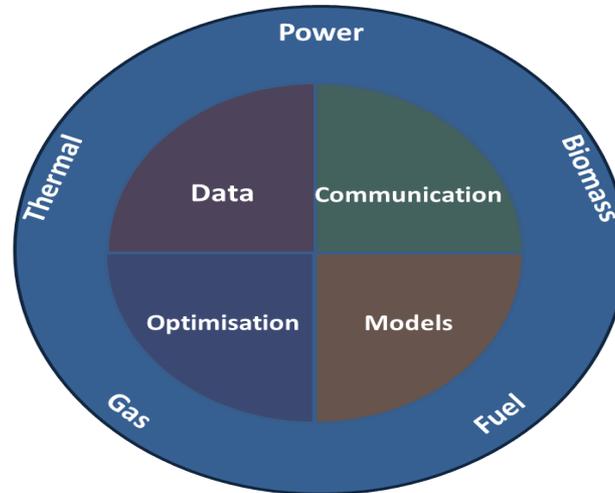


# Metoder til at udnytte energifleksibilitet i spildevandssystemer



Henrik Madsen and Peter Stentoft,  
DTU Compute & Krüger (Peter S.)

<http://www.henrikmadsen.org>

<http://www.smart-cities-centre.org>

# Indhold

- Center for IT-Intelligent Energy Systems (CITIES)
- Smart-Energy Operating-System (SE-OS)
- Modeller for energifleksibel drift
- Energifleksibilitet og spildevand
- Styring af rensningsanlæg (ex: Nørre Snede)
- Styring af afløbssystemer (ex: Kolding)
- Flexibilitetsfunktioner og smart grid styringer

B. Obama ved UN  
Climate Summit 2014 i New York:

We are the **first generation** affected  
by climate changes,  
and we are the **last generation** able  
to do something about it!



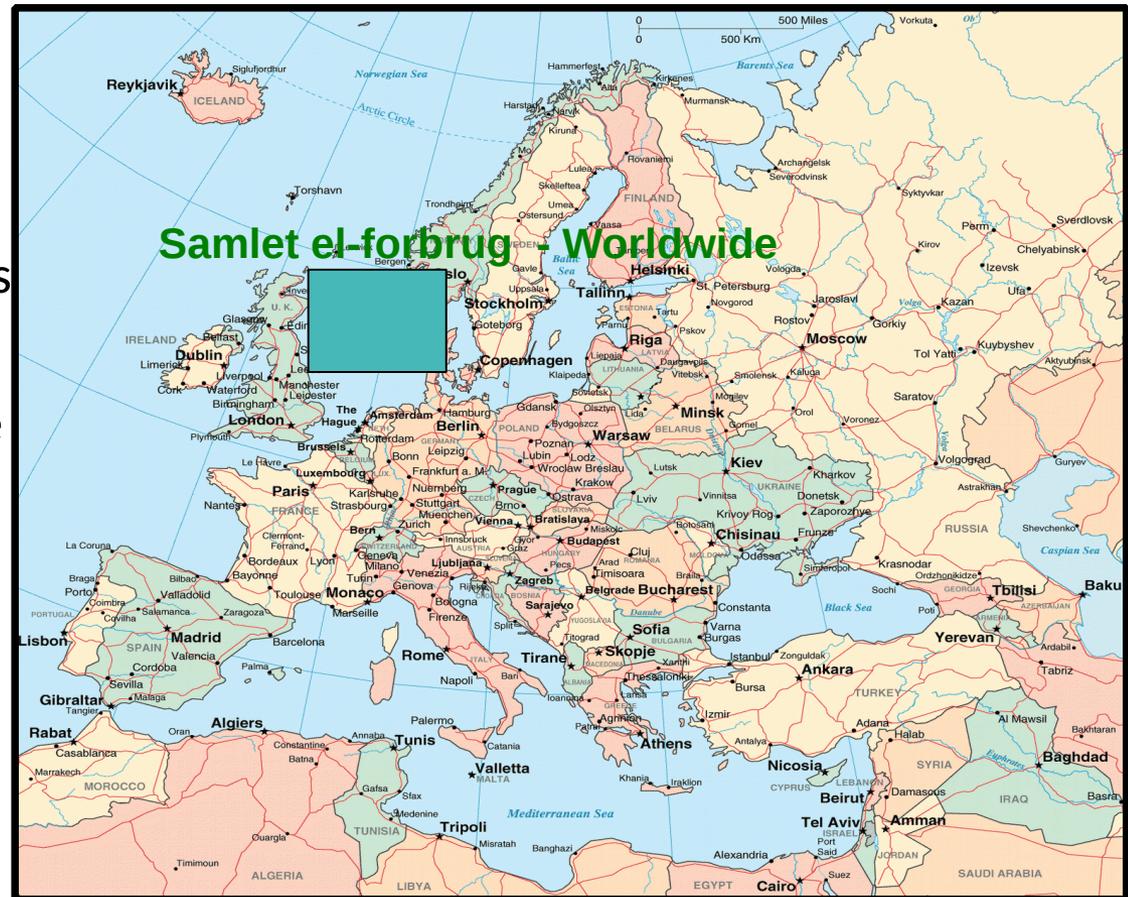
# Er det muligt ...?

- **Scenarie:** Vi ønsker at dække hele verdens el-forbrug med vindenergi.
- Hvor stort et areal skal dækkes med vindmøller?



# Er det muligt ... ?

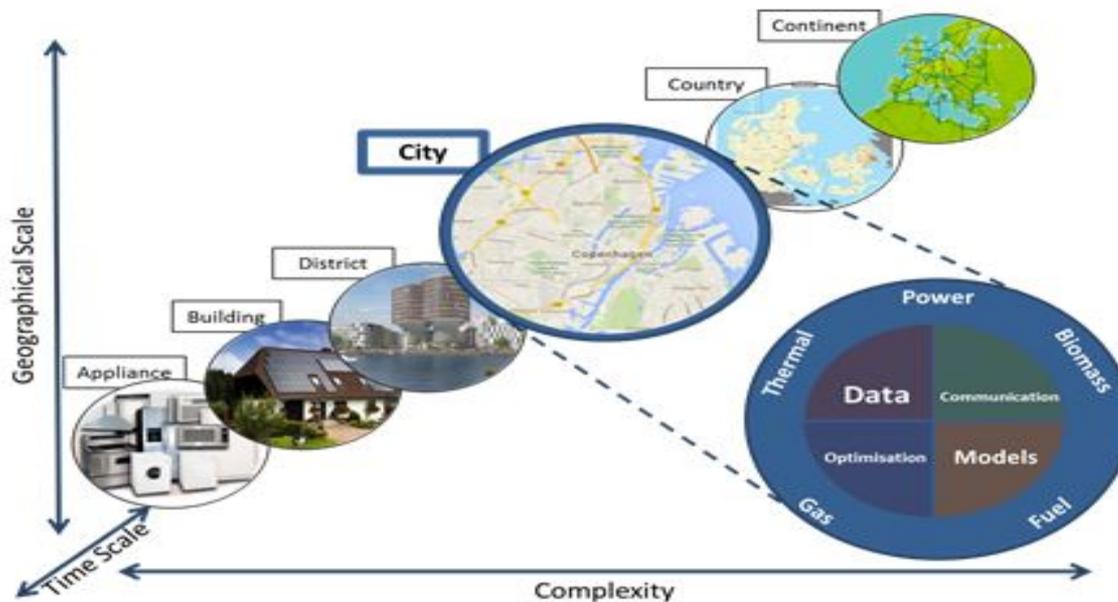
- **Scenarie:** Vi ønsker at dække hele verdens el-forbrug med vindenergi.
- Hvor stort et areal skal dækkes med vindmøller?
- **Konklusion:** Det bør ikke være så svært ...
- **Kalder på fleksibilitet. Brug intelligente og integrerede løsninger.**
- **Vand- og energisystemer skal tænkes sammen.**



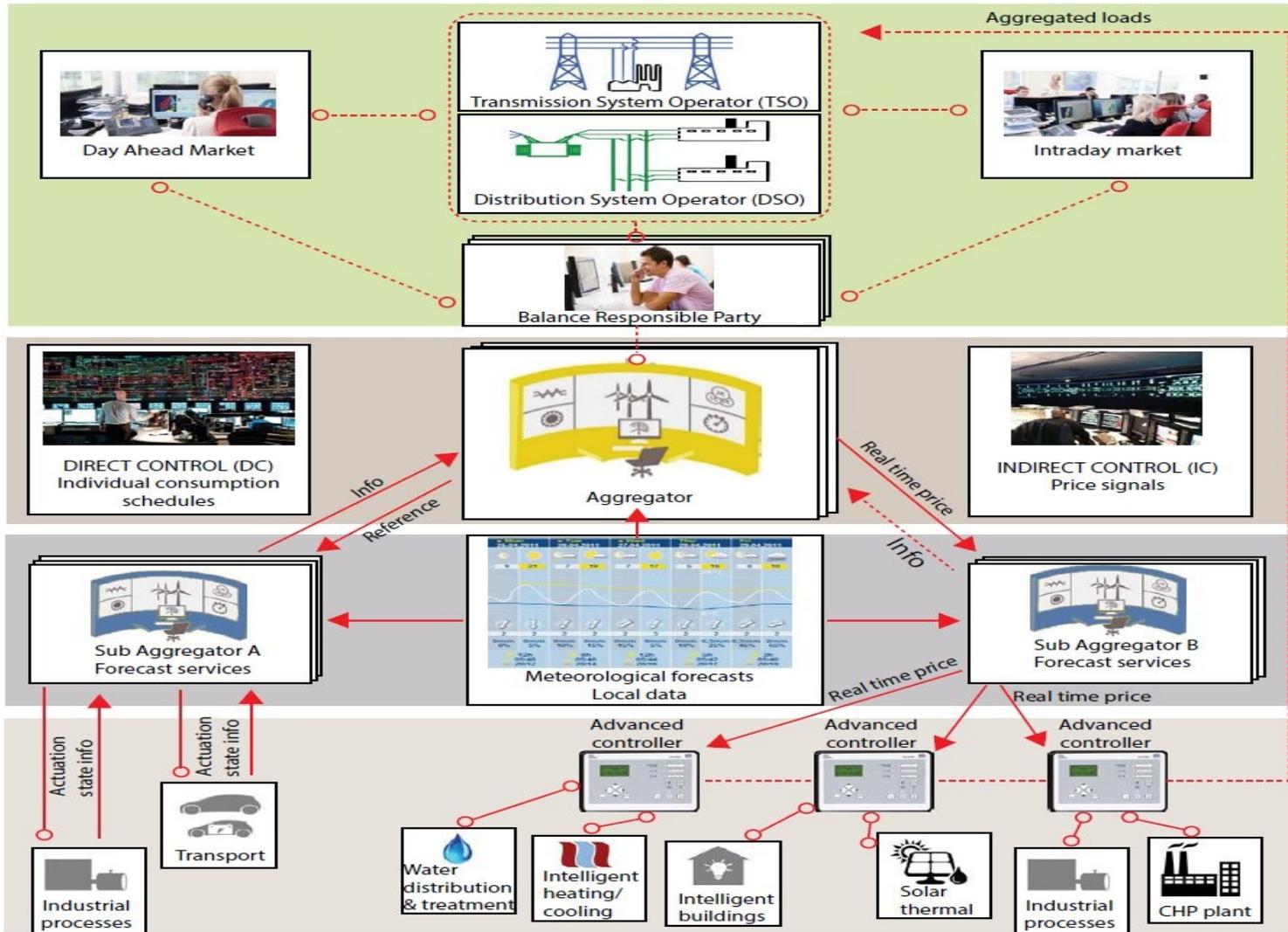
# Intelligent Integration

**Center for IT-Intelligente Energi-Systemer (CITIES)** udvikler IKT løsninger for data intelligent drift af integrerede energisystemer på alle skalaer.

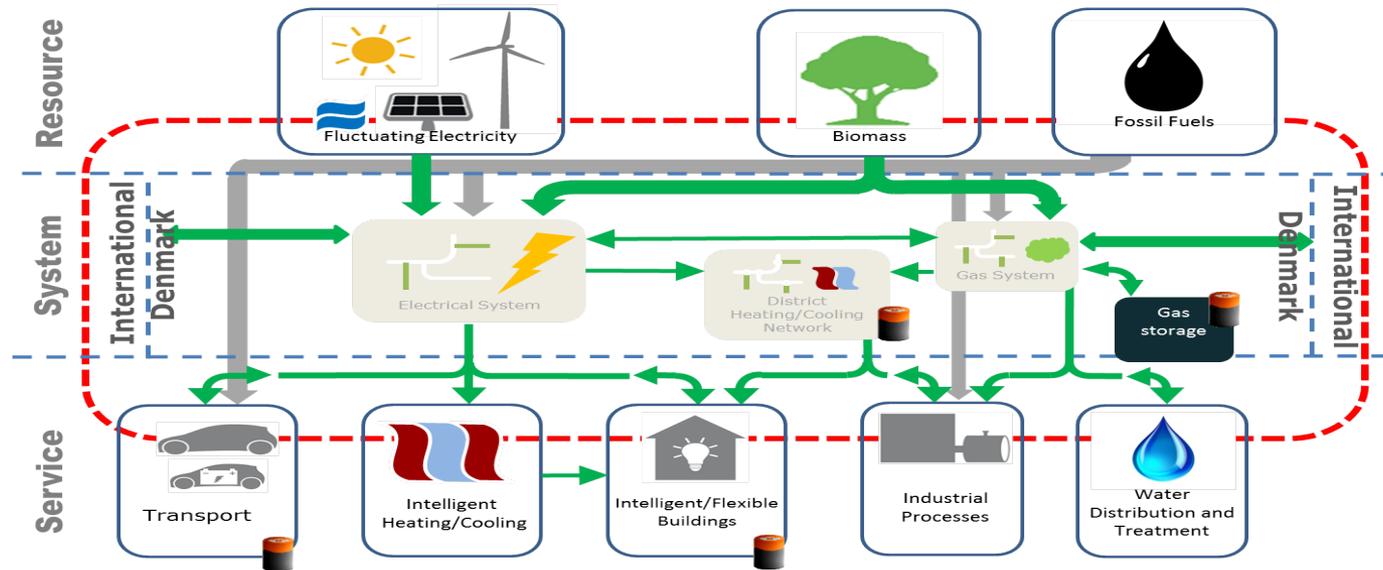
CITIES er pt det største forskningsprojekt omkring integrerede energisystemer i Danmark – se <http://www.smart-cities-centre.org>



# Smart-Energy OS



# Data Intelligent Modelling

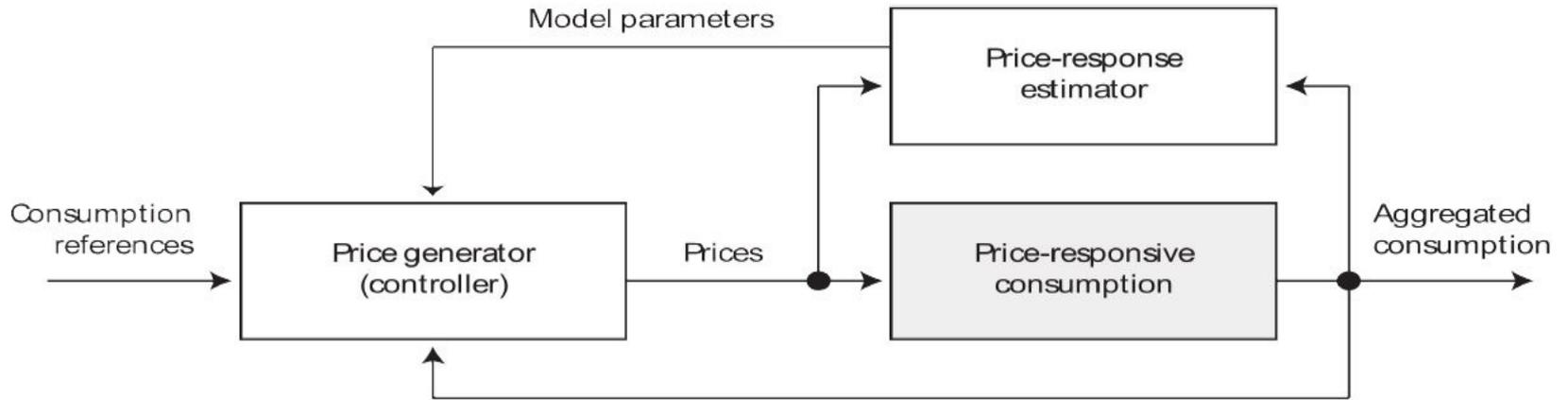


- Grey-box modeller for koblede systemer
- Fysisk og virtuel lagring af energi

# Pris-baseret styring af el-forbrug



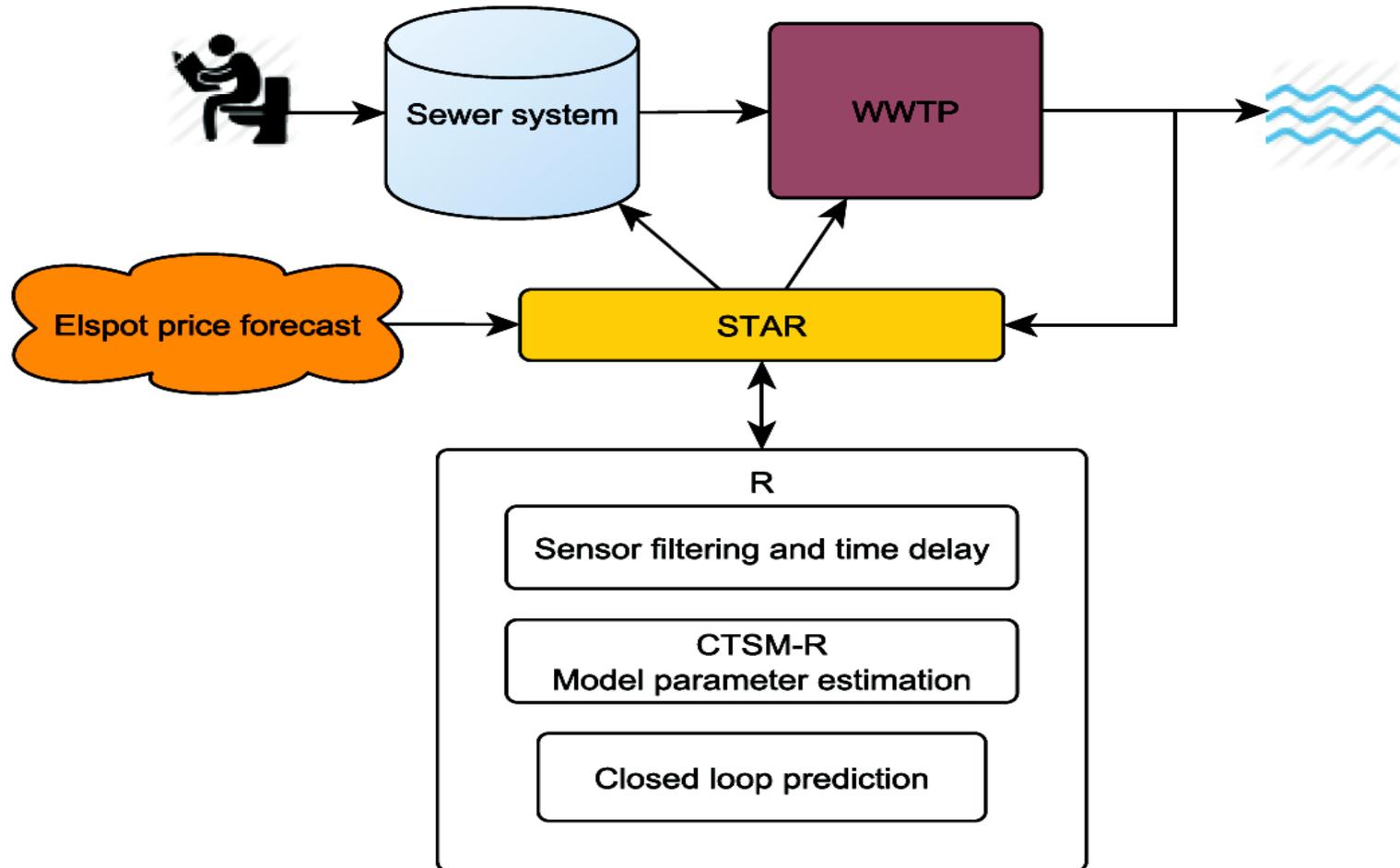
# Pris-baseret styring af el-forbrug



# Optimal Styring af Spildevandssystemer



# Energifleksibilitet i Spildevandsbehandling



# Energifleksibilitet i spildevandsbehandling

## Potentiale for Energifleksibilitet:

- Slam -> Biogas -> Gas turbine -> Elektricitet
- El-fleksibilitet i styringen af beluftningen
- El-fleksibilitet i styring af pumperne i afløbssystemet

## Kriterier for optimal styring:

- Reduktion af driftsomkostninger
- Minimere koncentrationen i udløb
- Minimere sandsynligheden for overløb

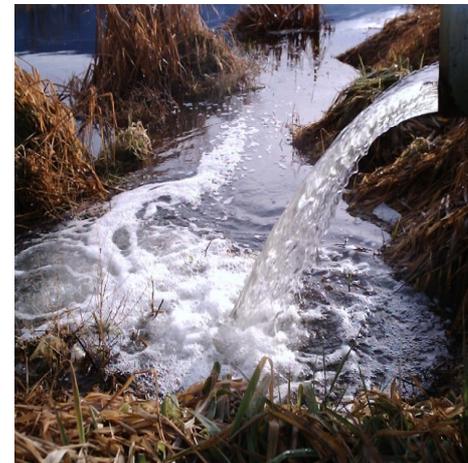
# Optimal Styring af Rensningsanlæg



# Baggrund

- Rensningsanlæg (WWTP) er en vigtig del af et moderne samfund
- WWTP reducerer mængden af næringsstoffer som udledes til miljøet

	Inden WWTP	Efter WWTP
BOD5	230-560 mg/l	<10 mg/l
Total-N	30-100 mg/l	<8 mg/l
Ammo nium	20-75 mg/l	<2 mg/l
Total-P	6-25 mg/l	<1 mg/l

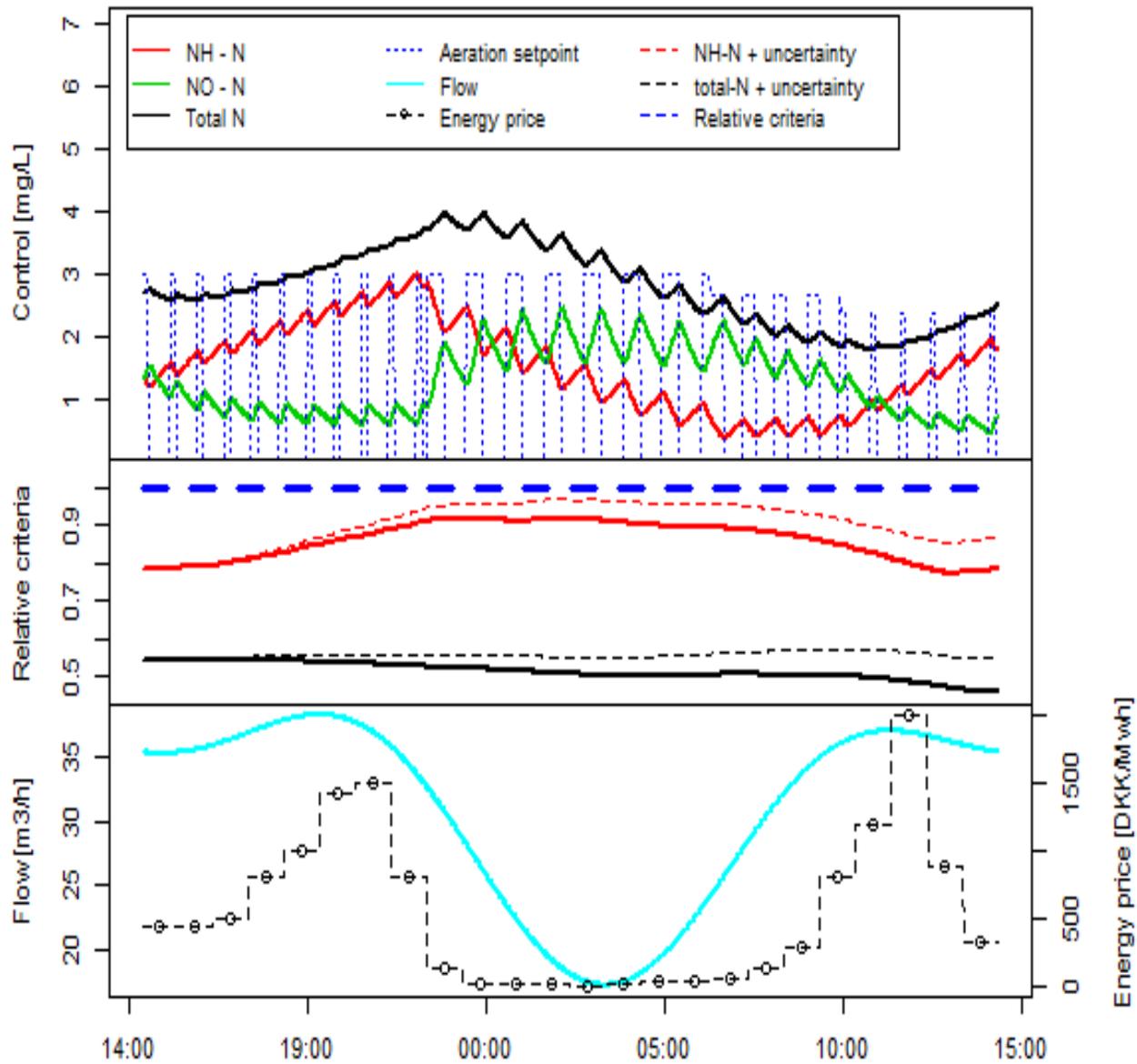


# Anlægstyring - Formål

- Etablere en model som kan anvende online data til styringen
- Formulere en real-time optimeringsproblem
- Installation på Nørre Snede rensningsanlæg



# Resultater fra Nørre Snede



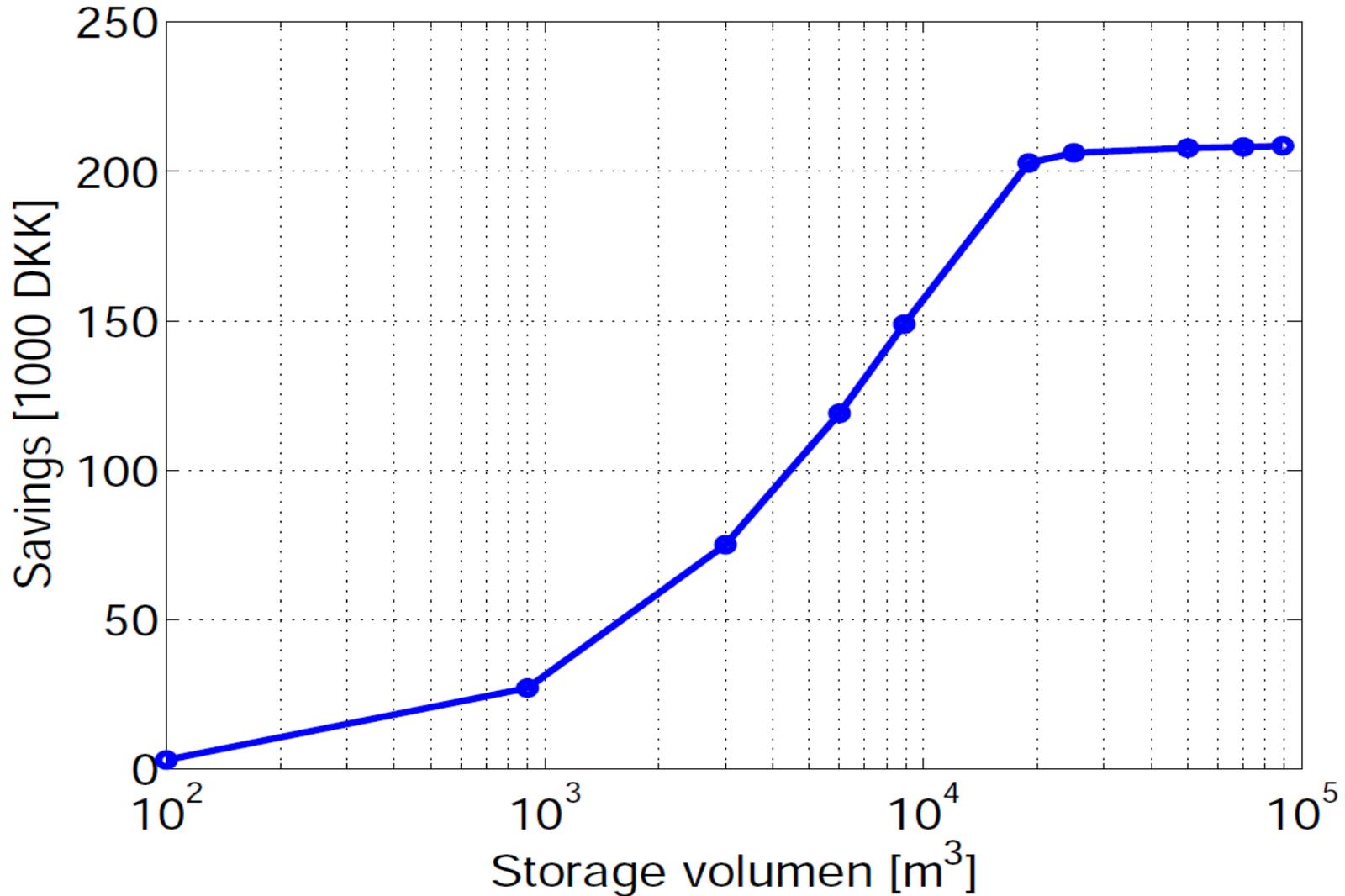
# Optimal Styring af Afløbssystemer



# Kolding WWTP



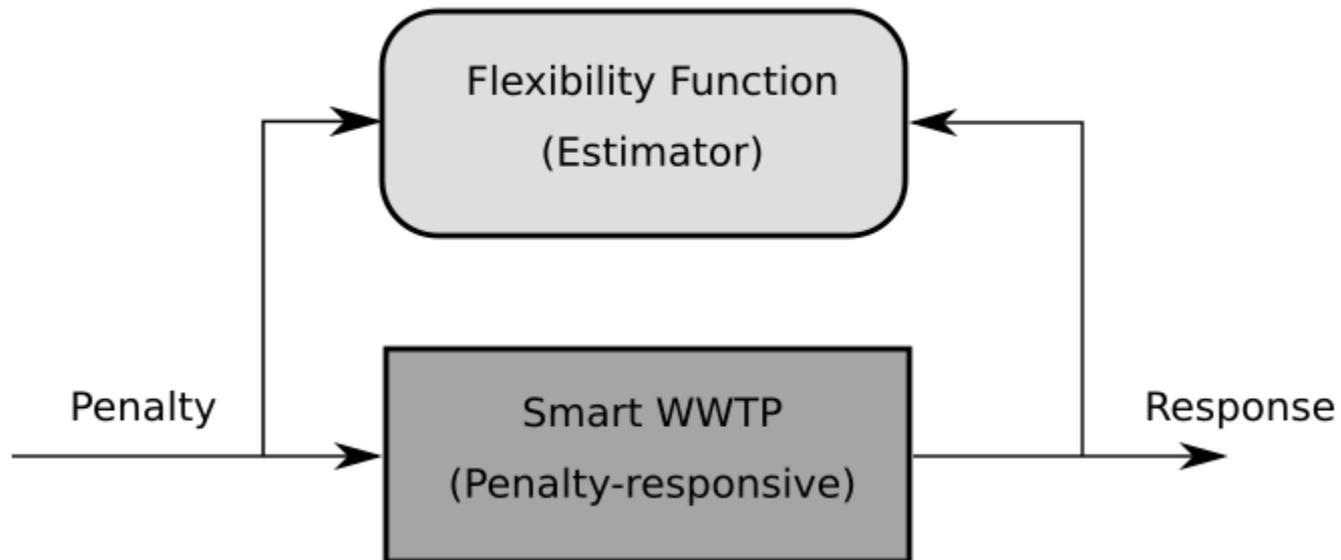
# Styring af afløbssystem - Årlig besparelse



# Fleksibilitets-Funktionen



# Fleksibilitetsfunktion



# Fleksibilitetsfunktion

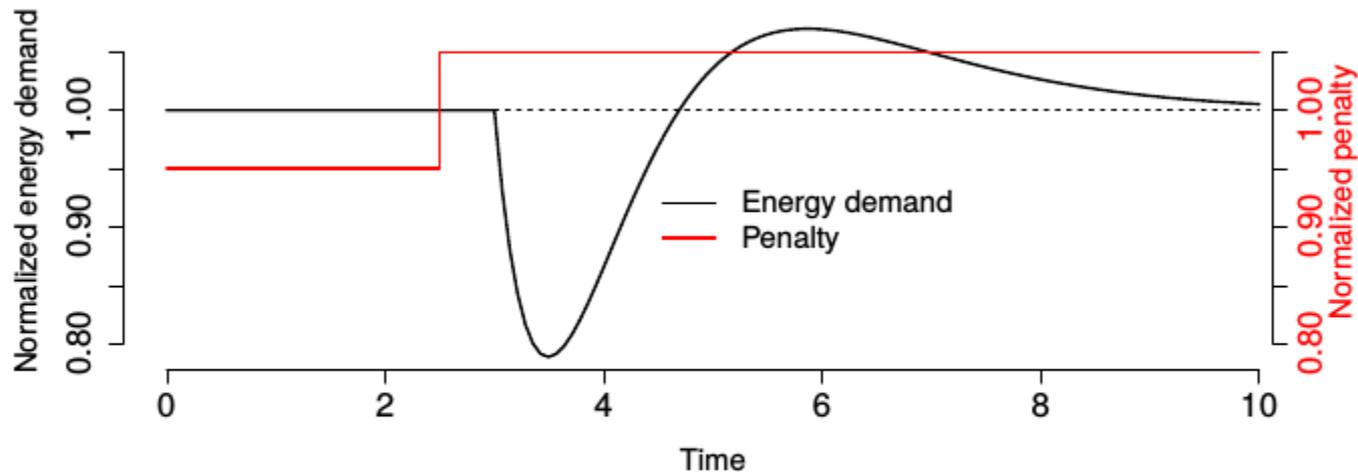
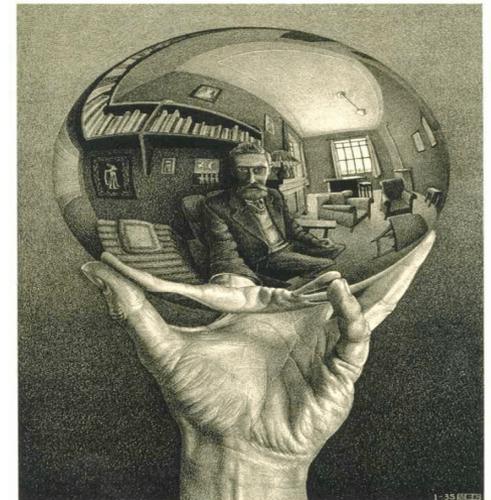


Figure 2: The energy consumption before and after an increase in penalty. The red line shows the normalized penalty while the black line shows the normalized energy consumption. The time scale could be very short with the units being seconds or longer with units of hours. At time 2.5 the penalty is increased,

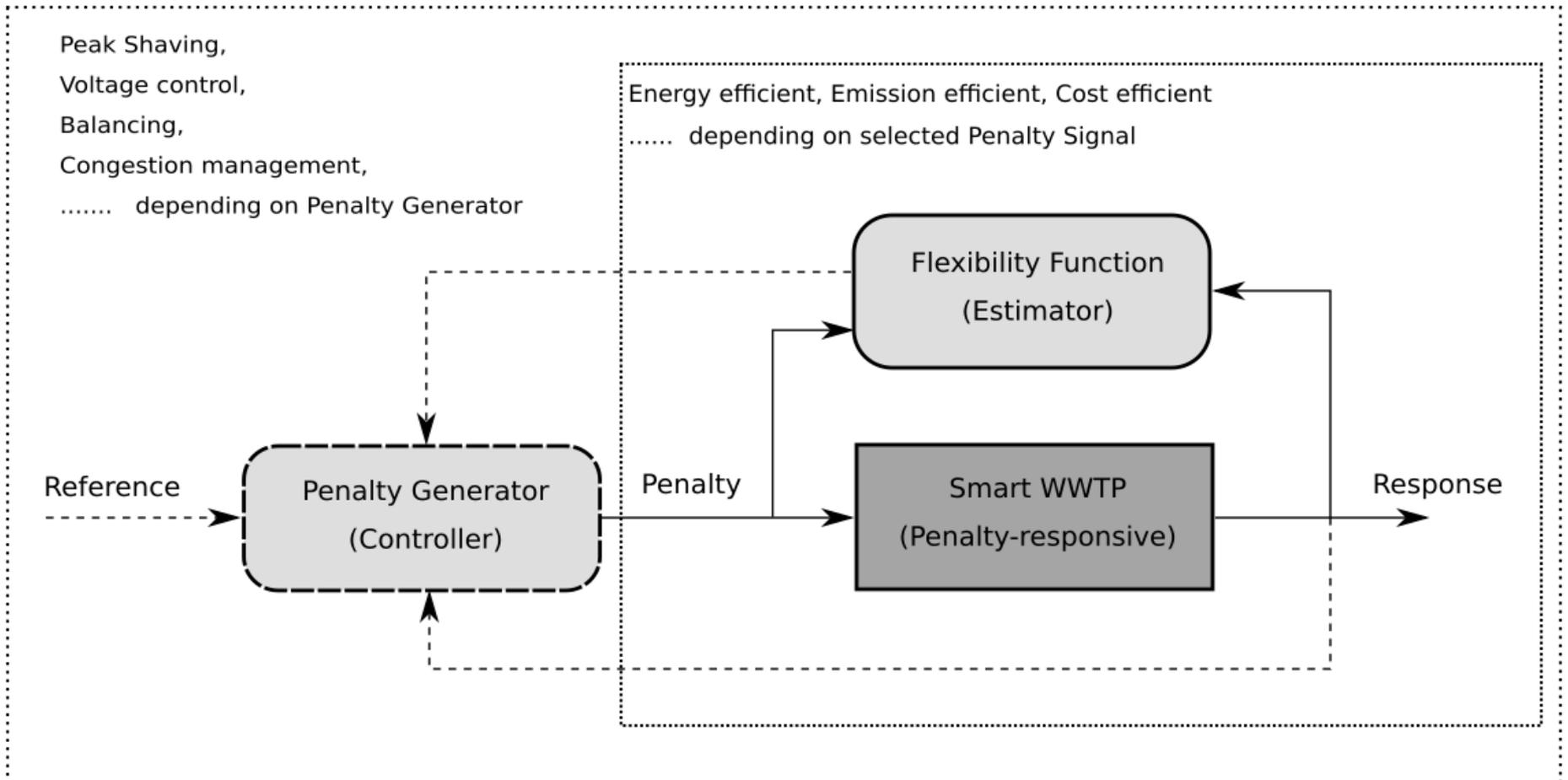
# Mulige Styringskriterier

## Valg af penalty signal

- Omkostningseffektiv (penalty = priser på el-markeder)
- Energieffektiv (penalty = konstant)
- CO2 minimering (penalty = CO2 signal)



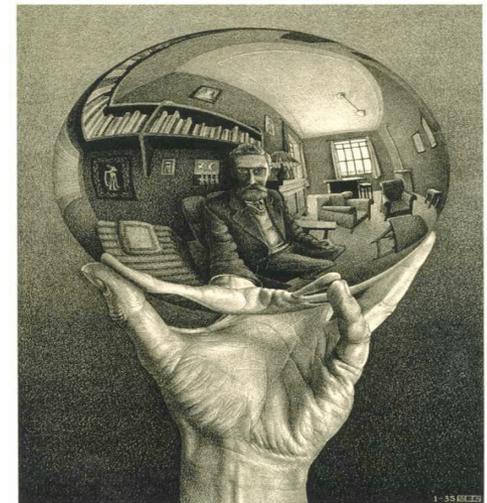
# Smart Grid Styring af Spildevandssystemer



# Energi-Fleksibilitet

## Nogle Demo Projekter i CITIES

- Styring af rensningsanlæg (Kruger, ..)
- Varmepumper (Grundfos, ENFOR, ..)
- Køling i supermarkeder (Danfoss, TI, ..)
- Sommerhuse (Novasol, SE, ENFOR, ..)
- Væksthuse (NeoGrid, ENFOR, ....)
- Fjernvarmeverker (Ørsted, EnergiFyn, ...)
- Industriel produktion
- El-biler (charging)
- .....





## Topics



# Tak for opmærksomheden!

For yderligere information:

[hmad@dtu.dk](mailto:hmad@dtu.dk)

