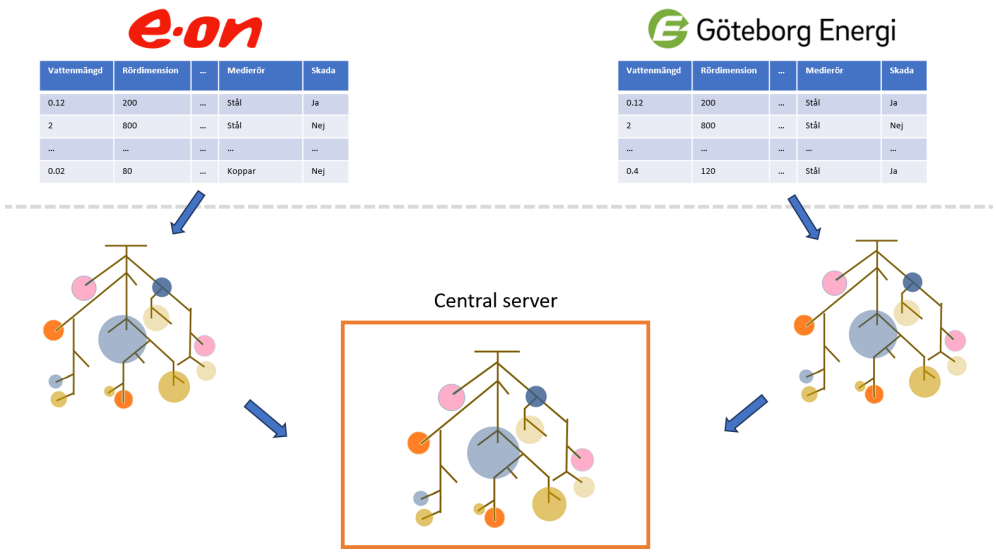
- Sammanslagning av datamängder klart fördelaktigt
  - 0.65 -> ~0.69 F1-score Göteborg Energi

- Federerad ansats gav starkare resultat än lokal träning
  - Utvecklingspotential



Vattenmängd	Rördimension	...	Medierör	Skada
0.12	200	...	Stål	Ja
2	800	...	Stål	Nej
...	...	...	...	...
0.02	80	...	Koppar	Nej

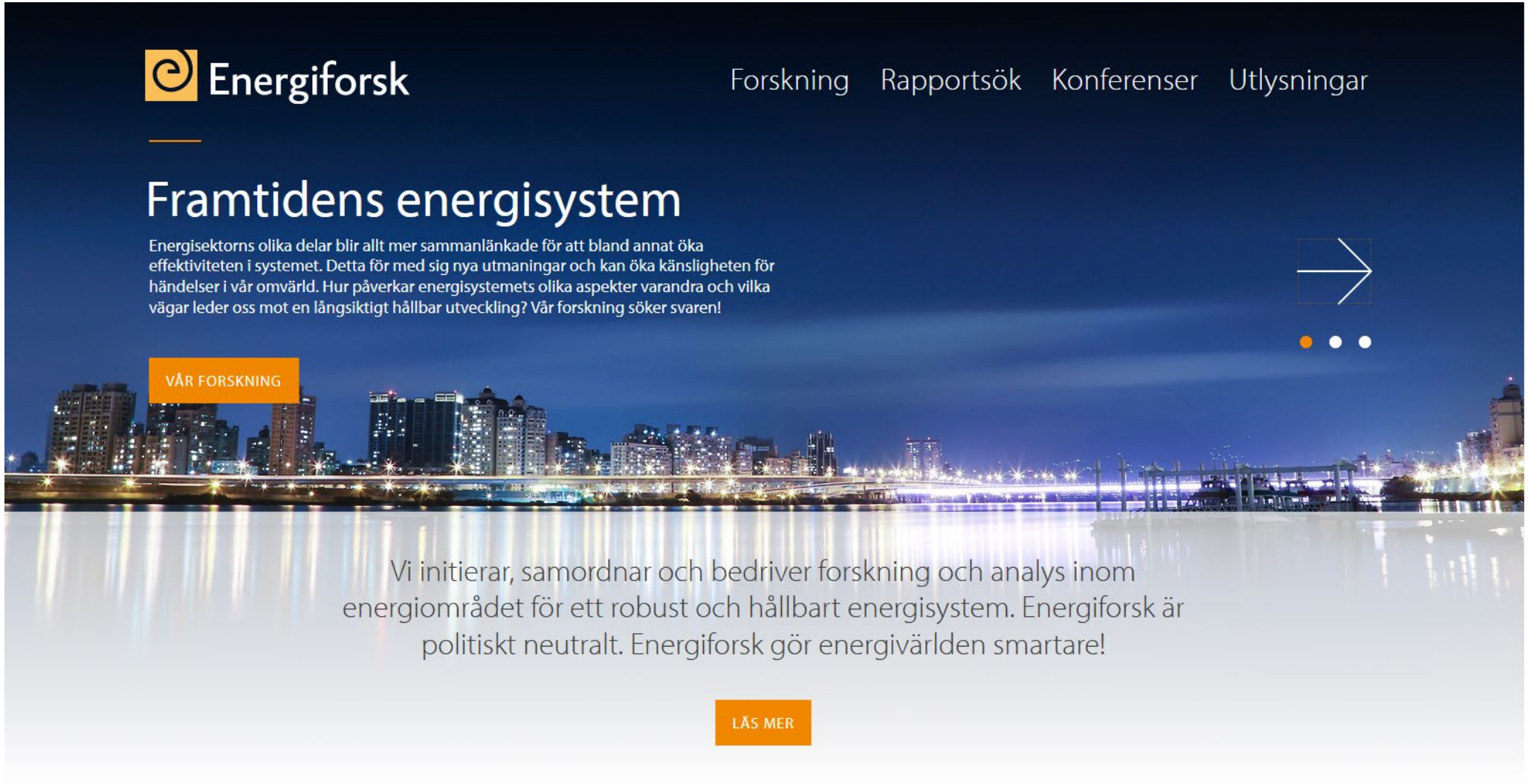
Vattenmängd	Rördimension	...	Medierör	Skada
0.12	200	...	Stål	Ja
2	800	...	Stål	Nej
...	...	...	...	...
0.4	120	...	Stål	Ja



Vattenmängd	Rördimension	...	Medierör	Skada
0.12	200	...	Stål	Ja
2	800	...	Stål	Nej
...	...	...	...	...
0.02	80	...	Koppar	Nej

Vattenmängd	Rördimension	...	Medierör	Skada
0.12	200	...	Stål	Ja
2	800	...	Stål	Nej
...	...	...	...	...
0.4	120	...	Stål	Ja

Rapport



www.energiforsk.se

Kontaktuppgifter

martin.willbo@ri.se

olof.mogren@ri.se

olle.penttinen@ri.se

katja.astrom@energiforsk.se

kristin.akerlund@fvb.se