

Framtidens kraftvärmeanläggningar och system

Erik Dahlquist

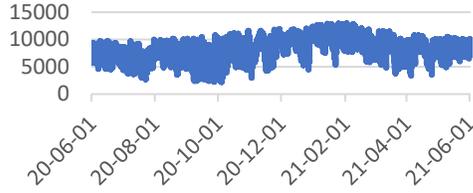
Professor i Energiteknik

Mälardalens Universitet

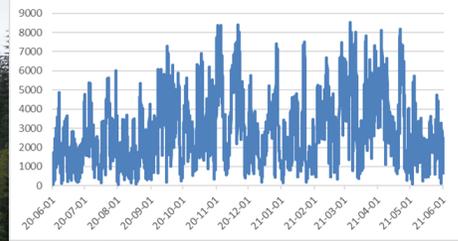
Framtidens energisystem



Vattenkraft MW



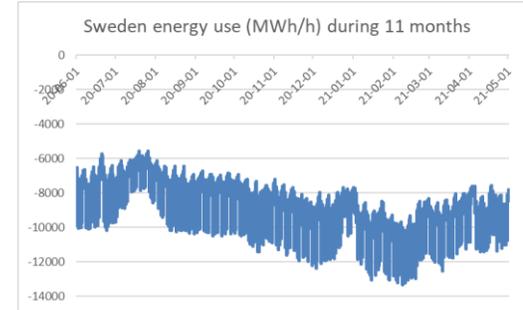
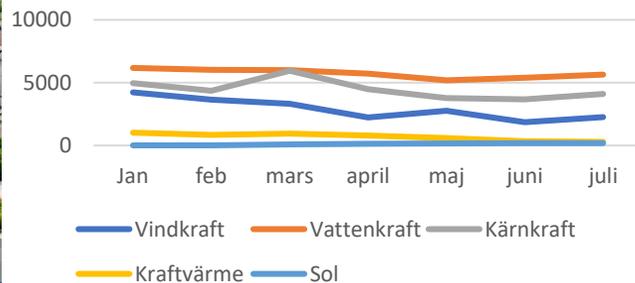
Wind power production in Sweden in MW



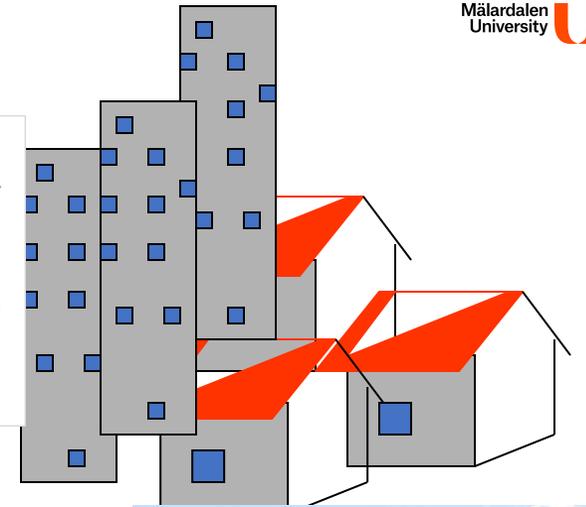
Solar power prod SE-3 in MW



Elproduktion i Sverige 2022



Värmebehov minskar
Elbehov ökar – Elfordon, industri
Vind och sol varierar mycket- utjämningsbehov
Lagring i Vätgas o Batterier
Kan förskjuta last – behöver incitament
Behöver material –
ved o avfall till kemikalier, bioolja mm



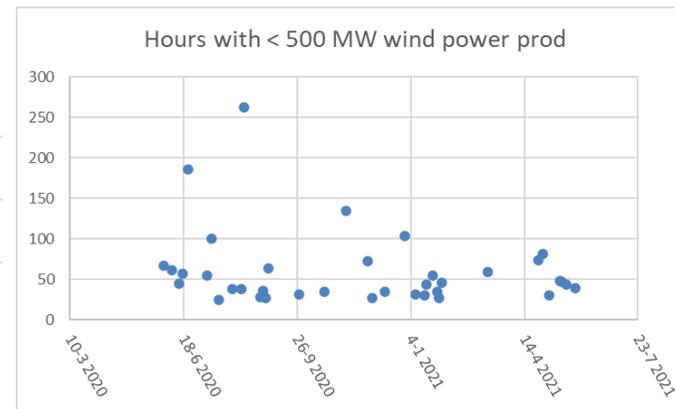
EV/H2



H2



EV



Minimera Systemförluster



Agriculture – Kärnbo
prästgård



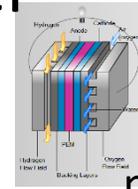
Elektrolysörer

$\eta = 0,61$
($\eta = 0,80$)



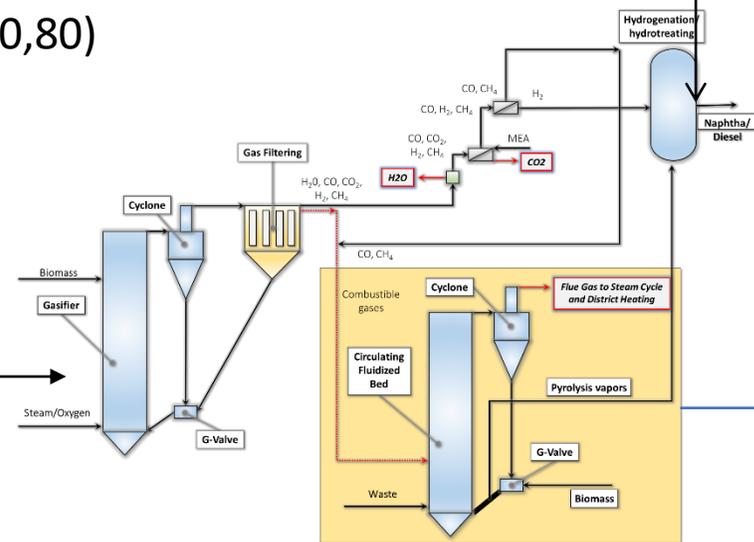
Batterier

$\eta = 0,92-0,97$



Bränsleceller

$\eta = 0,4-0,8$



H₂

Lager



$\eta = 0,3-0,4$
Dieselmotor

Industri, ersätta kol
med H₂



Kraftvärme med
pyrolysis/förgasning
ger vätgas, bio-olja
mm

ger dessutom
värme och el då det
behövs – flexibelt
system

Elektrolysör ger
vätgas och syrgas.
Syrgasen används i
förgasning/pyrolysis

för att få en rikare,
värdefullare gas

Förgasning/
pyrolysis
(vätgas,
metan, bio-
olja)

Framtidens
kraftvärmeverk blir
ett energikombinat



Pilotanläggning på
Grindtorpsängen i Västerås

Comparison production costs per kWh for H₂ and HVO (hydrogenated vegetable oils)

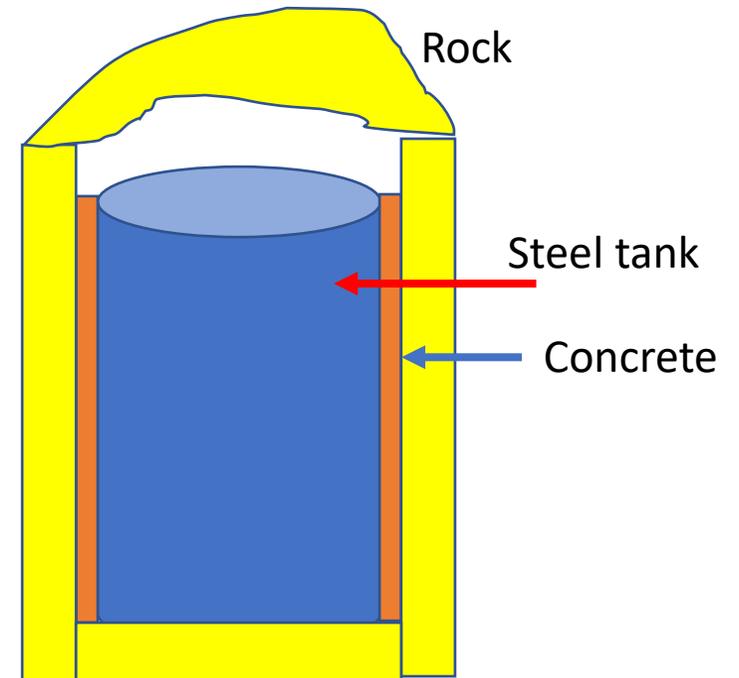
Totalt electrolyzer H ₂ prod	€cent/kWh
500\$/kW + 0,1 \$/kWh	8
500\$/kW + 0,05 \$/kWh	5
1000\$/kW + 0,1 \$/kWh	16
1000\$/kW + 0,05 \$/kWh	9
H ₂ from waste	0,9
H ₂ from biomass	2,4
HVO from waste	1,5
HVO from biomass	4,7

Electrolyzer: 58 kWh/kg H₂; 500-1000 \$/kW; assume 0,12 annuity (4%,10y); el 50-100 öre/kWh

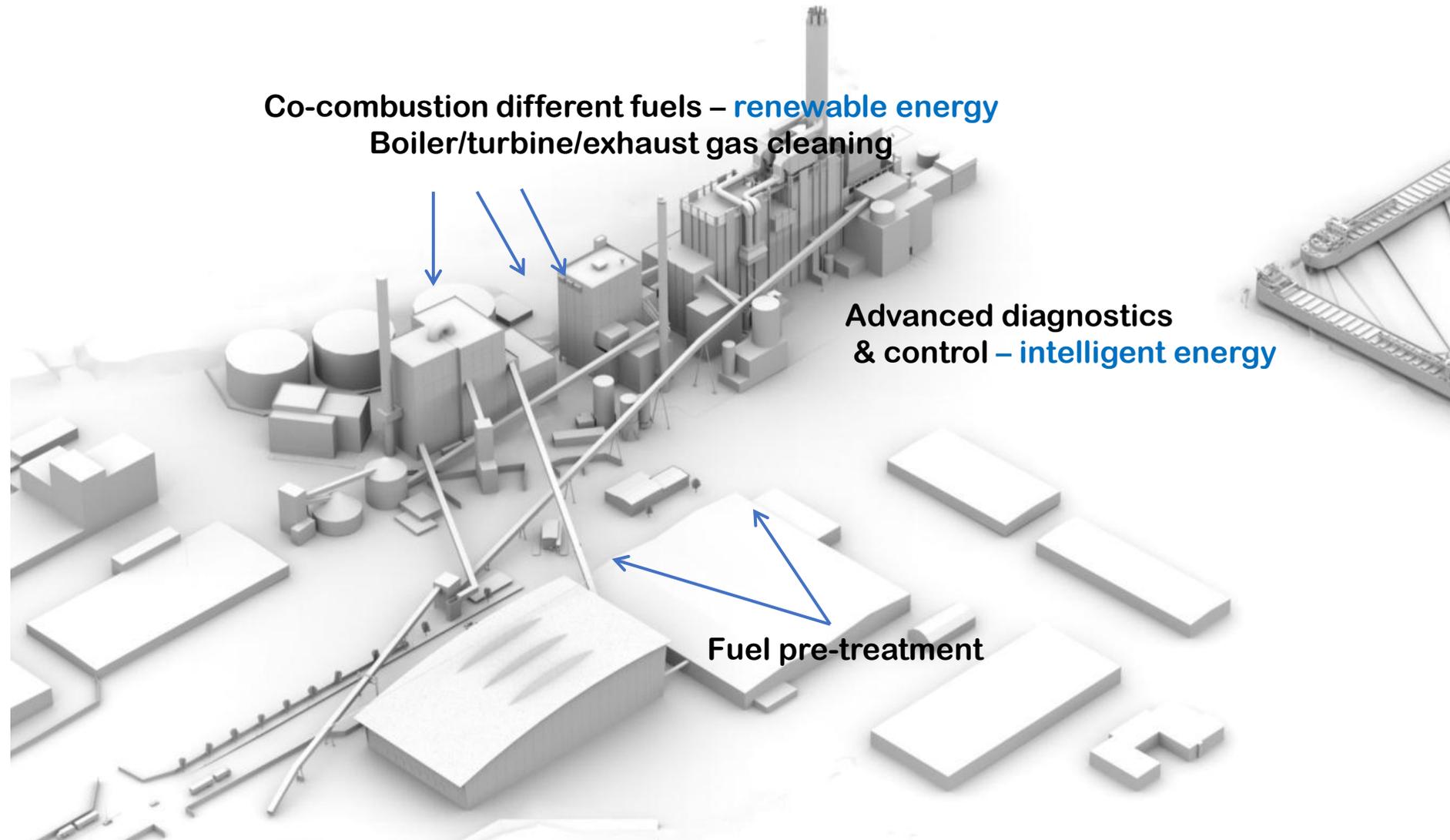
HVO – assuming biomass with low O-content as raw material

Hydrogen can be stored in different ways

- H₂ compressed to 100, 250 (10% losses) or 700 bars
- H₂ liquified (40% losses)
- As NH₃ (ammonia, liquid)
- As CH₄ (methane, gas or as LNG)
- As CH₃OH (methanol, liquid)



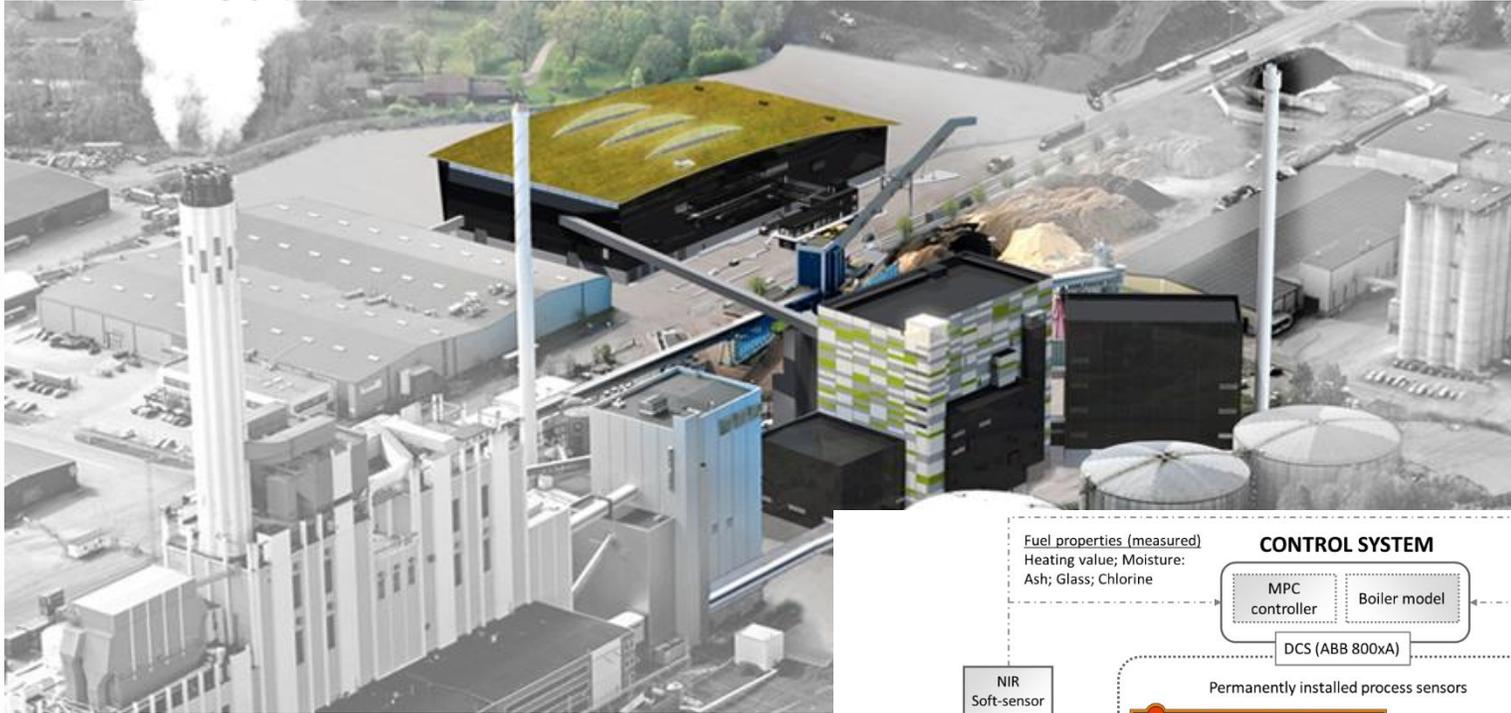
Renewal of the power plant – waste combustion



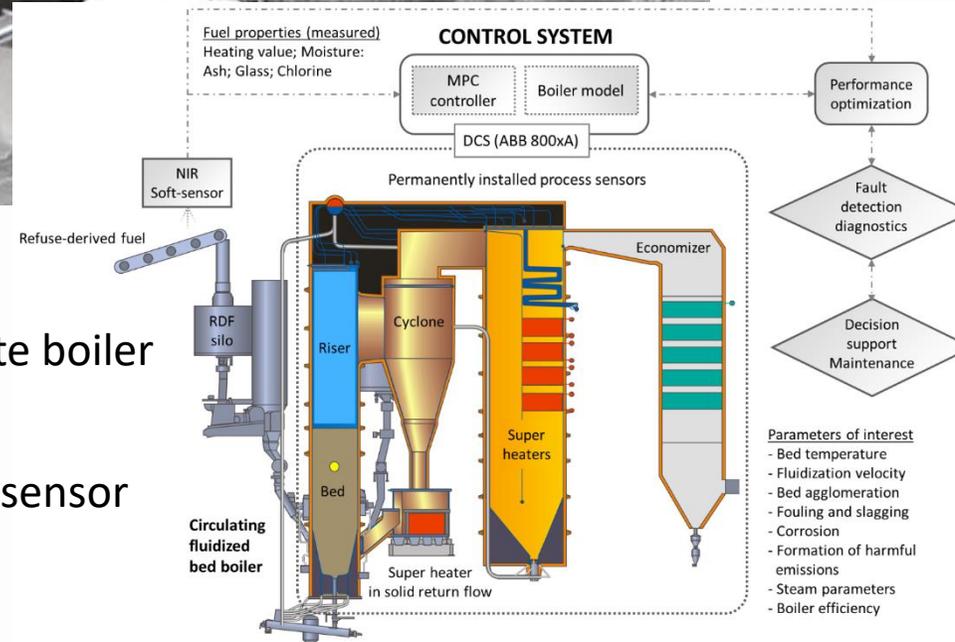
1. Demonstrator Background: Mälarenergi AB, Block 6



Future Directions of
Production Planning and
Optimized Energy – and

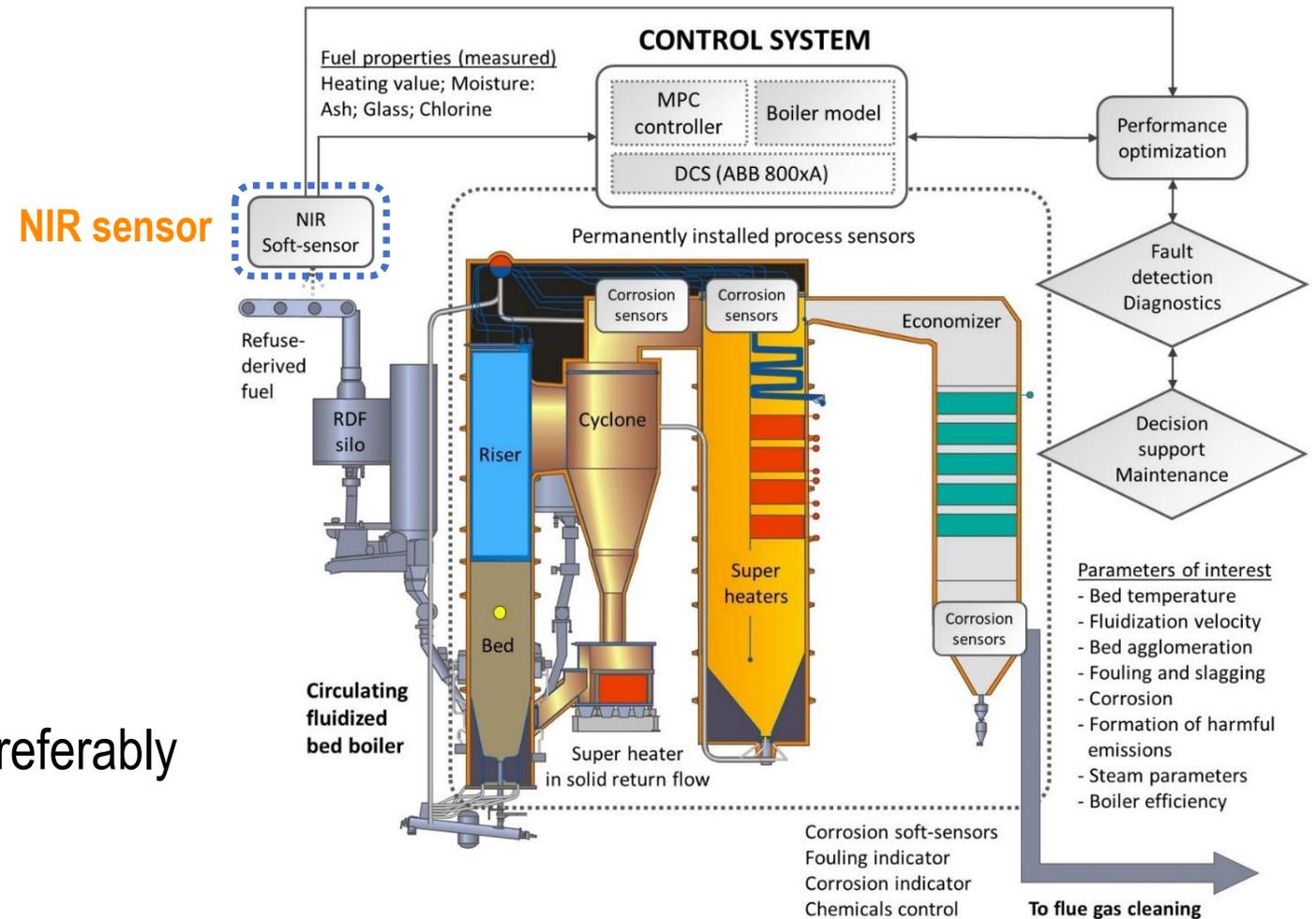


Waste boiler
High temp corrosion sensor



NIR characterization of wood and RDF

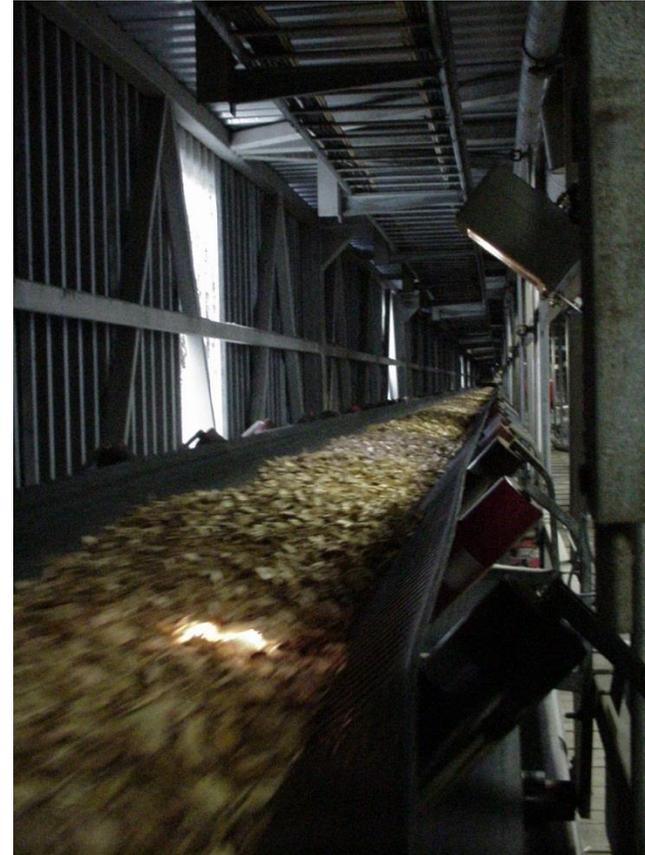
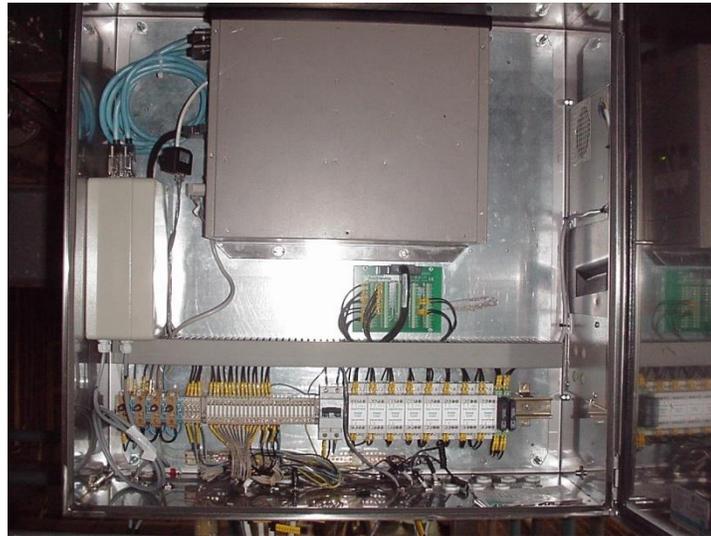
- Characterization of properties:
 - Moisture
 - Heating value
 - Chlorine content
 - Content of plastics
 - Glass content
- Important to consider
 - Representative sampling
 - Spectra acquisition parameters
 - Relevant reference methods (preferably standardized method)



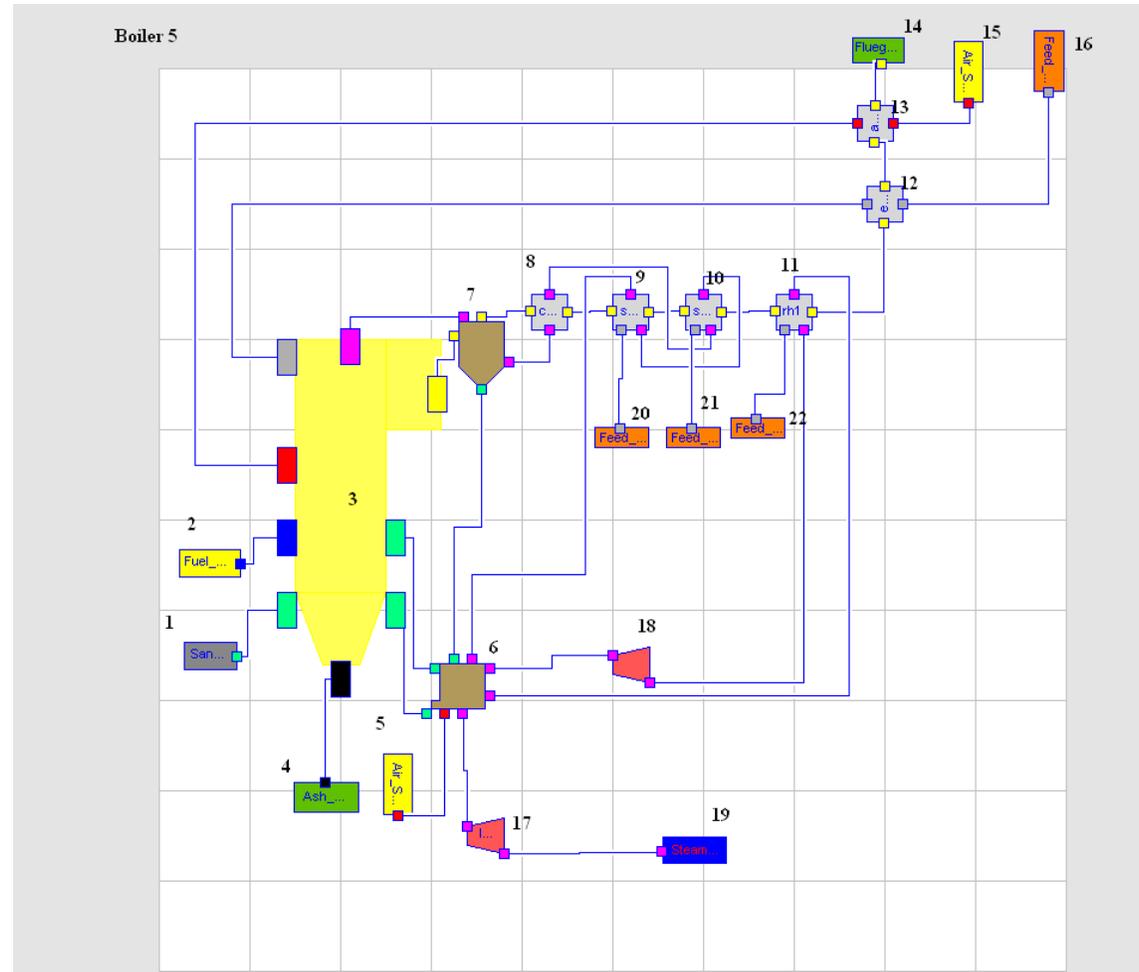
Waste boiler no 6 at Malarenergi

- The amount of glass is significant and causes problems with agglomeration if the sand is not taken out after a relatively short time period.
- Otherwise the interest to follow corrosion as a function of PVC and other components is of same interest and will be followed in the same way by NIR
- Moisture content will effect the bed temperature, which can both give high temperature in super heater, with risk for corrosion, or low temperature with risk for Dioxin formation
- Preventive maintenance is to avoid risk for corrosion and bed agglomeration

NIRinstrument for determination of moisture and fuel composition



Boiler 5 at Malarenergi 200 MW CFB - Modelicamodel – on-line simulation – for diagnostics and control

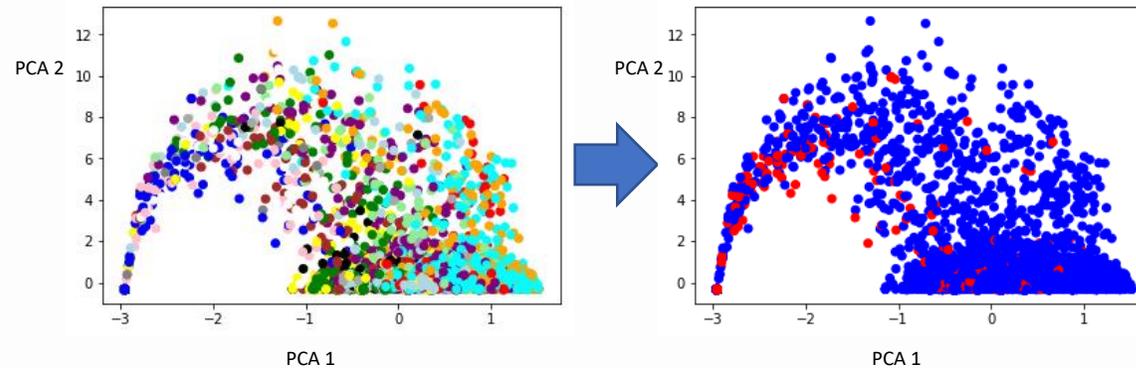


Jämför olika värden
som mäts mot vad
on-line simuleringen
ger

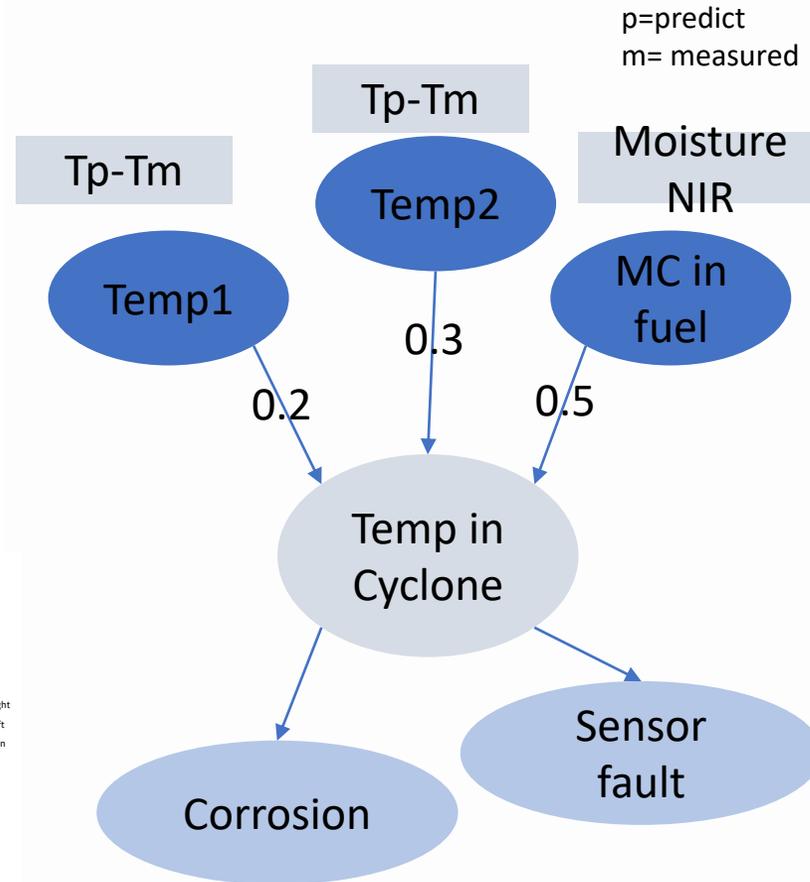
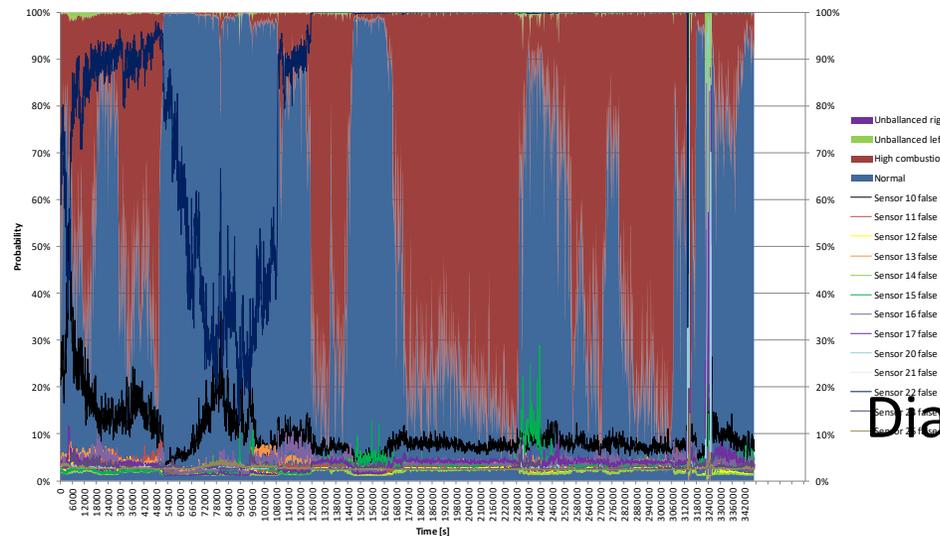
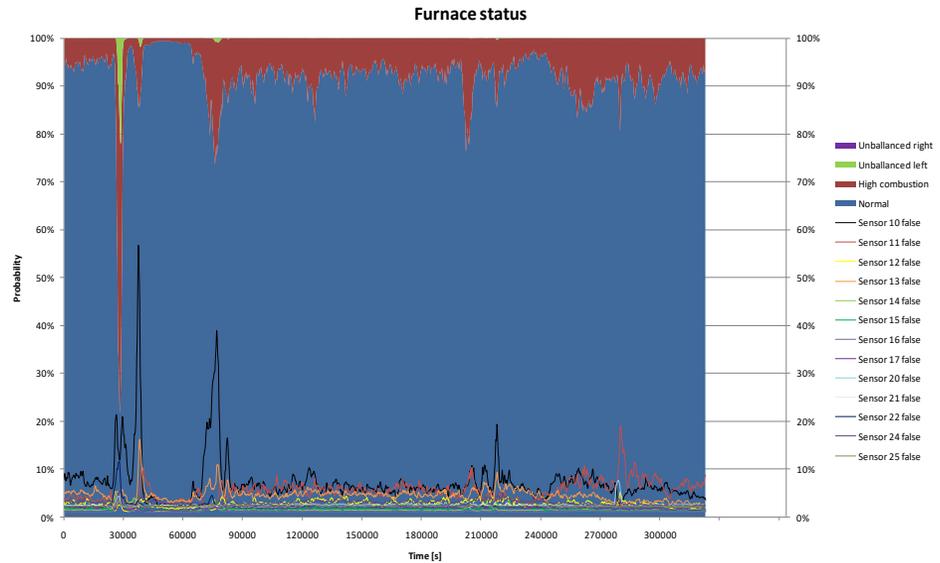
Avvikelsen trendas och
används för diagnostik

Anomaly detection

- Pulp&Paper + Large CHP
- Create k clusters (Kmeans)
- Use minimum distance to cluster
- No data to validate....



Results BN at CFB boiler 5



Diagnostics and decision support

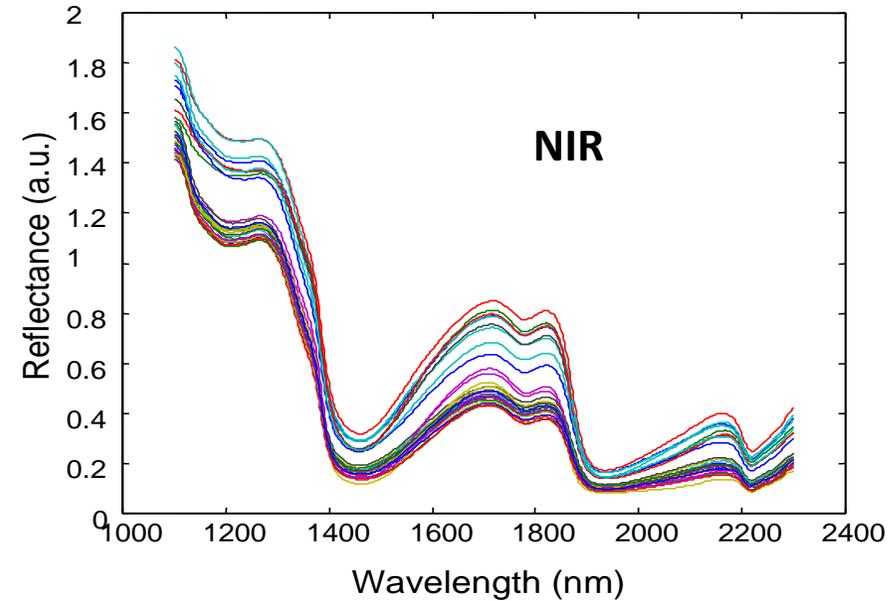
Soft sensors



RF =Radio Frequency

Moisture (bulk), ash/salts

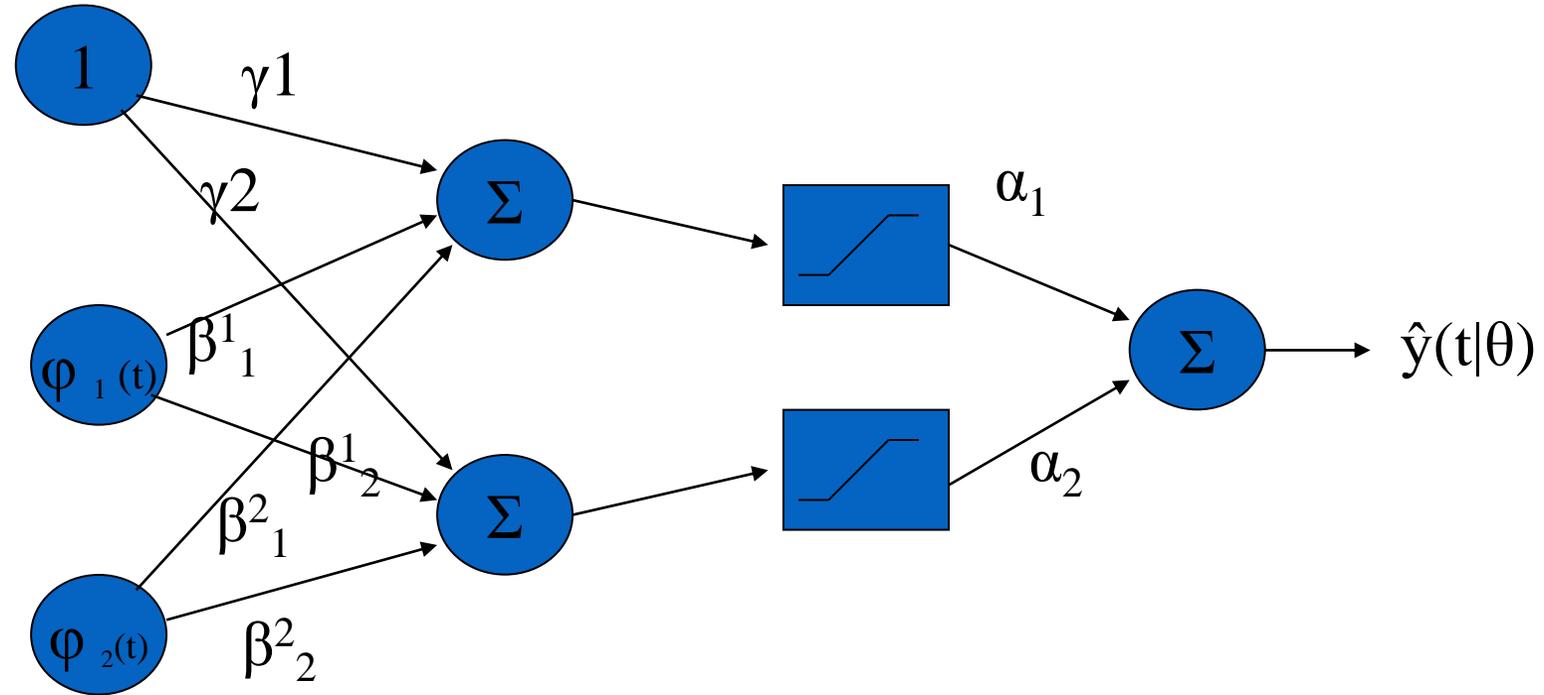
Moisture, lignin, plastics, glass



**TOM = Thermo Optical
Measurement**

For monitoring corrosion on
high temp equipments.
Fraunhofer Inst

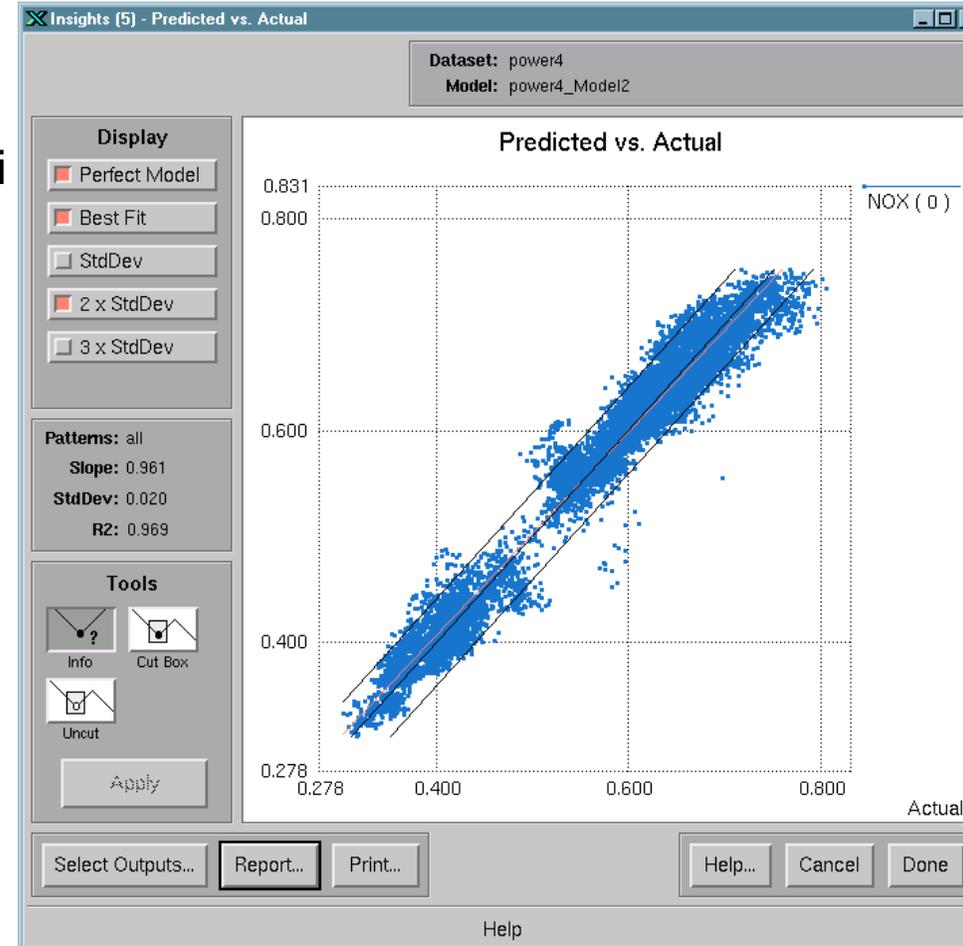
Neuron net



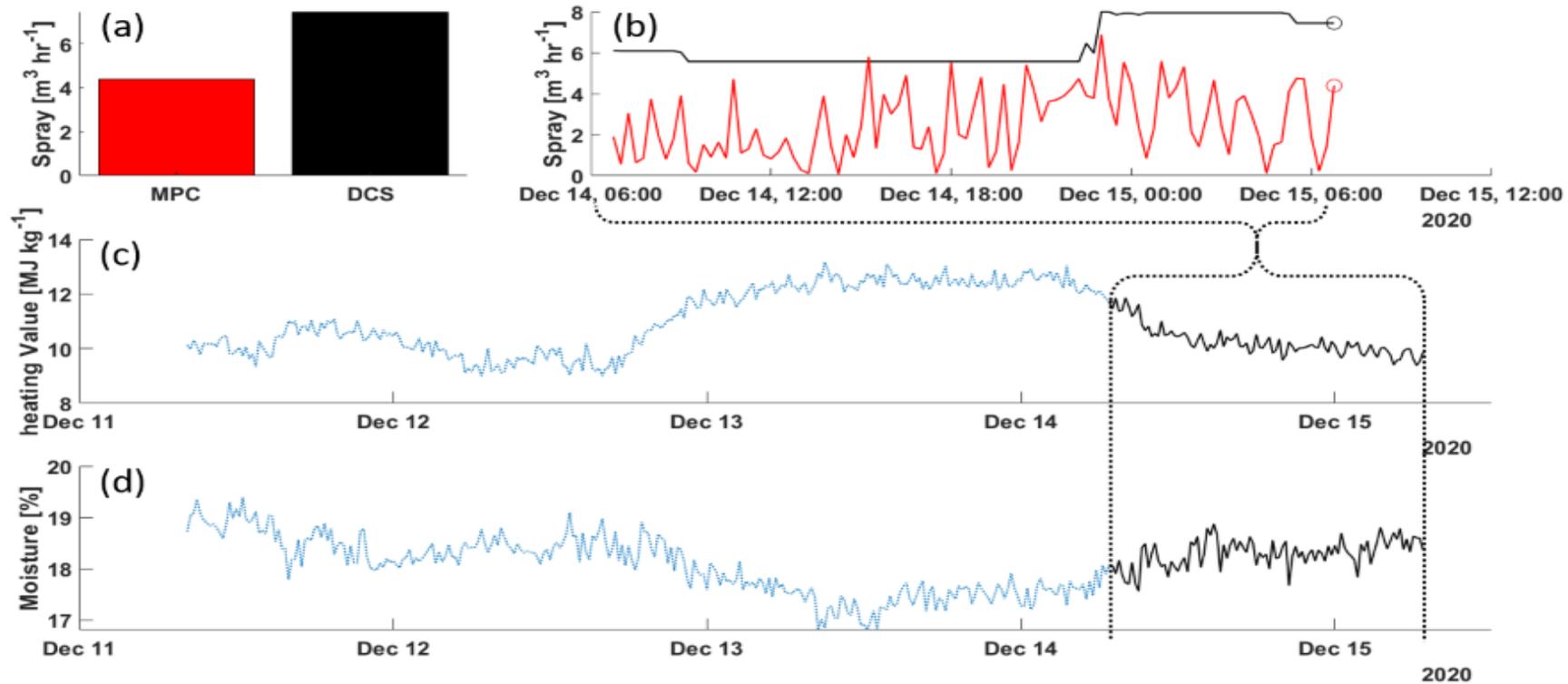
$$\bullet \hat{y}(t|\theta) = \alpha_1 * \kappa(\gamma_1 + \beta^1_1 \varphi_1(t) + \beta^2_1 \varphi_2(t)) + \alpha_2 * \kappa(\gamma_2 + \beta^1_2 \varphi_1(t) + \beta^2_2 \varphi_2(t))$$

Neural Net Modeling On-Line Optimization & Control

Nox prediction at Mälarenergi
Boiler using ANN



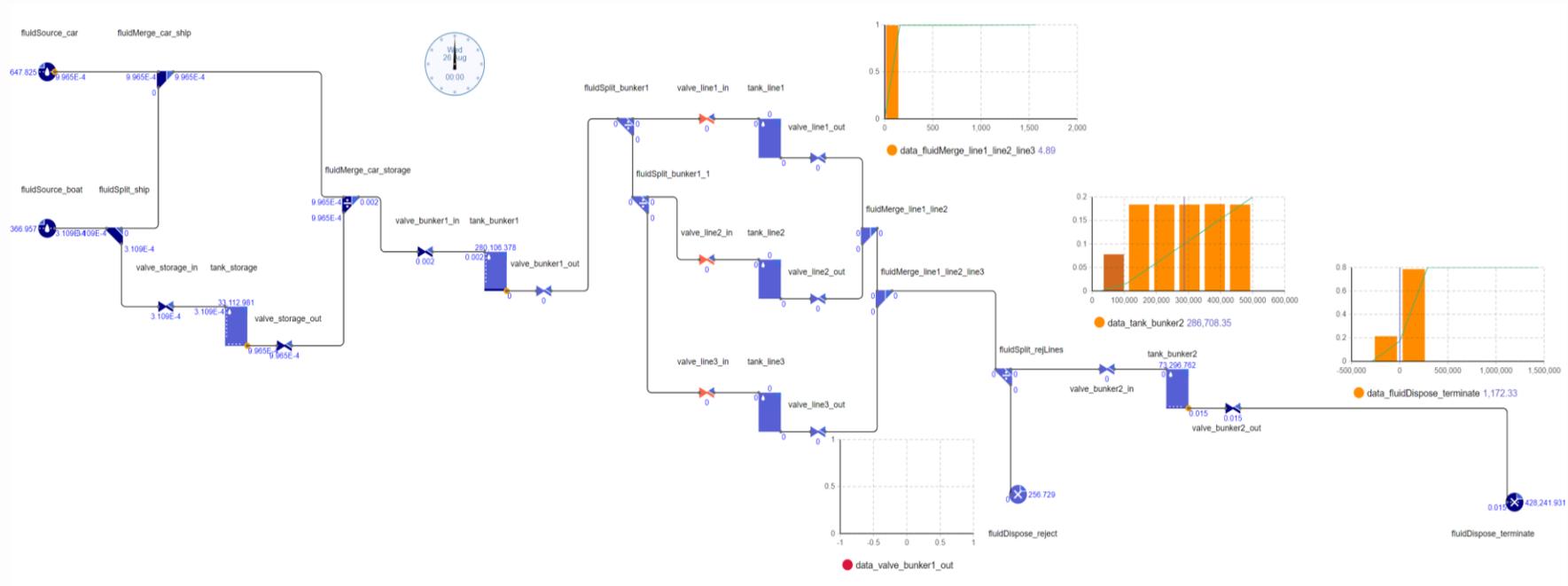
Evaluation of the results with MPC – *minimera behov spraya vatten*



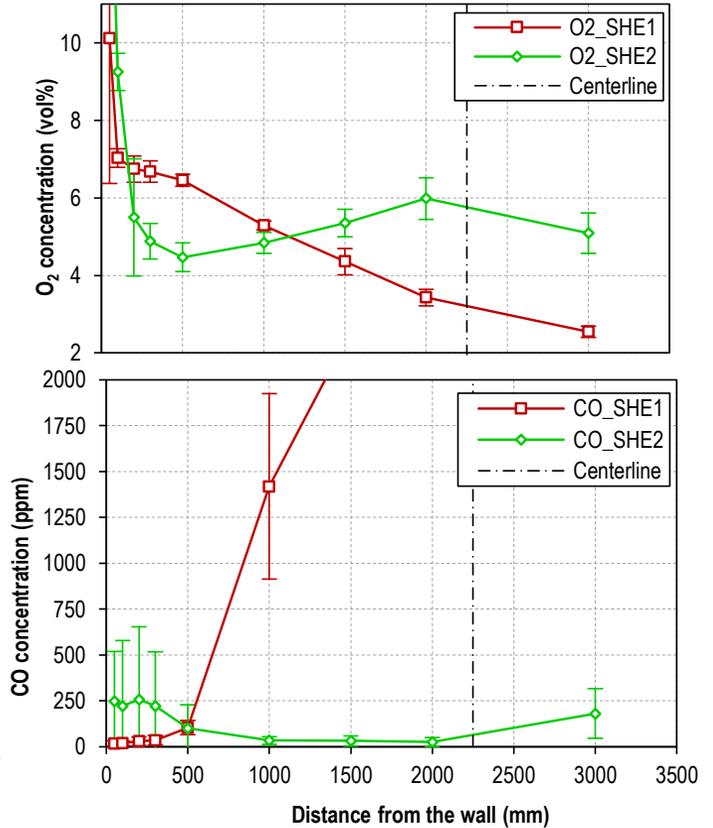
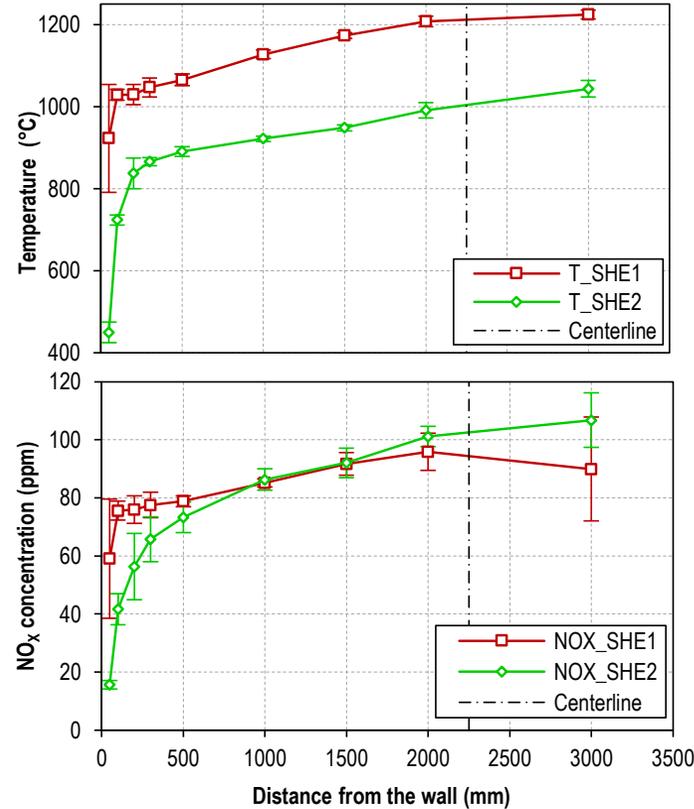
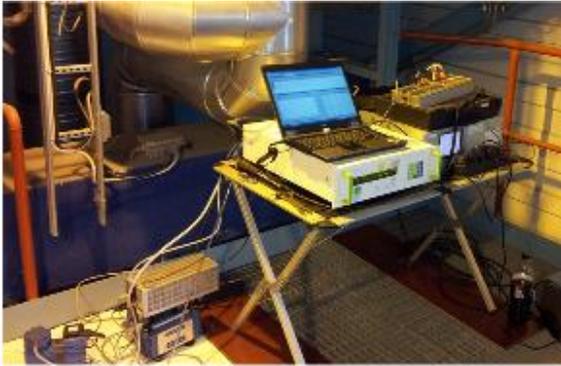
Extended dashboard design; (a) current recommendation for spray level, (b) past 24 hours of spray recommendation in comparison to DCS, (c) heating value of the fuel, and (d) moisture content of the fuel.

Planning – complete chain from raw material to el + heat

- Stochastic inventory control of waste (Large CHP)
- Simulation & mathematical model



Mätning i BFB-panna I Sala

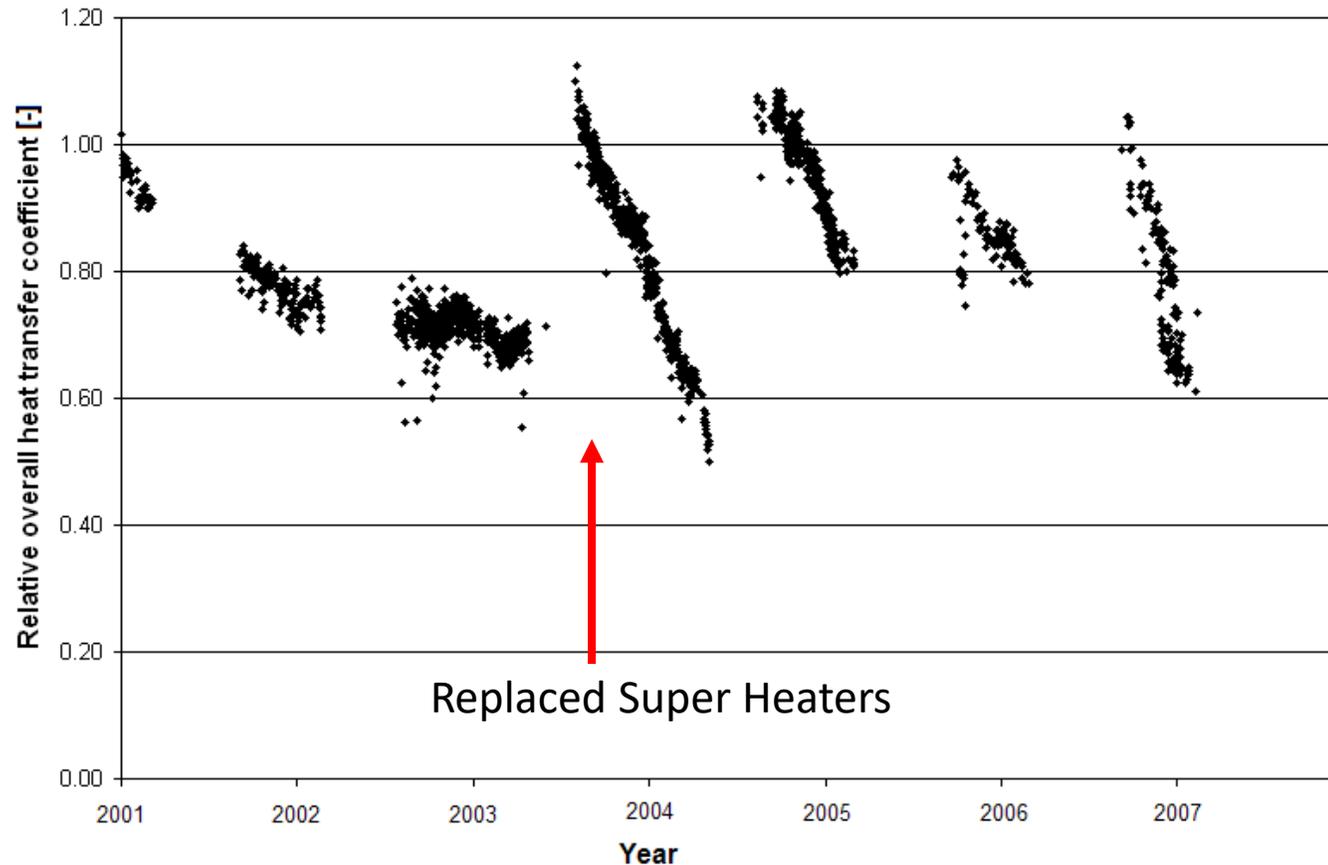


Stor skillnad mellan nära väggen och en bit in i pannan (Temp, NO_x, O₂ och CO)!

Fouling of super heater at boiler 5 (CFB)

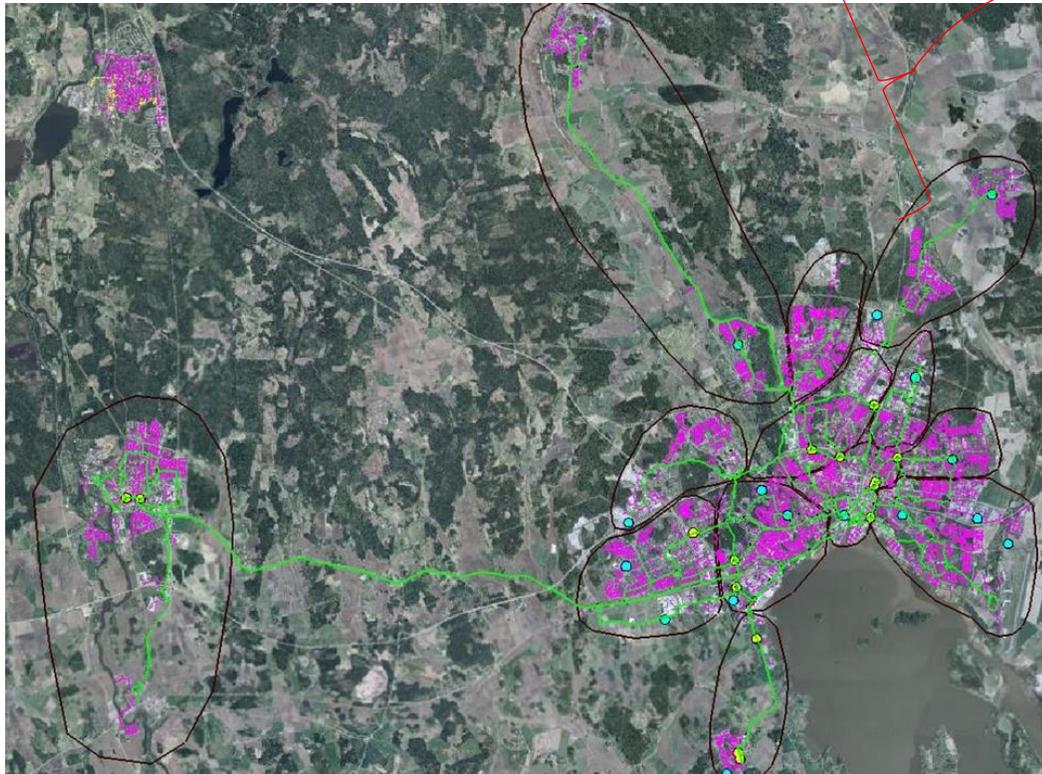


Heat transfer in HEX over seven years, irreversible fouling – have to blaster off once a year

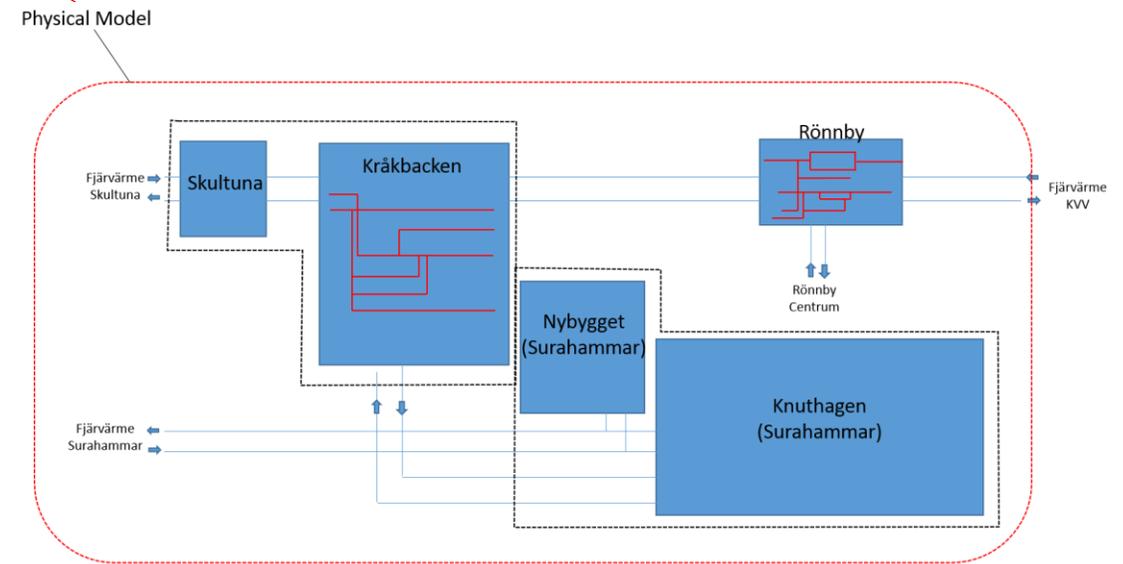


Physical Models in district heating system *Design*

- Västerås split into 13 regions:

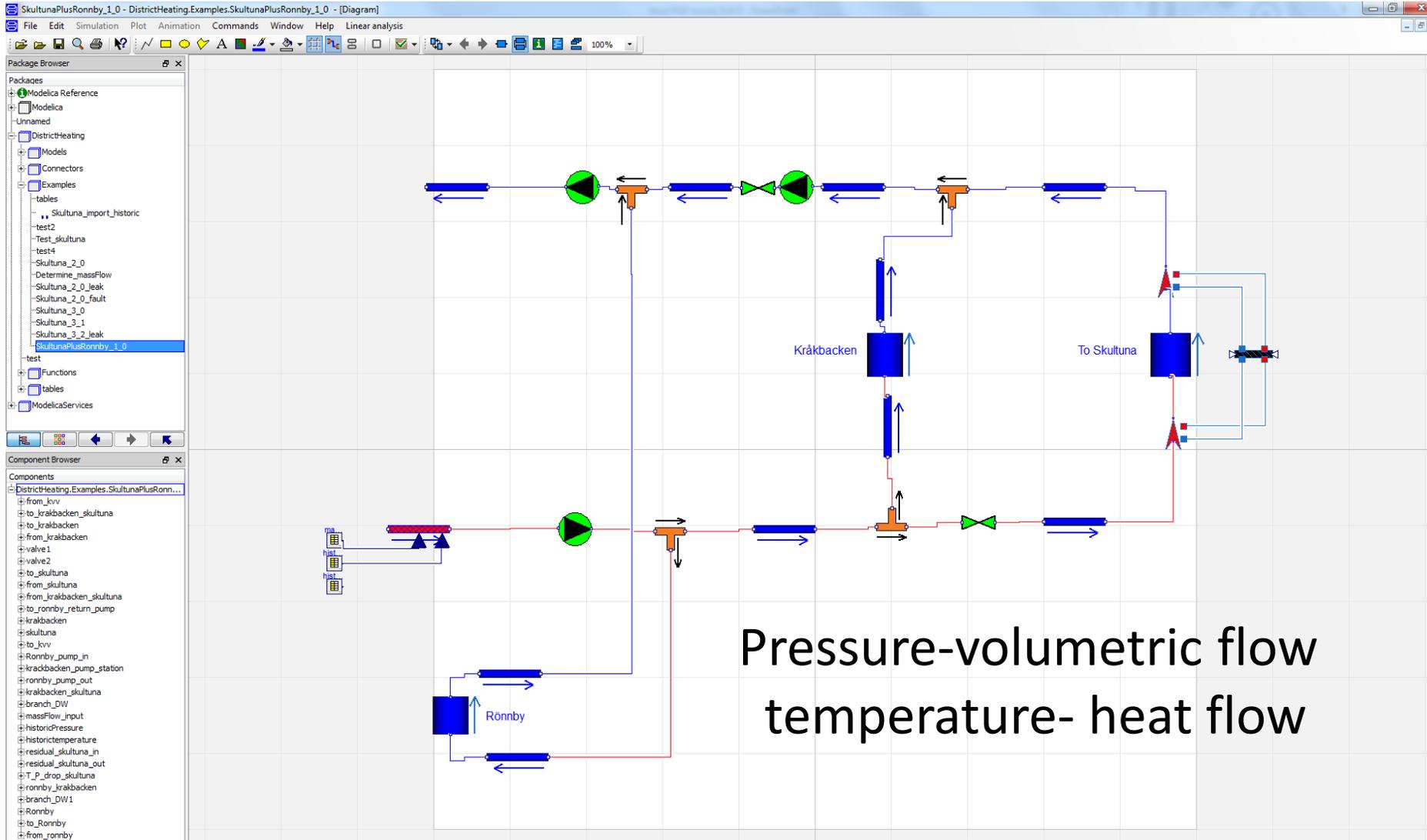


Kombinera fysikaliska modeller med statistiska modeller för prediktion och styrning on-line



Example: Skultuna, Rönnby, Surahammar

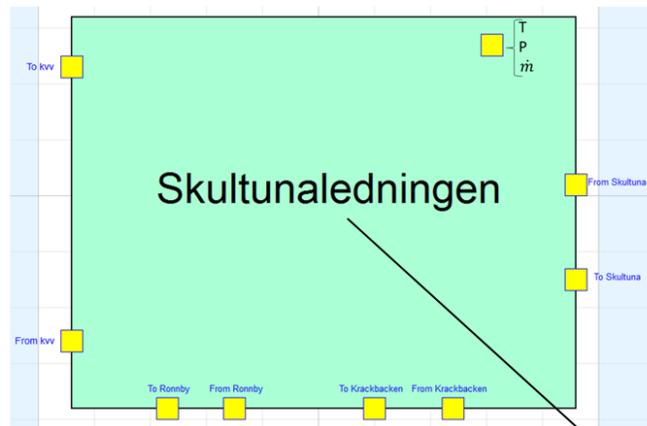
Open Modelica model of District Heating in Västerås



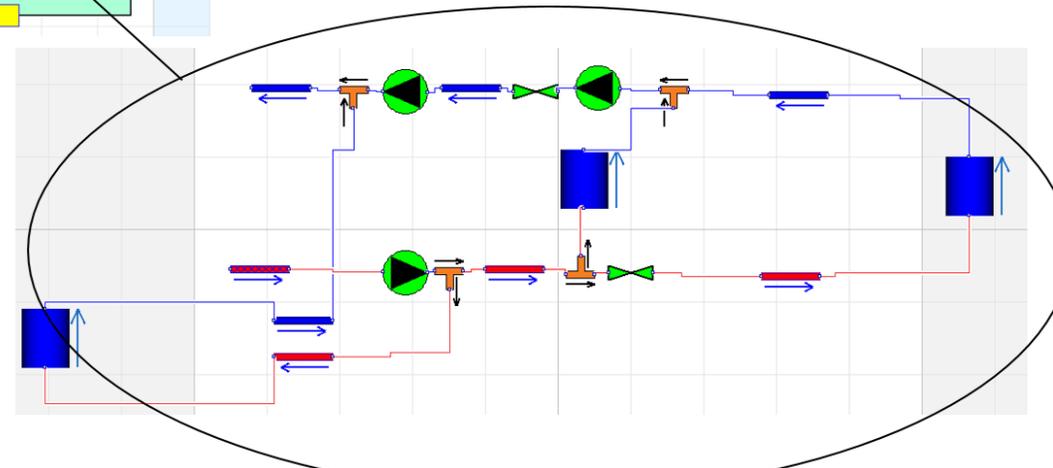
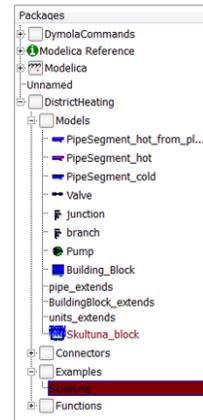
Pressure-volumetric flow
temperature- heat flow

Physical Models *OpenModelica* – *DH Library*

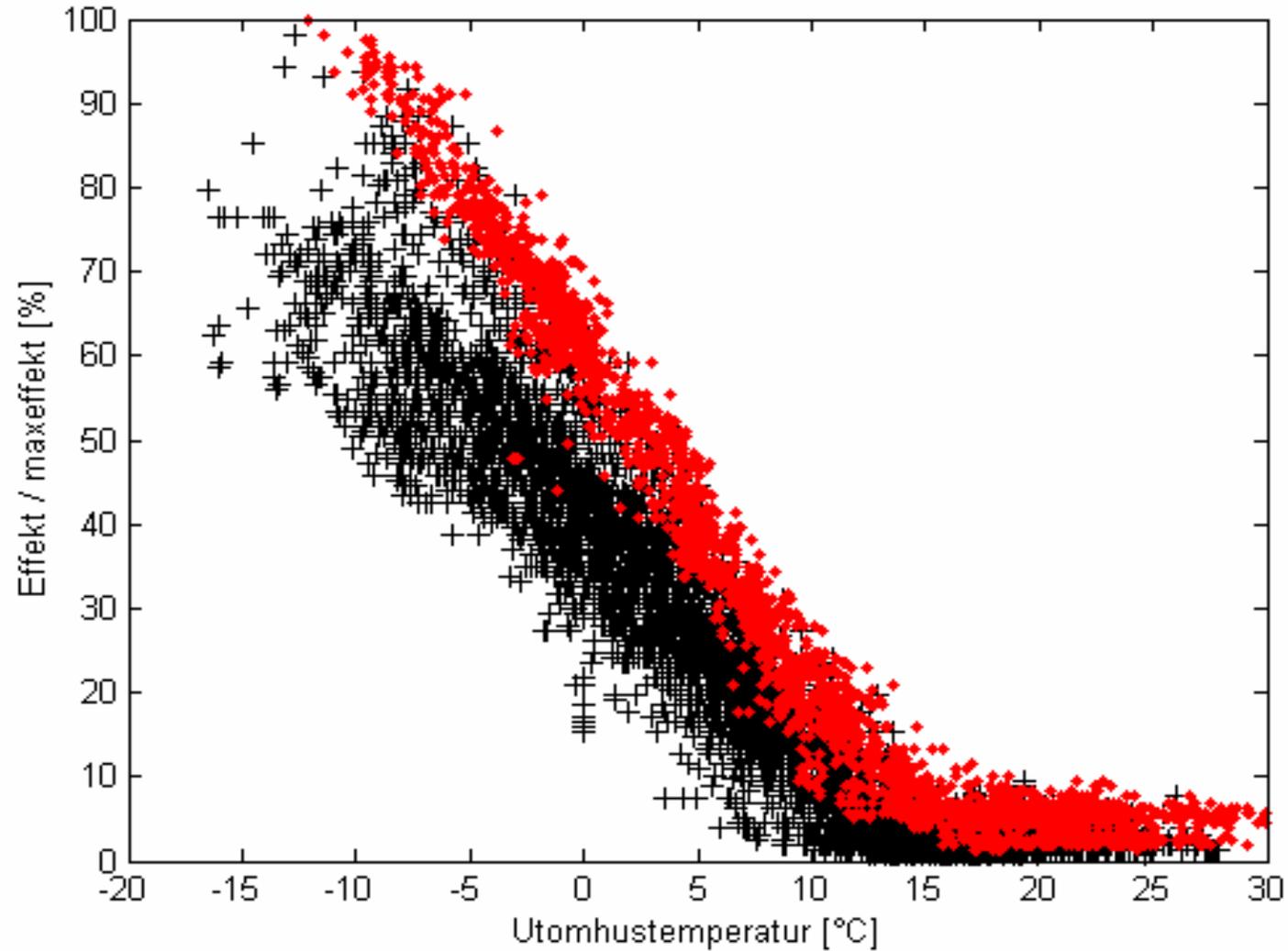
Old Skultuna Configuration



Prosumers – både få el och värme från och leverera till näten



Heat power =f(outdoor temp) in Offices in Sthlm



MDU/FEC (framtidens energi)

- MDU/FEC har fokus på kraftvärmesystem (bio/avfall) och solenergi
- Studerar **systemoptimering**
- Från pilotförsök till uppskalning till "verkliga" anläggningar i samarbete med industrin
- Både stationära anläggningar och mobila som tåg, tunga fordon och flyg i samarbete med industripartners
- Batterier – utvecklar **AI-teknik** för att prediktera återstående livslängd för "second life" (gruvfordon, tåg, lastbilar). Data från fordon och batteritester på lab.
- Jämför system med H₂/bränsleceller och batterier med dagens system
- Studerar raffinering av gas med bla membranteknik
- Kompletterar med vattenrening och fermentering (till bla biogas och organiska syror)
- Mäter kvalitet på biomassa/avfall on-line med NIR mm

Energiåtgärder

- Förskjuta last – stänga av då dyrt, slå på då billigt
- Bli ”prosumer” – både köpa och sälja el och värme till ”nätet”
- Lagra el i batteri, H₂, metanol ed. Värme i tank, egen vedkamin.
- Minska energianvändningen – Värmepump, sänk temperatur inne, minska varmvattenbehov, isolera bättre,
- Bättre temperaturstyrning (automation, mätning) bra hjälpmedel för planering. Ca 20% lägre energiförbrukning med temperaturstyrning i Viktoria Park-lägenheter i E-a.
- Cykel istf bil; elbil istf bensin/diesel; biogasbil (bensin också); kollektivtransporter där möjligt

Thank you for listening

Questions?