

DTU



Henrik W. Bindner, Seniorforsker  
Greve, 24.03-2022

# Intelligente løsninger gør systemet billigere

# Henrik W. Bindner, Seniorforsker, MSc



Leder af  
forskningsgruppe

- DTU (Risø) siden 1990
- Arbejder med
  - Multi-energisystemer: El, varme, PtX
  - Sektorkobling: sammenkobling mellem fx el og varme-systemer
  - Flexibilitet: hvordan forbrug kan styres så det gavner det samlede system

# Fremtidige mål og midler

## For at nå emissionsreduktionerne i 2030 og 2050

- Der skal ske en meget stor udbygning af vedvarende energi især vind og sol
- Electrificering af transport, opvarming and industrielle processer via sektorkobling
- Digitalisering for at opnå en forbedret drift og for at åbne nye forretningsmuligheder
- Udvikling og integration af Power-to-X teknologier til e-brændsler

### Det giver

- Mere komplekse systemer
- Interaktion mellem komplekse plants and systemer
- Interaktion mellem mange aktive distribuerede enheder, netværk og aktører

## Fremtidens grønne løsninger

Strategi for investeringer i grøn forskning, teknologi og innovation

September 2020

Fangst og lagring eller anvendelse af CO<sub>2</sub>

Grønne brændstoffer til transport og industri (Power-to-X mv)

Klima- og miljøvenligt landbrug og fodevareproduktion

Genanvendelse

# Vindkraftkapacitet og vindkrafts andel af indenlandsk elforsyning

- Vindenergiandelen i 2019 nåede mere end 46% af elforbruget
- Solenergi dækker ca 3% af elforbruget
- Der er lange perioder hvor vindenergi dækker forbruget og der er perioder hvor der næsten ingen vind er:

**January 2014:**

Danish wind power generation: 63.3% of the electricity consumption

**December 21<sup>th</sup> 2013:**

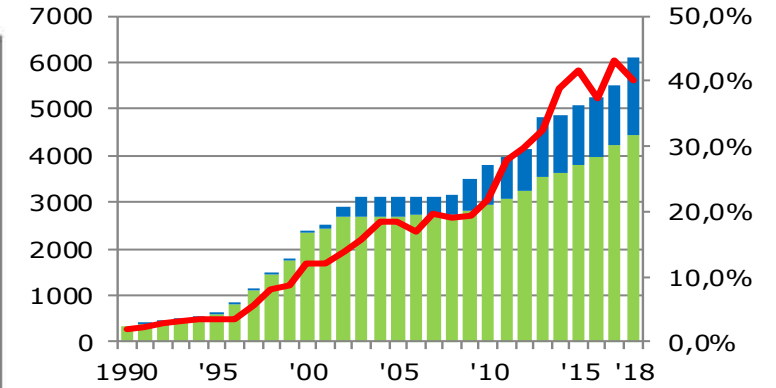
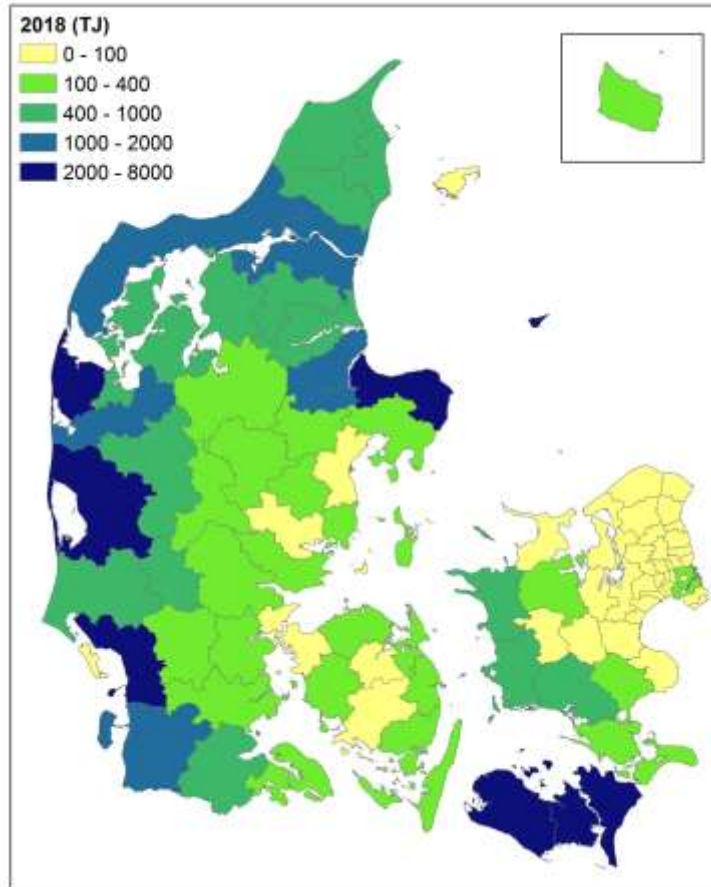
Danish wind power generation: 102% of the electricity consumption

**Single hour July 9<sup>th</sup> 2015:**

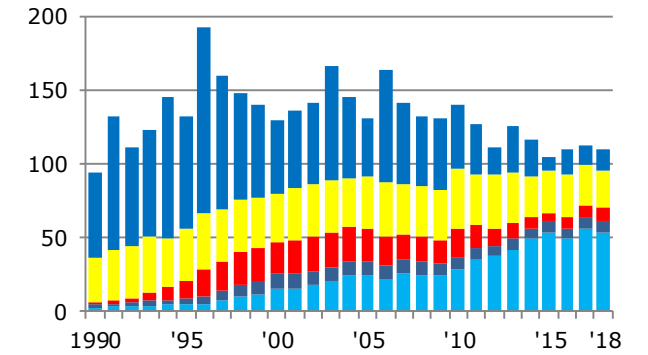
Danish wind power generation: 140% of the electricity consumption

**March 11<sup>th</sup> 2014:**

*only* 9 MW wind power generated out of installed 4,900 MW *but* 480 MW out of 580 MW solar units supplied the grid

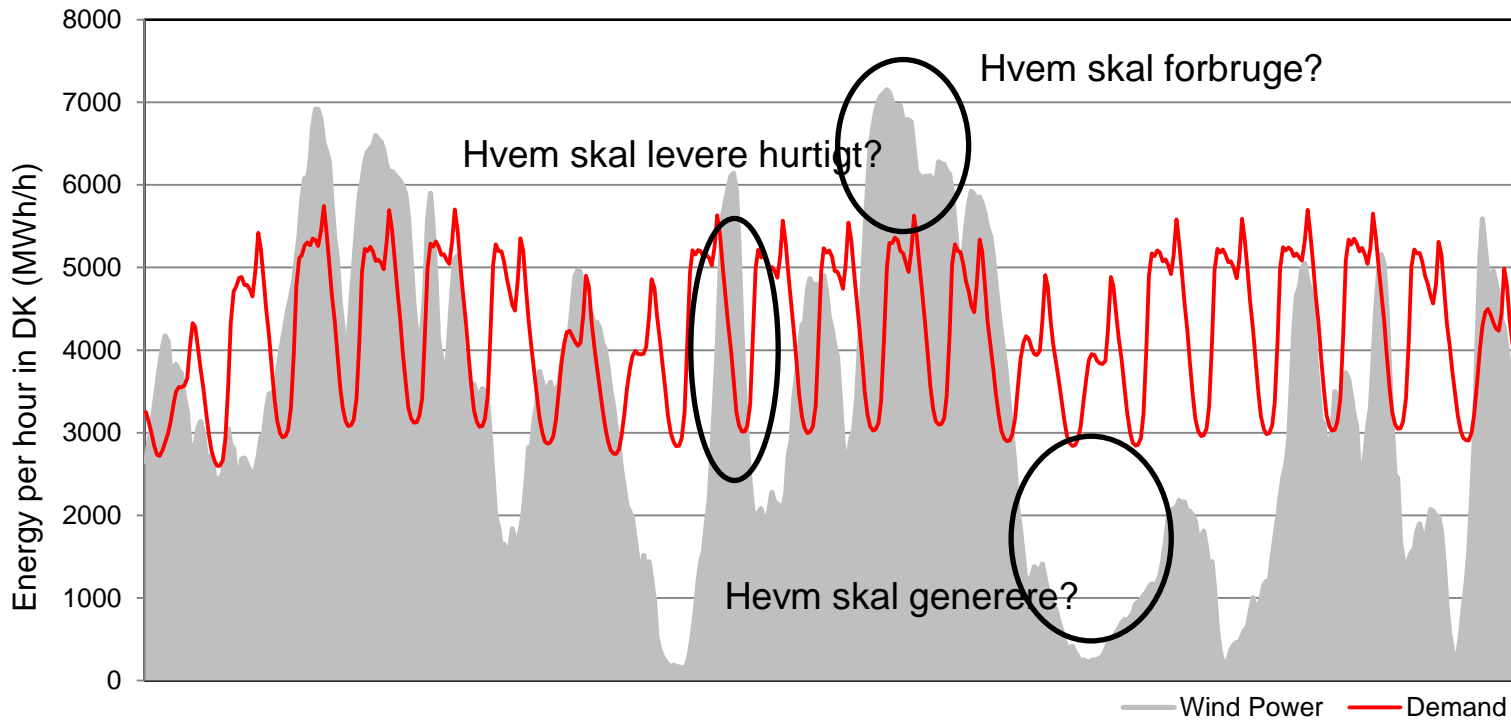


— Kapacitet, havvindmøller [MW]  
— Kapacitet, landvindmøller [MW]  
— Vindkraft i pct. af indenlandsk elforsyning



■ Centrale anlæg, separat produktion  
■ Centrale anlæg, kraftvarmeproduktion  
■ Decentrale kraftvarmeanlæg  
■ Sekundære producenter  
■ Vind-, sol- og vandkraftanlæg

# Udfordringen i elsystemet



The power system has to be safe, reliable and in balance at all time instances

The fraction of renewable energy will increase as we are moving towards a fossil free system

Wind and solar power has inherent fluctuations and limited predictability

There will be a substitution of fossil fuels for electricity

Increased consumption and changed consumption pattern

- Control of distributed resources for service provision at different time scales

# HER ER FREMTIDENS ENERGI LØSNINGER

CHRISTINA TÆKKER >

**KOORDINERING AF SYSTEMER**  
EnergyLab Nordhavn skal forbedre fleksibiliteten i energisystemet ved at udvikle datasystemer, der kan styre, regulere, overvåge og balancere produktion og forbrug af el og varme. PowerLab-faciliteterne på DTU håndterer data for EnergyLab Nordhavn.

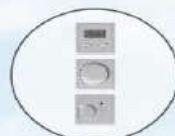


**VARMELAGER**  
En stigende andel af vedvarende energi i vores elsystem betyder, at produktionen svinger. Dette kan kompenseres ved at lagre energien. Projektet afprøver derfor løsninger, hvor vand bliver opvarmet og lagret, når der er overskud af strøm på forsyningsnettet. Varmelageret er placeret på det eksisterende kraft-varmerværk på Amager, som i fremtiden baseres på 100 pct. bæredygtig biomasse.



**SHOWROOM**  
I stueetagen i en af Nordhavns siloer kan besøgende se en udstilling om byudviklingsområdet Nordhavn og EnergyLab Nordhavn. Her kan man bl.a. læse om samspillet mellem de teknologier, der bliver udviklet i EnergyLab Nordhavn og senere få et indblik i projektets nye forretningsmodeller.

**NYE FORRETNINGSMODELLER**  
Projektet vil udvikle nye forretningsmodeller, som f.eks. muligheden for at beboerne kan købe indeklimatekomfort i form af en bestemt temperatur i stedet for kWh.



**ELEKTRISK OPVARMNING**  
I lejlighederne lagres overskydende strøm som varme i elektriske radiatorer, mens energi lagres i varmtvandsbeholdere, når der er overskud af elektricitet på nettet. Varme og energi kan opvarme bygningen eller levere varmt vand på et senere tidspunkt.



**GRØN TRANSPORT**  
Nordhavn skal være et behageligt sted at bo og opholde sig. Biler parkerer i p-huse med ladestander til elbiler. Opladningen er styret i forhold til over- eller underskud af strøm i energisystemet. Beboere kan desuden benytte metroen som bæredygtigt transportmiddel.



**INTELLIGENT STYRET ENERGI**  
Hver lejlighed er forsynet med en intelligent enhed, som er forbundet med internettet. Herfra kan beboerne styre energiforbrug. Indstille præferencer for f.eks. temperatur og få ydelser fra leverandører af energiservices.



**BATTERILAGRING**  
Den vedvarende energi kommer i form af strøm - lokalt fra solcelleanlæg og nationalt fra biomasse og vindenergi. Strømmen lagres i et batteri, som er placeret i området. Batteriet kan levere strøm til f.eks. en bygning, en gruppe af bygninger eller ladestationer til elbiler.



**STYRING AF VARMEPUMPER**  
Store varmepumper i fjernvarmesystemet kan bidrage til øget fleksibilitet mellem el og varme. Varmepumperne forbruger el, når elprisen er lav, f.eks. om natten, når efterspørgslen er lille, eller når vinden er kraftig, og der derfor produceres ekstra meget strøm.

**ERHVERV**  
I projektet etableres varmeløsninger, hvor energien udnyttes optimalt i bygningerne eller i samspil mellem eltransmission, -distribution og fjernvarme. Decentrale varmepumper i erhvervskontorer udveksler varme med lejligheder, der i stedet afgiver køling til kontorerne.

**VARMEUDVEKSLING**  
I fremtiden vil beboere få en mere dynamisk energiforsyning, hvor bygninger selv producerer varme og indbyrdes udveksler overskudsvarme og køling med hinanden.

**LAVTEMPERATUR-FJERNVARME**  
Der arbejdes på at udvikle lavtemperatur-fjernvarmeløsninger, hvor temperaturen er lavere end i resten af byen. De lave temperaturer kan lette vejen for lavtemperatur-varmekilder som overskudsvarme, solvarme og geotermisk varme.

**ENERGYLAB NORDHAVN OG BYUDVIKLINGSPROJEKTET NORDHAVN**  
'EnergyLab Nordhavn - nye energiinfrastrukturer i byer' er et fireårigt projekt støttet af EUDP og bidrager til udviklingen af Nordhavn som en bæredygtig bydel. Projektet har et budget på 129 mio. kr. Bag projektet står DTU, Københavns Kommune, By & Havn, Hofer, Dong Energy, ABB, Balslev, CleanCharge, Metro Therm, Glen Dimplex og PowerLabDK, der er en eksperimentel platform for el og energi. Nordhavn bliver udviklet af Udviklingselskabet By & Havn I/S.

Læs mere på [energylabnordhavn.dk](http://energylabnordhavn.dk)

# Belasning i fremtidens distributionsnet

Når der kommer både solceller, elbiler og varmepumper

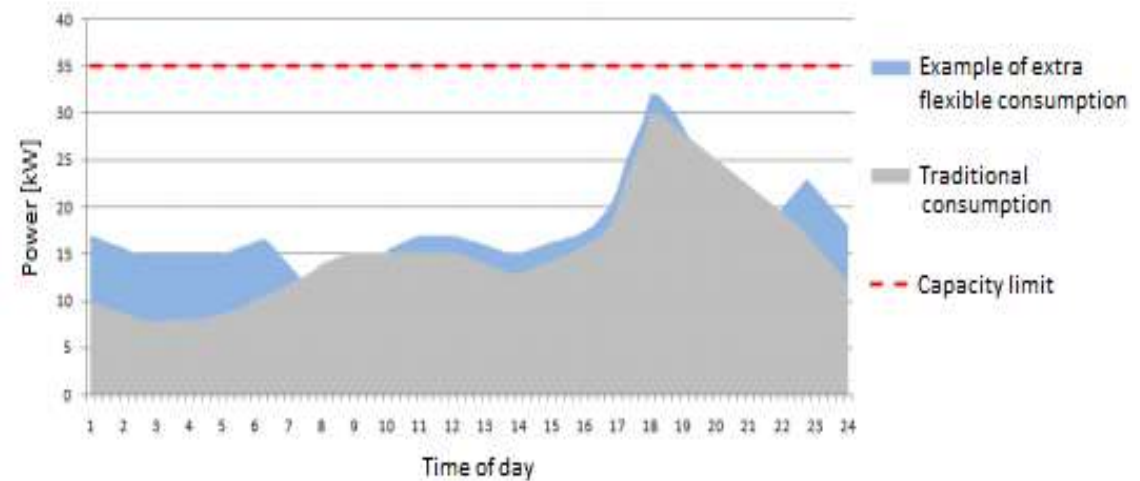
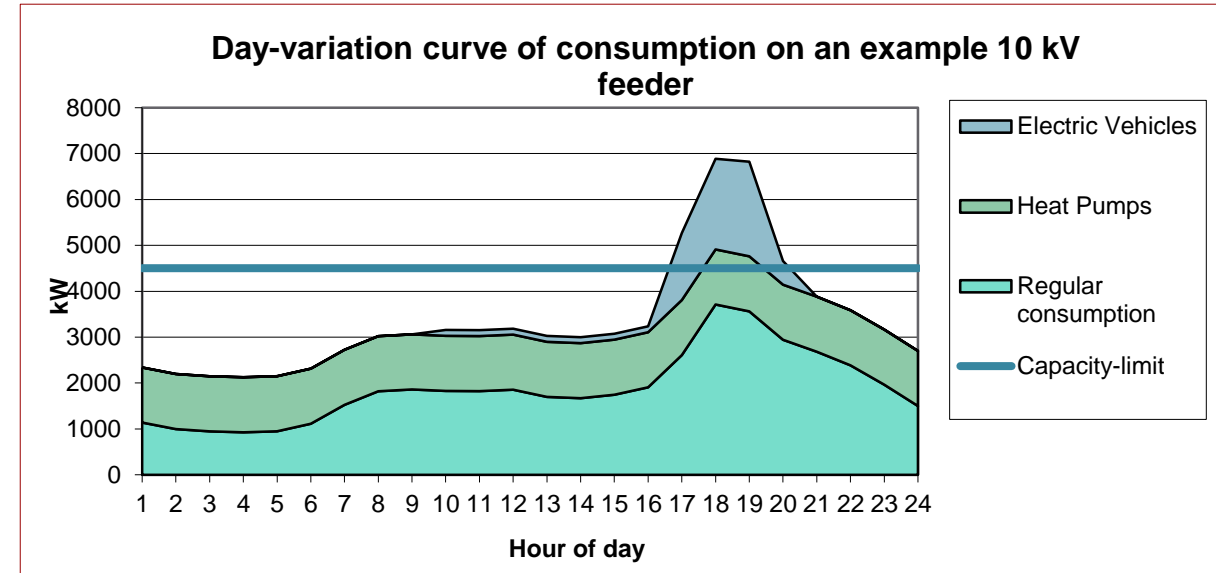
- Kan spændingen blive for høj når solen skinner og der ikke er meget forbrug
- Kan spændingen blive for lav når der ikke er sol og alt forbrug er i gang
- Kan det blive overbelastet pga. af for høj strøm



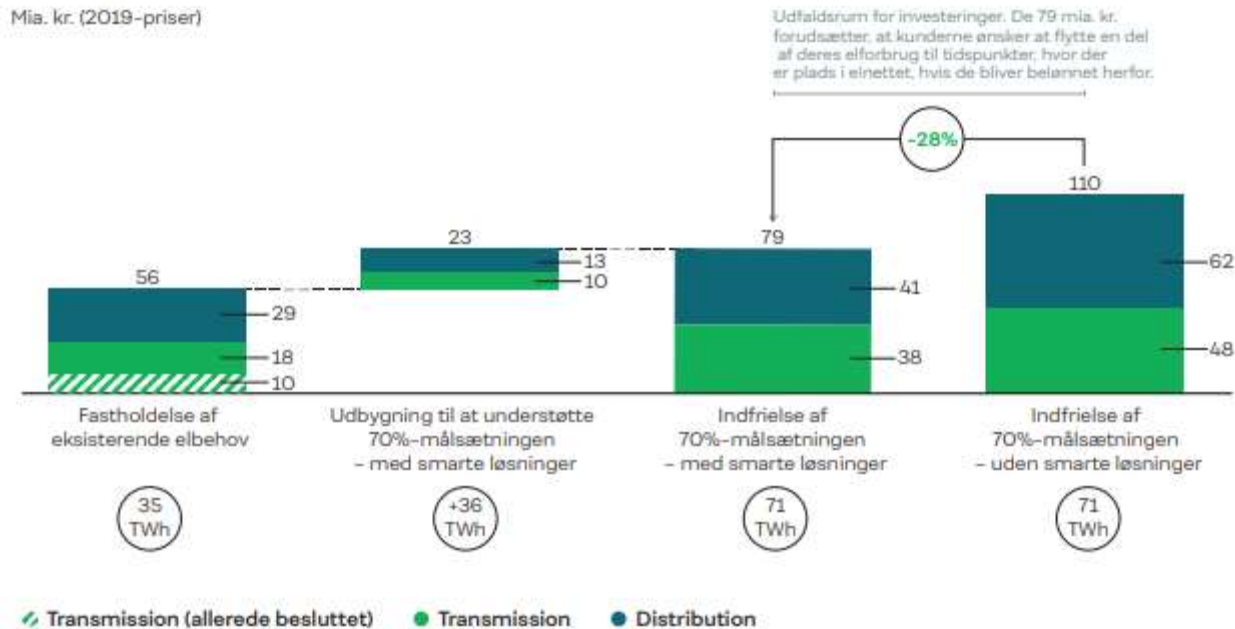


# Forbrugskurve når der er elektrificeret transport og varme

- Hvis der ikke gøres noget bliver distributionsnettet overbelastet
- Noget af forbruget er fleksibelt og kan flyttes så de største spidser undgås



# Den 'smarte vej' er den billigste vej...

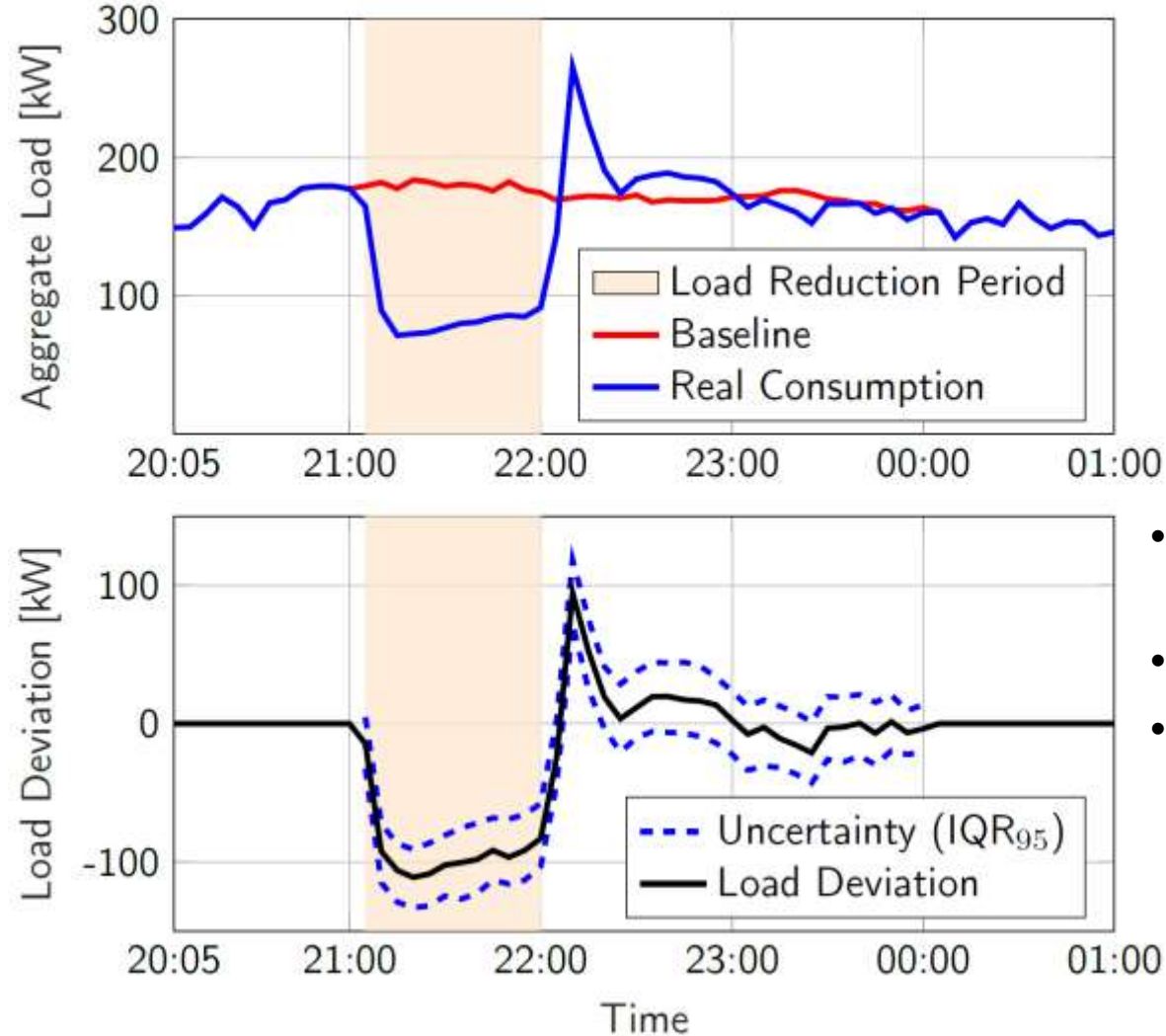


- Opfyldelse af 70%-målsætningen i 2030 vil kræve elektrificering og ny net-infrastruktur
  - Uden smarte løsninger: **110 mia. kr.**
  - Med smarte løsninger: **79 mia. kr.**
- En besparelse på **31 mia. kr** frem til 2030 ved at gøre det smart.

Ref.: Klimapartnerskabet for Energi og Forsyning.

# Demand response

- Load reduction from heaters and heat pumps
- Compared with estimated baseline



- Load deviation from baseline
- Service and rebound
- Estimated uncertainty for delivery and rebound period

# Flexibility model for Aggregations of residential heating

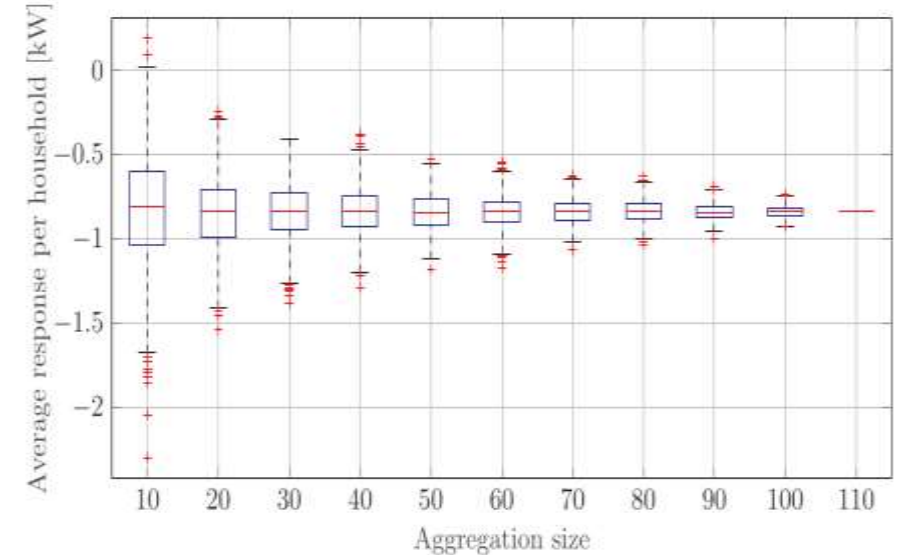
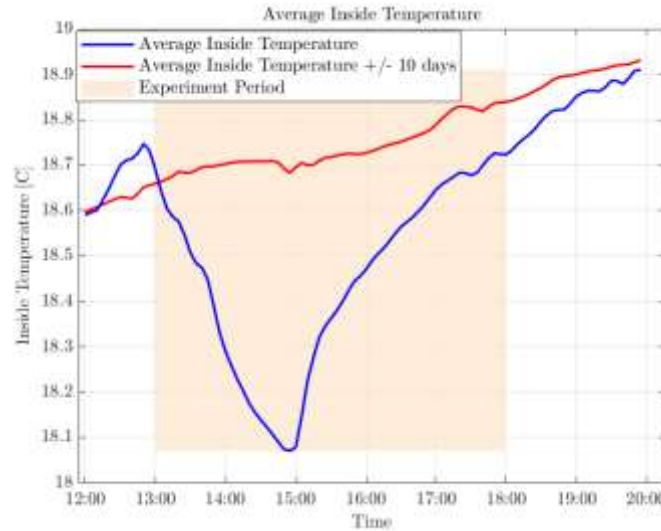
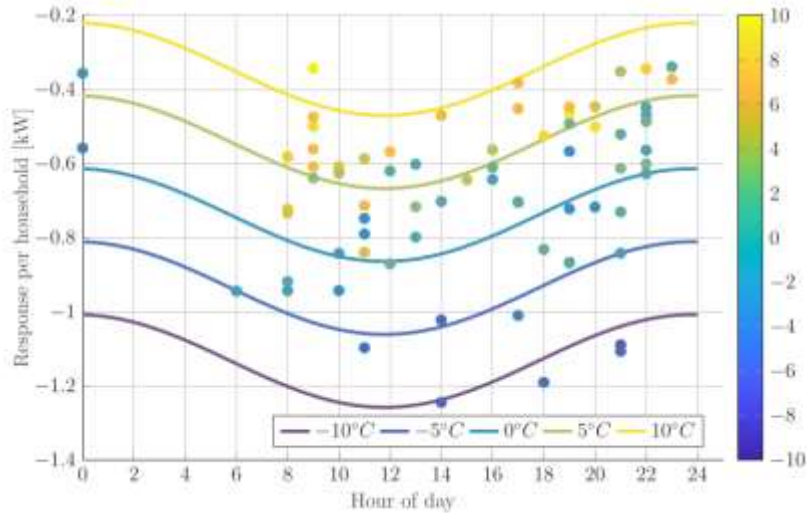


Fig. 14. Boxplot of the average response per household for varying aggregation sizes: experiment 1.

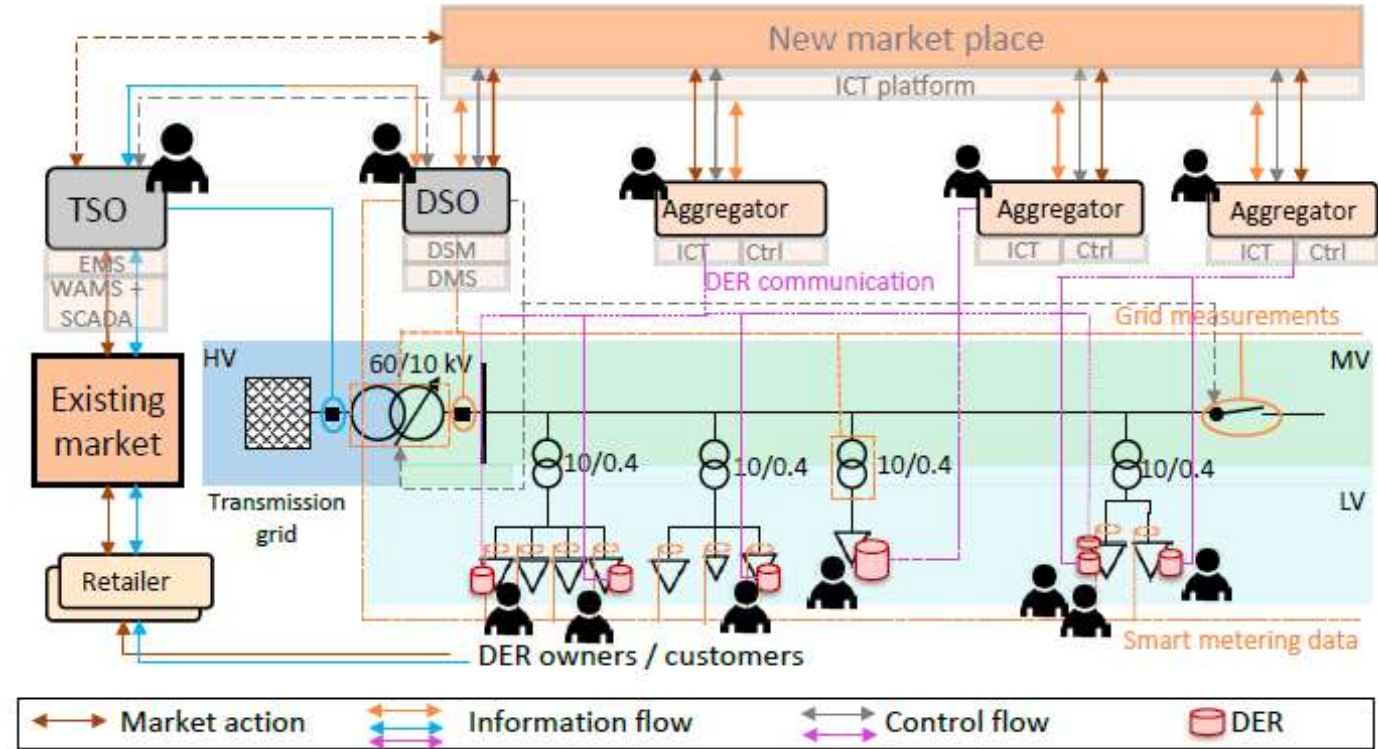
## Conclusions:

**Portfolio level flexibility model adequate and coherent with service description**

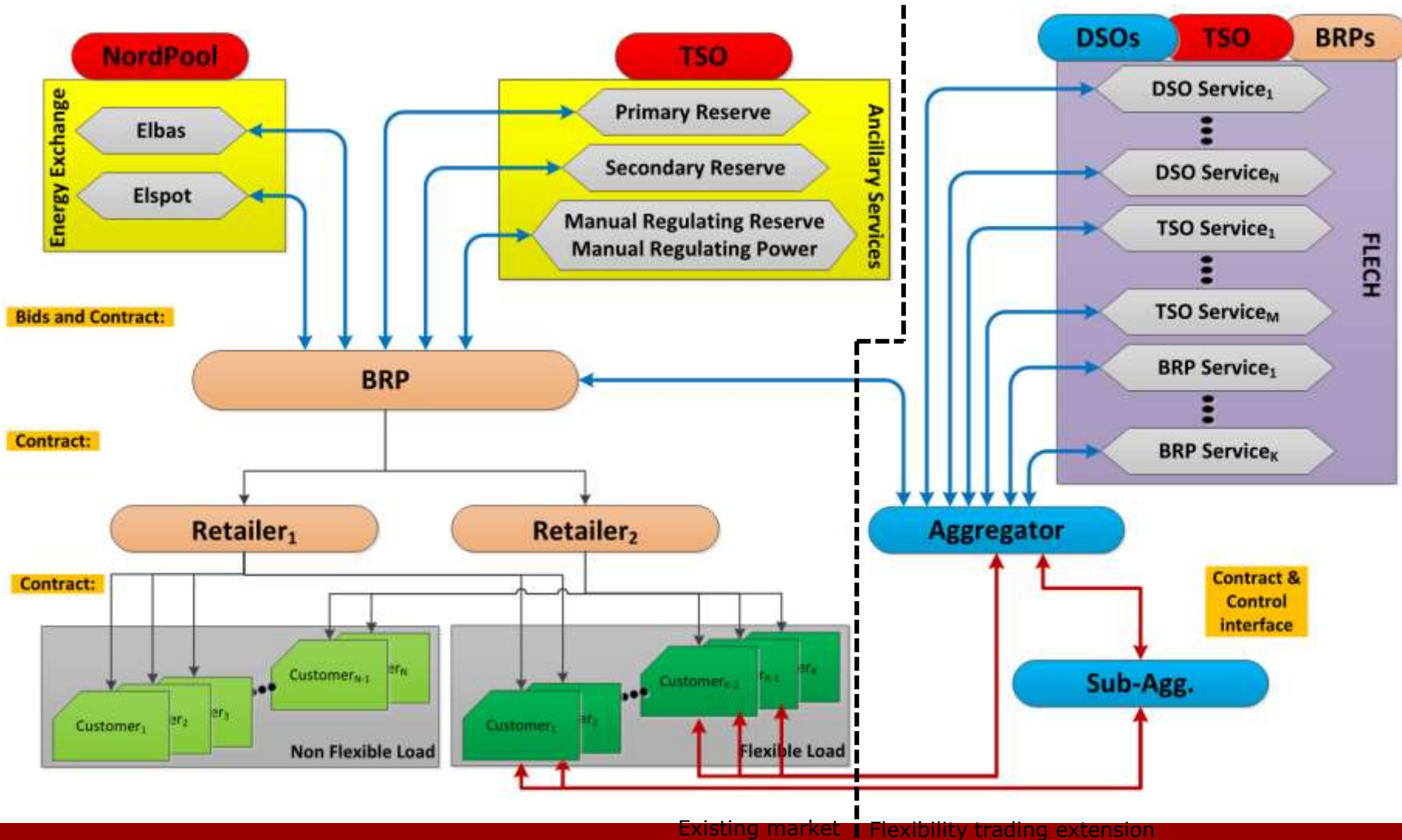
- Portfolio level flexibility model
  - Simple description of flexibility based on **meter data**
  - **Coherent with service description**
- **Service duration up to 2 hours** with this setup without significant loss of comfort
  - **Longer service duration periods are easily implemented** via portfolio control
- The **uncertainty increases significantly** as aggregation size decreases (the same holds for the baseline uncertainty)
  - Important for DSO level impact
- The average flexibility in residential heating is about 2.4kWh every four hours

# Stakeholders and roles

- Transmission System Operators **TSOs** have the responsibility of maintaining transmission system operation and a need for balancing the system
- Distribution System Operators **DSOs** have the responsibility to serve the customers and for secure and reliable operation of the distribution system
- Balance Responsible Parties **BRPs** have an incentive to meet the forecasted consumption/generation
- Distributed Energy Resources **DERs** owned by end users can provide flexibility, but it has to be organised to overcome
  - Many small contributions that have to be coordinated
  - Investment costs for making units controllable
  - Transaction costs
  - Available flexibility
- Aggregators **AGGR** can coordinate DER
  - They can be the agents on the markets for flexibility



# Aggregator/market based control as extension of existing market setup (consumption)



# Konklusion

- Energisystemet er under stor forandring
- Der kommer meget store mængder vedvarende energi
- Mange ting bliver elektrificeret
- Det giver udfordringer på system og distributionsniveau
  - Balance og forsyningssikkerhed
  - Mangel på kapacitet i distributionsnettet
- Meget af det nye forbrug er fleksibelt og kan derfor bruges til at imødegå nogle af de udfordringer
- Det kræver løsninger som både tilgode ser systemet men især forbrugeren

# EcoGrid 2.0

A new framework for exchanging flexibility

## MARKETS FOR FLEXIBILITY

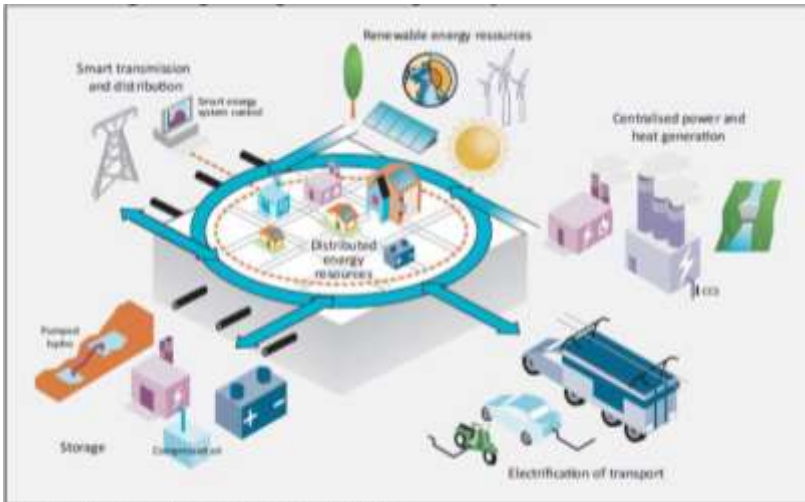
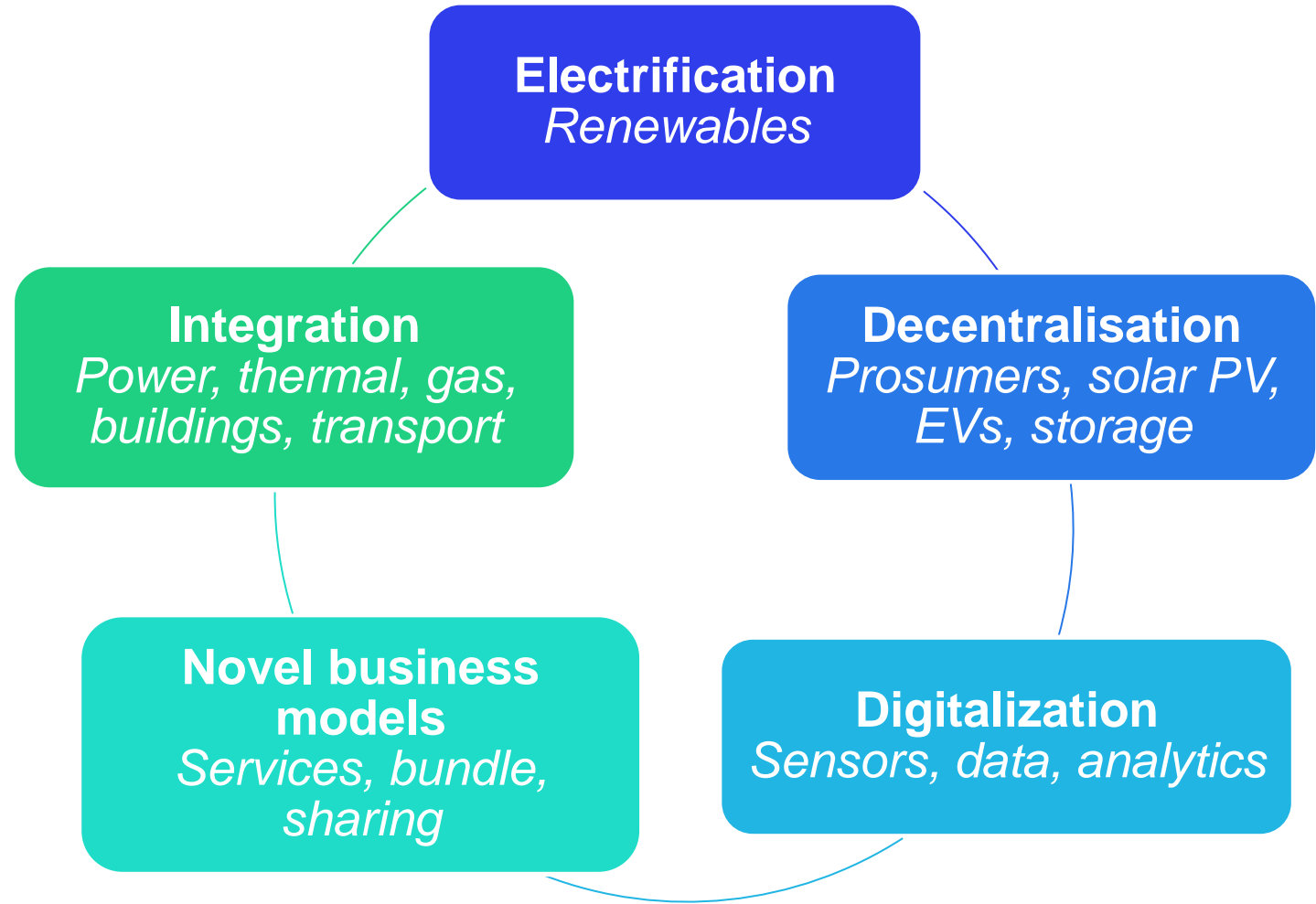




# Future Energy System

## Challenges, Focus and Development Trends

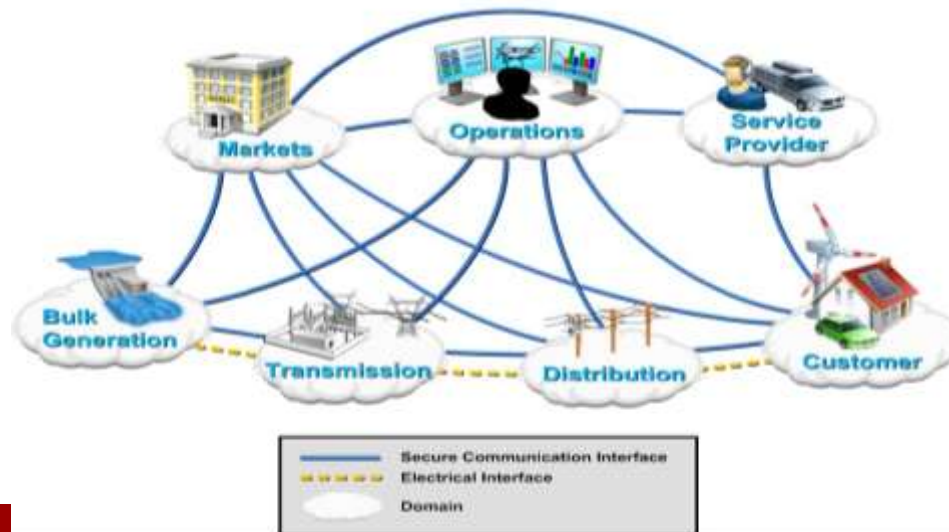
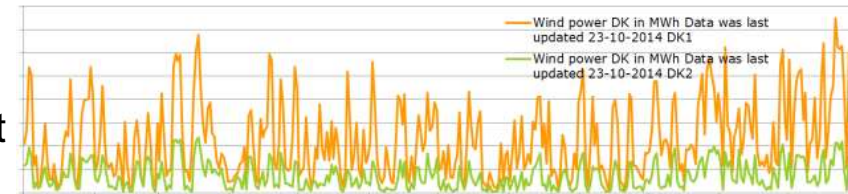
- Decarbonisation
- Cost-efficient transformation
- *Our focus: Develop a reliable, cost-efficient and sustainable energy system based on renewable energy*



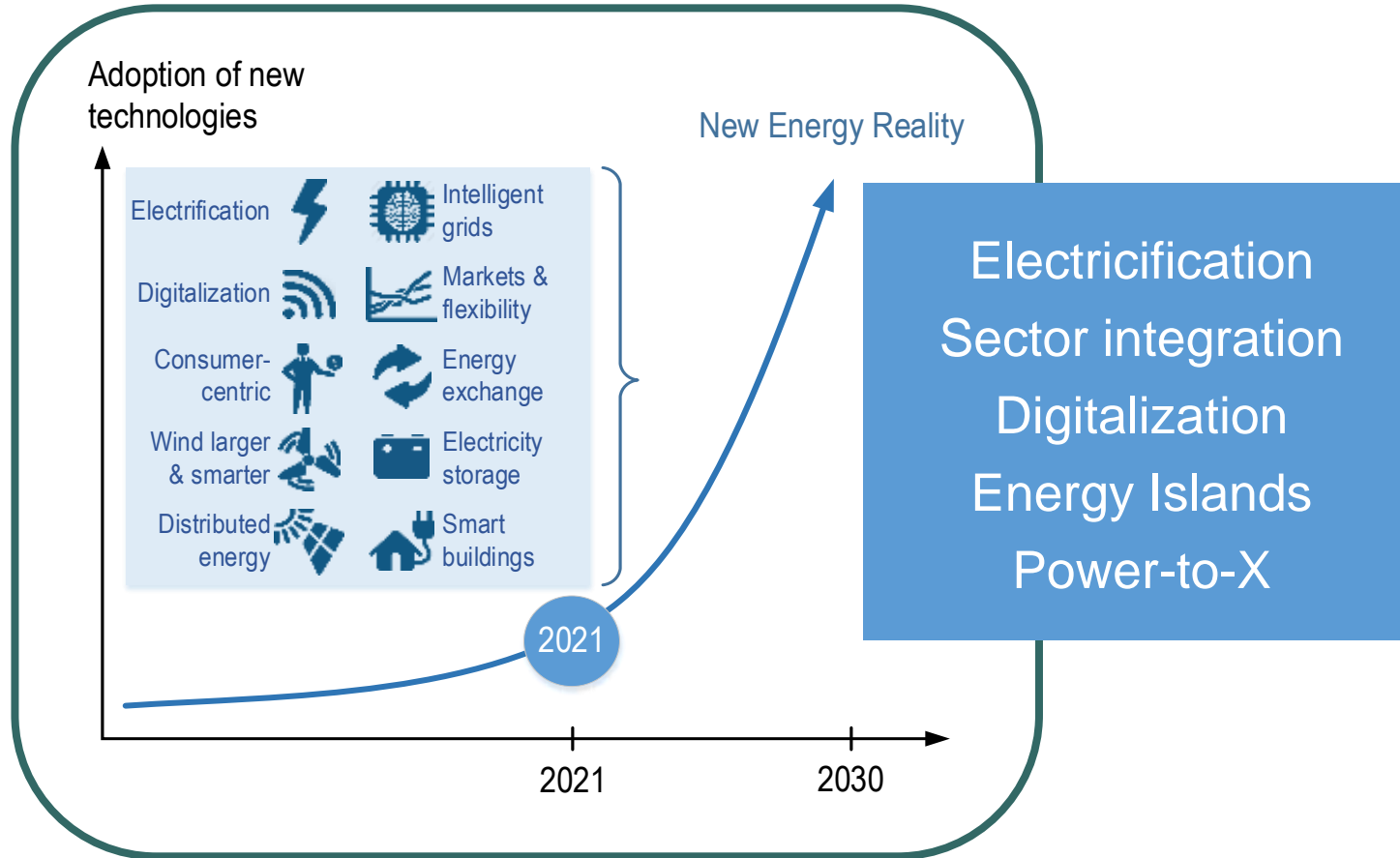
Kilde: IEAs scenario for 2050 (IEA – ETP 2014)

# System challenges and potential solutions I

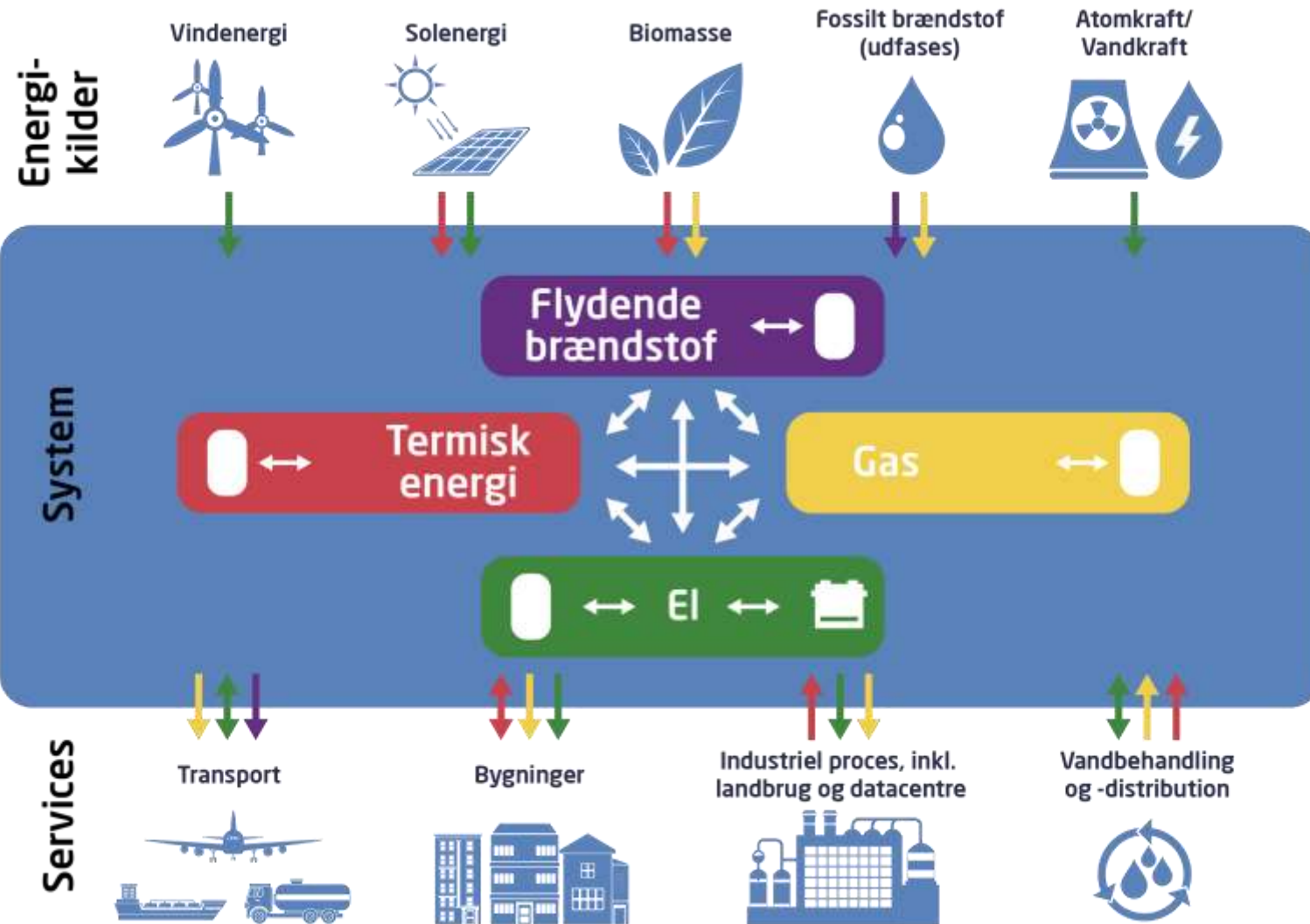
- The power system has to be safe, reliable and in balance at all time instances
- The fraction of renewable energy will increase as we are moving towards a fossil free system
  - Wind and solar power has inherent fluctuations and limited predictability
- There will be a substitution of fossil fuels for electricity
  - Increased consumption and changed consumption pattern
- Operation of the power system will increasingly be market based
  - This means a separation and clarification of responsibilities and a requirement more formal interaction between the involved parties



# Global Technology Trends



# Digitalisering binder sektorerne sammen



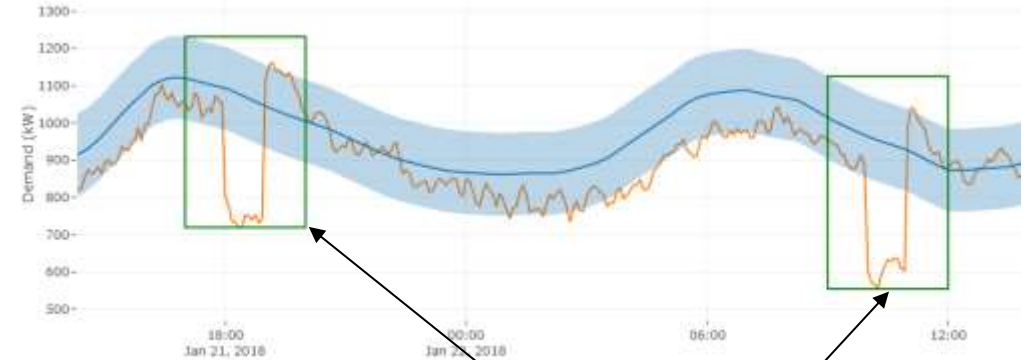
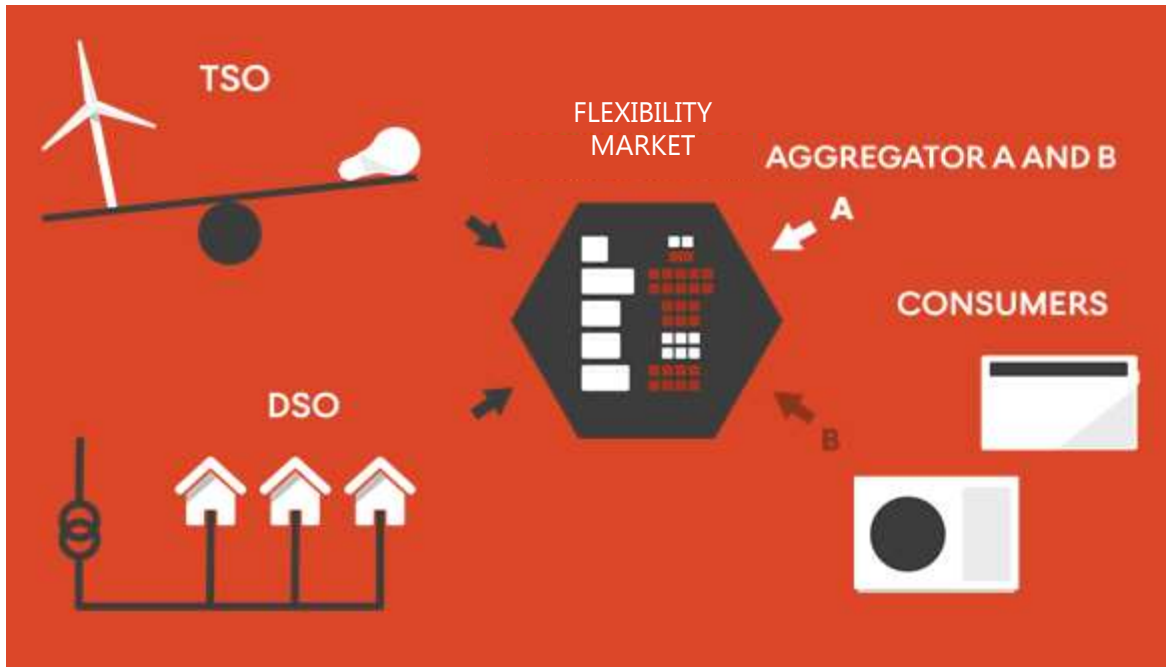


# ENERGYLAB NØRDHAVN



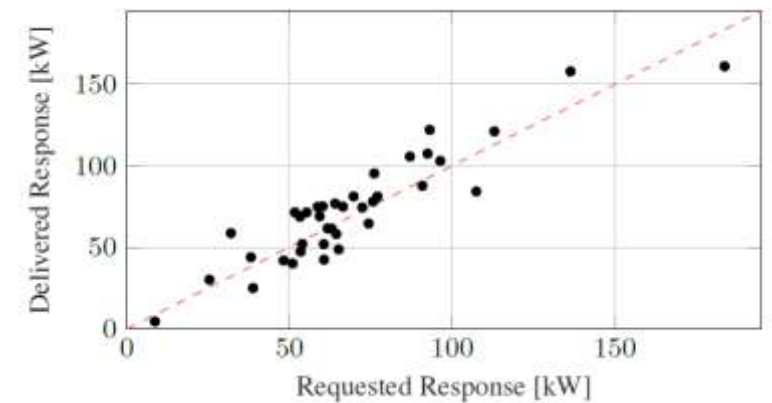
# Demonstration of flexibility market w. demand response with 800 customers at Bornholm

Market concept and actors



[www.electricitybaseline.com](http://www.electricitybaseline.com)

Demand response reactions



Evaluation of DR services at a distribution transformer

- Danmark
  - Vindenergi
  - Elektrificering
  - Udfasning af (natur)gas
  - Kobling mellem dele af energisystemet (el, varme, gas)
- Elektrificering
  - Fjernvarme
    - Varmepumper
    - Elkedler
  - Elbiler
  - Varmepumper
  - Solceller/batterier
  - Distributionsnet
  - Problemer med kapacitet
- Løsninger
  - Koordineret styring
  - Prisstyring
- Udfordringer for løsninger

