

Fremtidens forbrugsmønstre, trends og disruptive teknologier

Gorm B. Andresen

Energifondens Summer School, August 2017



Gorm Bruun Andresen
Assistant professor, Ph.d.
Smart Energy and Thermodynamics
Department of Engineering
Aarhus University

Energiforsker til Brinkmann: Vi er nødt til at gøre vedvarende energi billigst

Hvis vedvarende energi bliver den billigste løsning, er det ikke så vigtigt, hvad politikerne beslutter. Energiforsker opfordrer til at satse på velprøvede teknologier som vind og sol for at begrænse klimaændringer i tide.



TOPHISTORIER



Klimaforandringer betyder mere og voldsommere nedbør



EU-Kommissionen foreslår stop for fiskeri af den truede ål



Professor: Borgmester og bygherrer forhindrer ideel klimasikring

SENESTE VIDEN

► Studerende sætter Hyperloop-hastighedsrekord

29. AUG. 2017 KL. 14.03

Kilde: dr.dk

Klimaforandringer venter ikke på at vi opfinder den rigtige teknologi

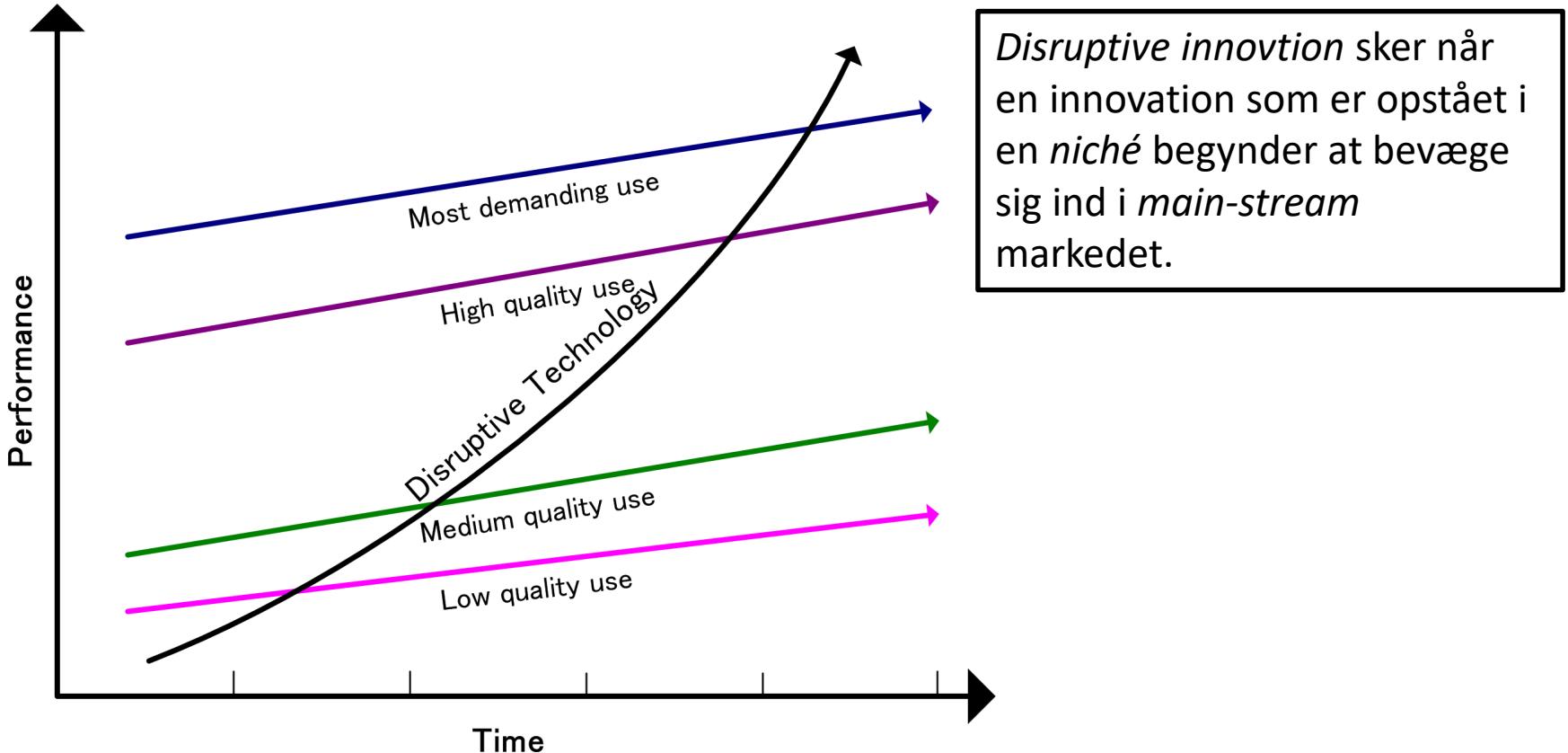
VI HAR EN DEADLINE



Vind og anden VE produktion fungerer som “grønne” game-changers i energisystemet

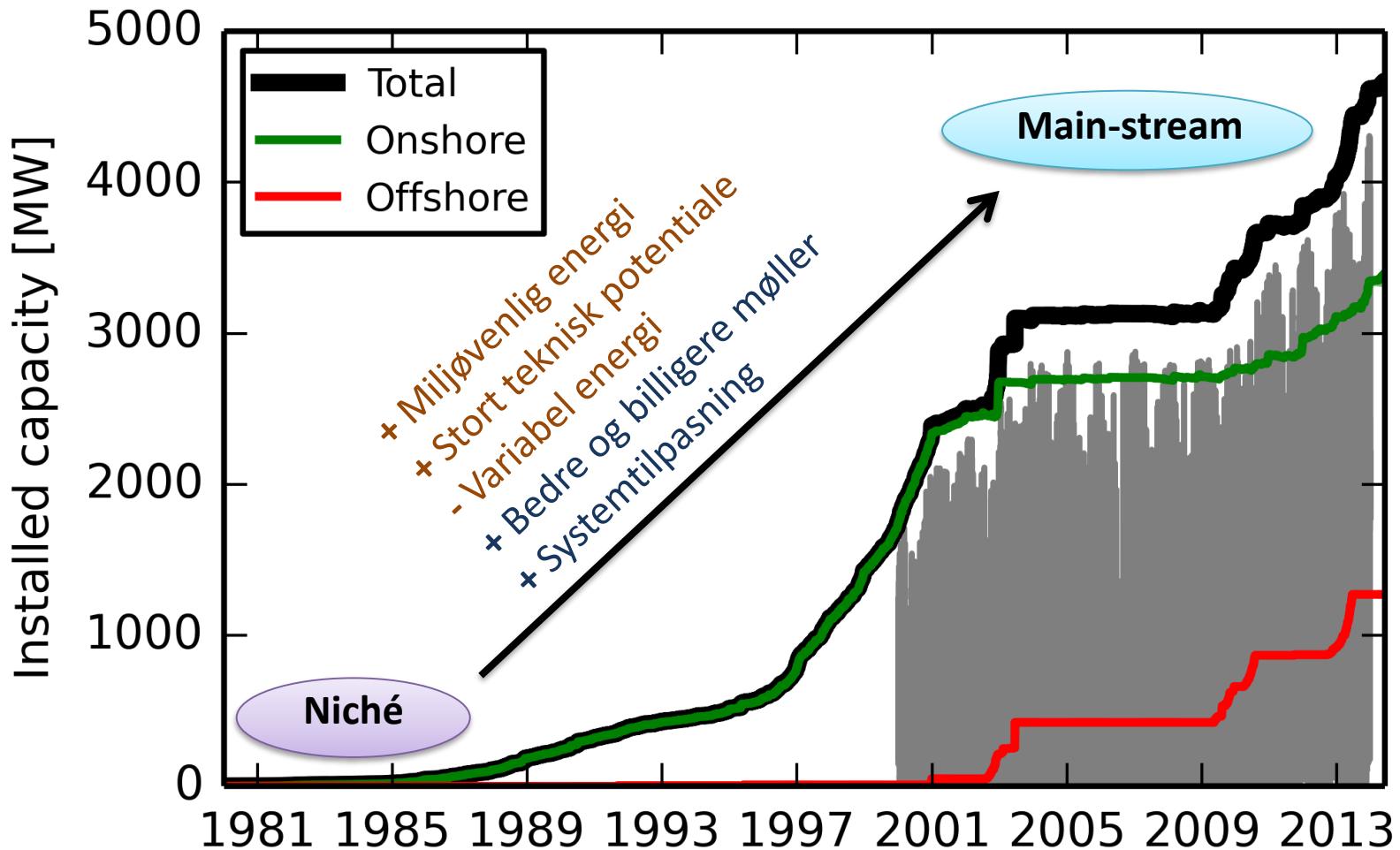
VIND SOM DISRUPTIVE INNOVATION

Disruptive innovation



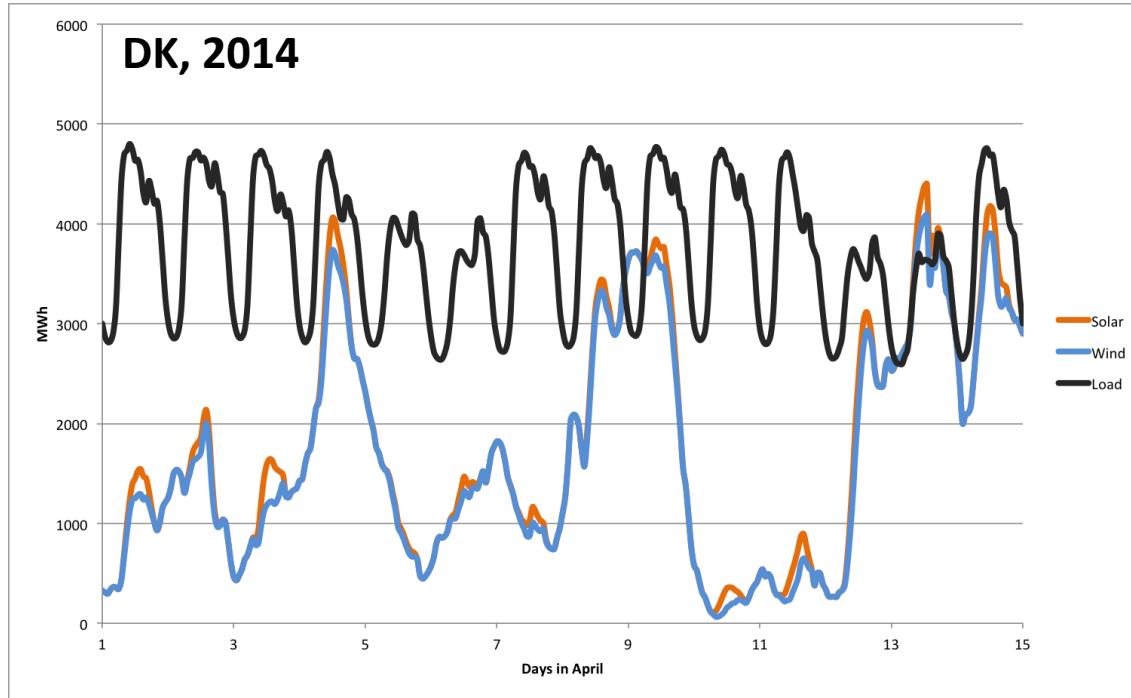
Harvard Business Review: <https://hbr.org/1995/01/disruptive-technologies-catching-the-wave>

Vindkraft har karakter af disruptiv innovation

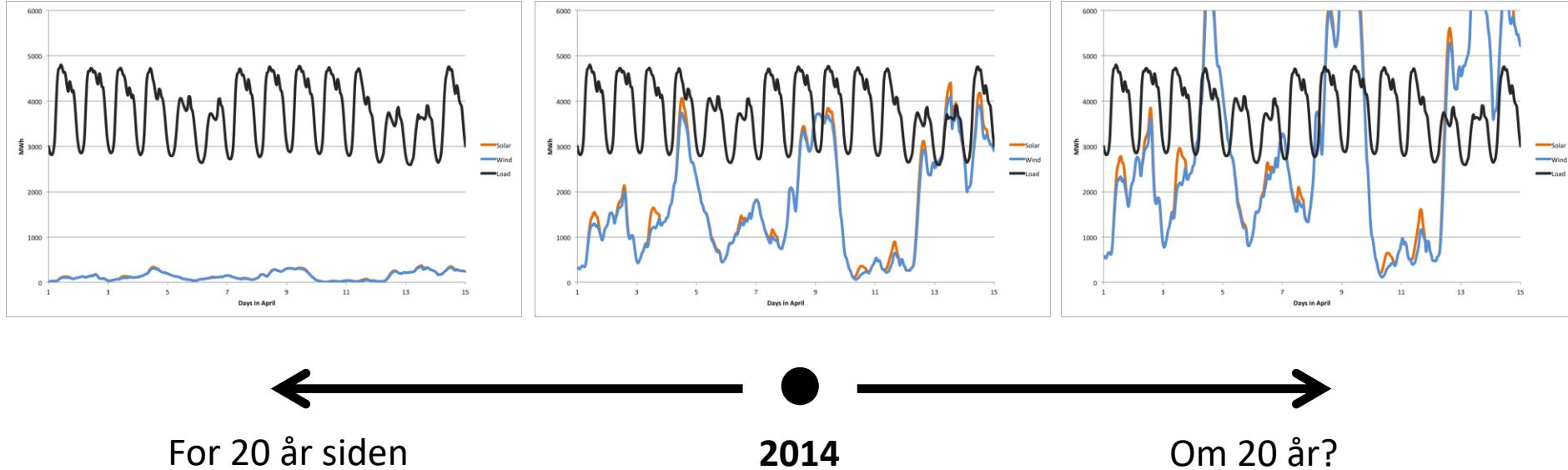


G.B. Andresen et al. "Validation of Danish wind time series from a new global renewable energy atlas for energy system analysis", *Energy* 93 (2015).

Konsekvenser af vind og anden VE som main-stream teknologier

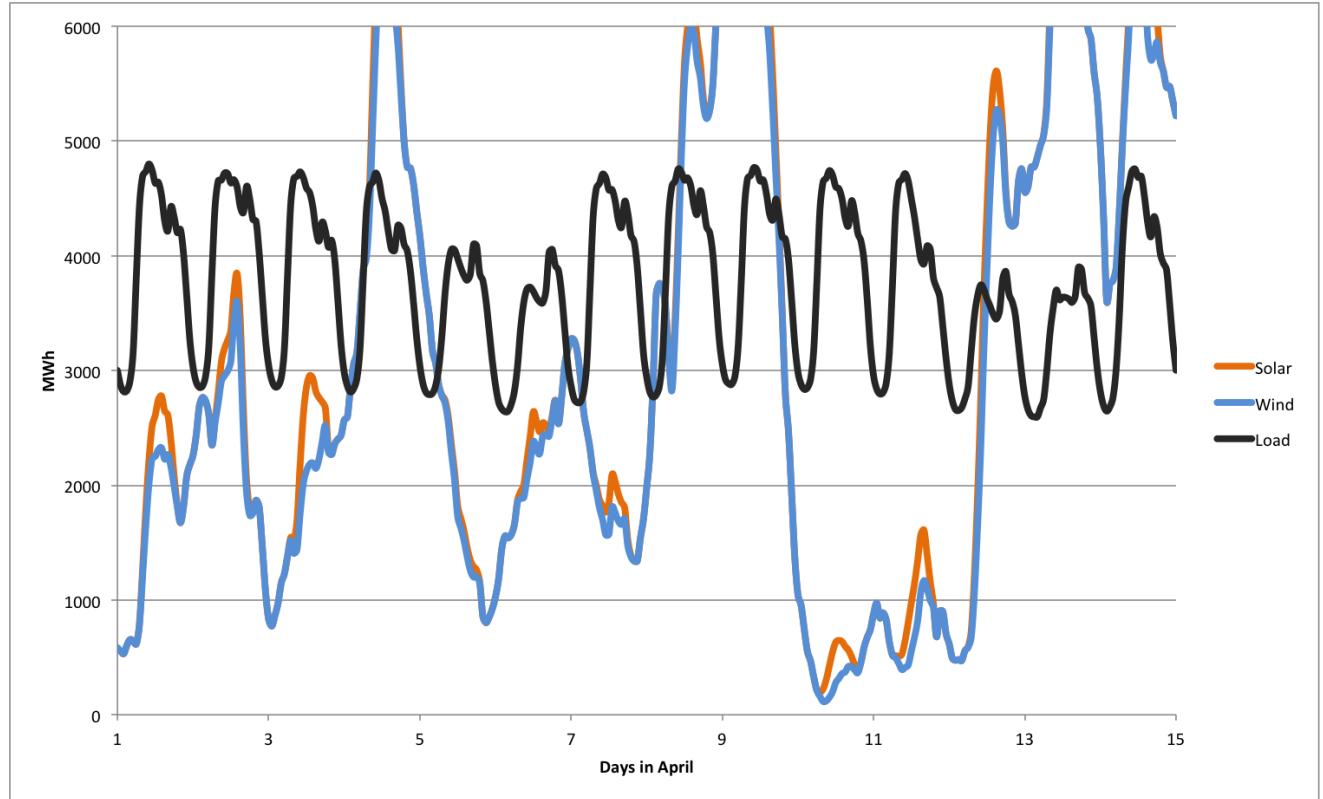


- Elforsyningen har fået en ny *varierende* grundlast.
- Behovet for kontrollerbar effekt er stort set uændret.
 - Forretningsmodellen for de gamle værker bliver udfordret.
 - De gamle spilleregler (love, regler, ordninger mm) bliver udfordret.
 - Overskudsenergi kan forekomme.



VE som “grøn” game-changer

1. Vind og solenergi opføre sig disruptivt ved at udvikle sig fra niché til mainstream teknologier.
2. Vind og sol ændre ved de grundlæggende egenskaber ved energisystemet. Det kan give muligheder for nye teknologier og udfordringer for gamle.



Hvad nu hvis ...

FREMTIDENS TEKNOLOGIER

Gorm's begreber

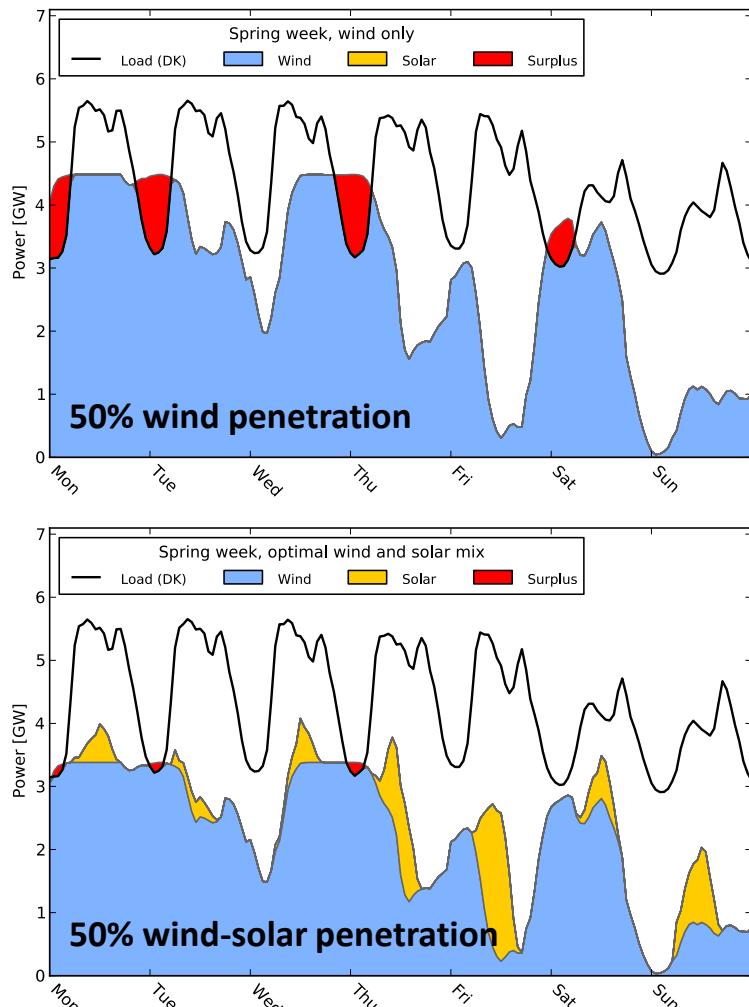
- **Primære teknologier** – Hvor skal energien komme fra?
- **Sekundære teknologier** – Hvordan tilpasser vi energien til vores behov?
- **System indretning** – Hvordan sætter vi det hele sammen?



Gorm's succeskriterier

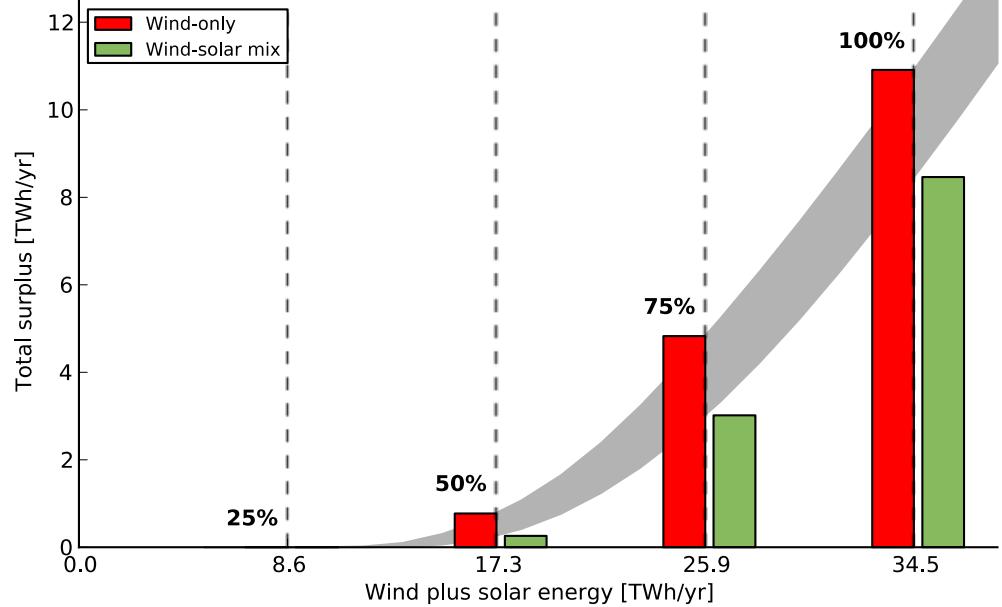
- Klima- og miljøvenlige
- Stort potentiale
- Billige

Det bedste forhold mellem vind og sol



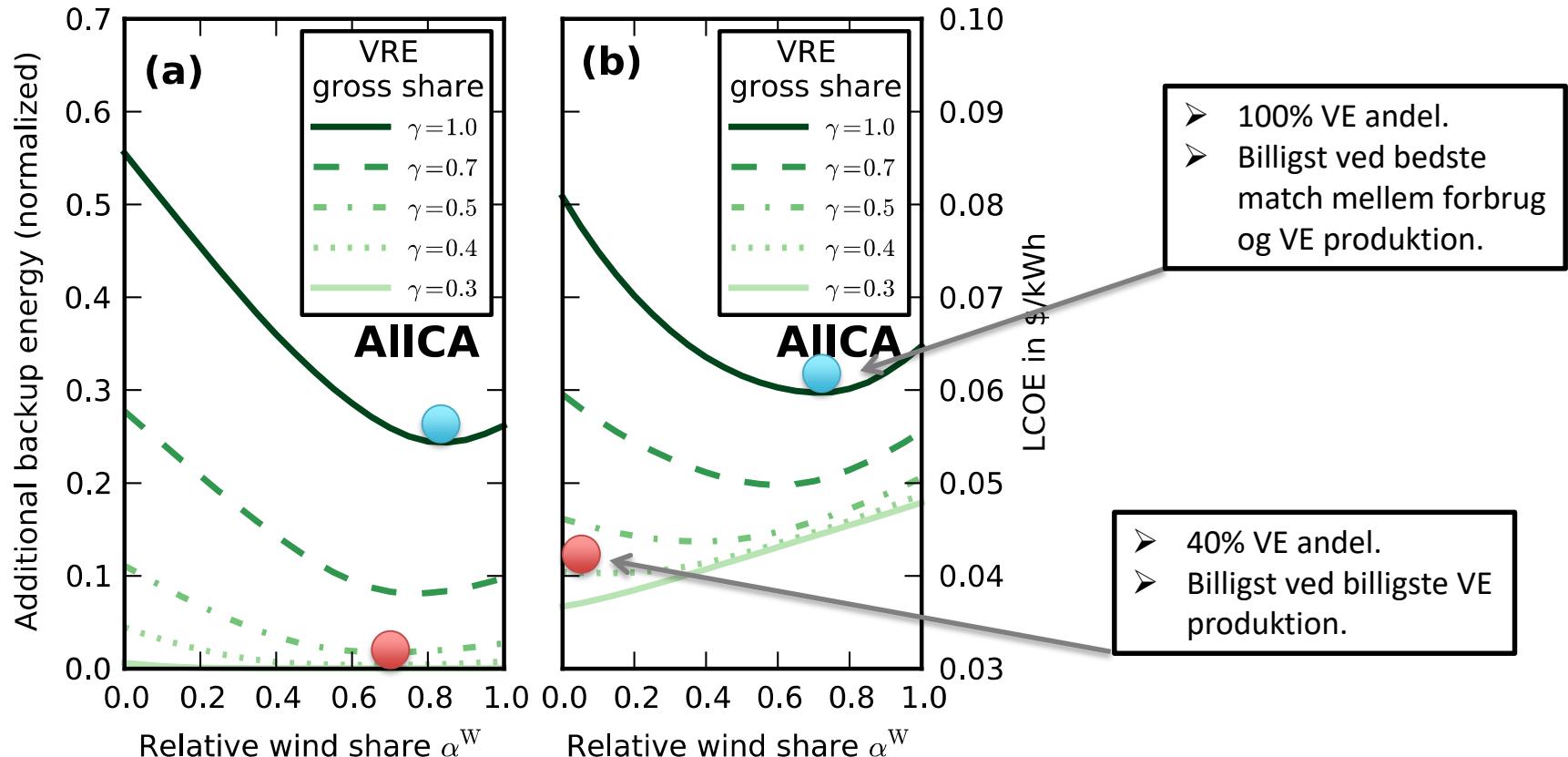
Overskudsproduktion mindskes hvis
forholdet mellem vind og sol optimeres.

Wind-only \longleftrightarrow 80/20 wind-solar mix

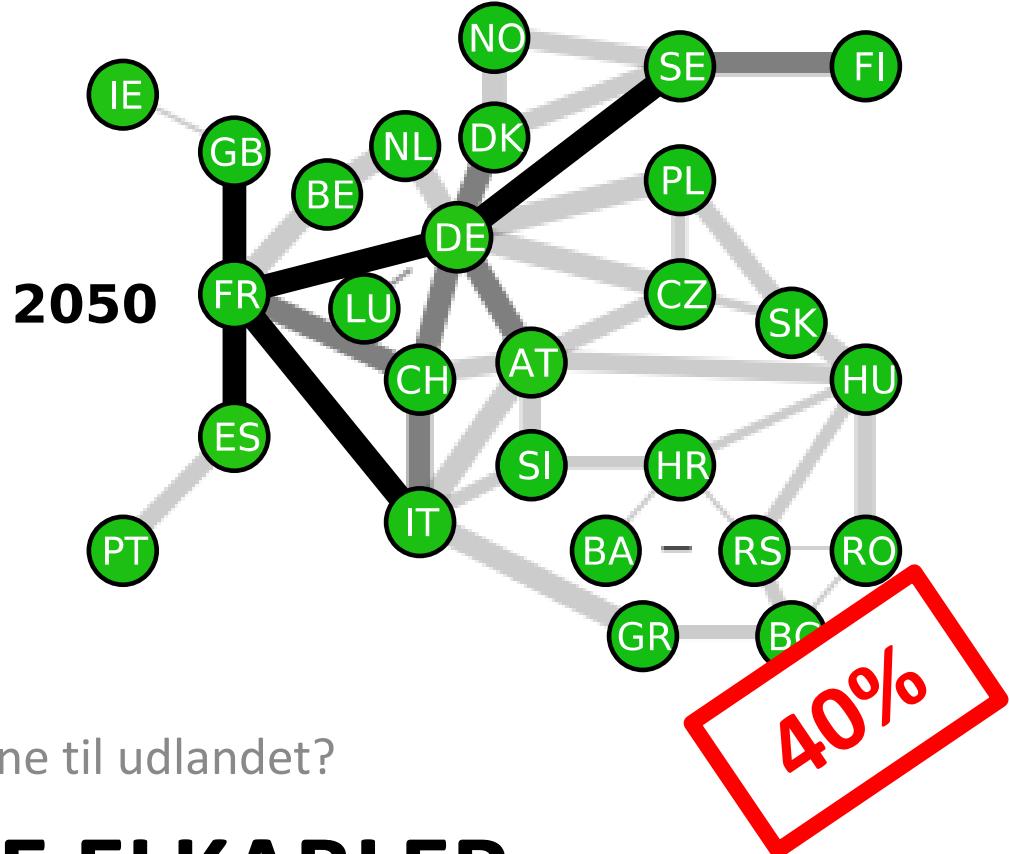


Source: G.B. Andresen et al. "The potential for arbitrage of wind and solar surplus power in Denmark", *Energy* 76 (2014).

Den billigste løsning ændre sig med VE-andelen



Source: S. Becker et al. "Renewable build-up pathways for the US: Generation costs are not system costs", *Energy* 81 (2015).



Kan vi ikke bare sende problemerne til udlandet?

INTERNATIONALE ELKABLER

Source: R. Rodriguez *et al.*: "Transmission needs across a fully renewable European power system", Renewable Energy 63 (2014).

S. Becker *et al.*: "Transmission grid extensions during the build-up of a fully renewable pan-European electricity supply", Energy 64 (2014).

Smart grid

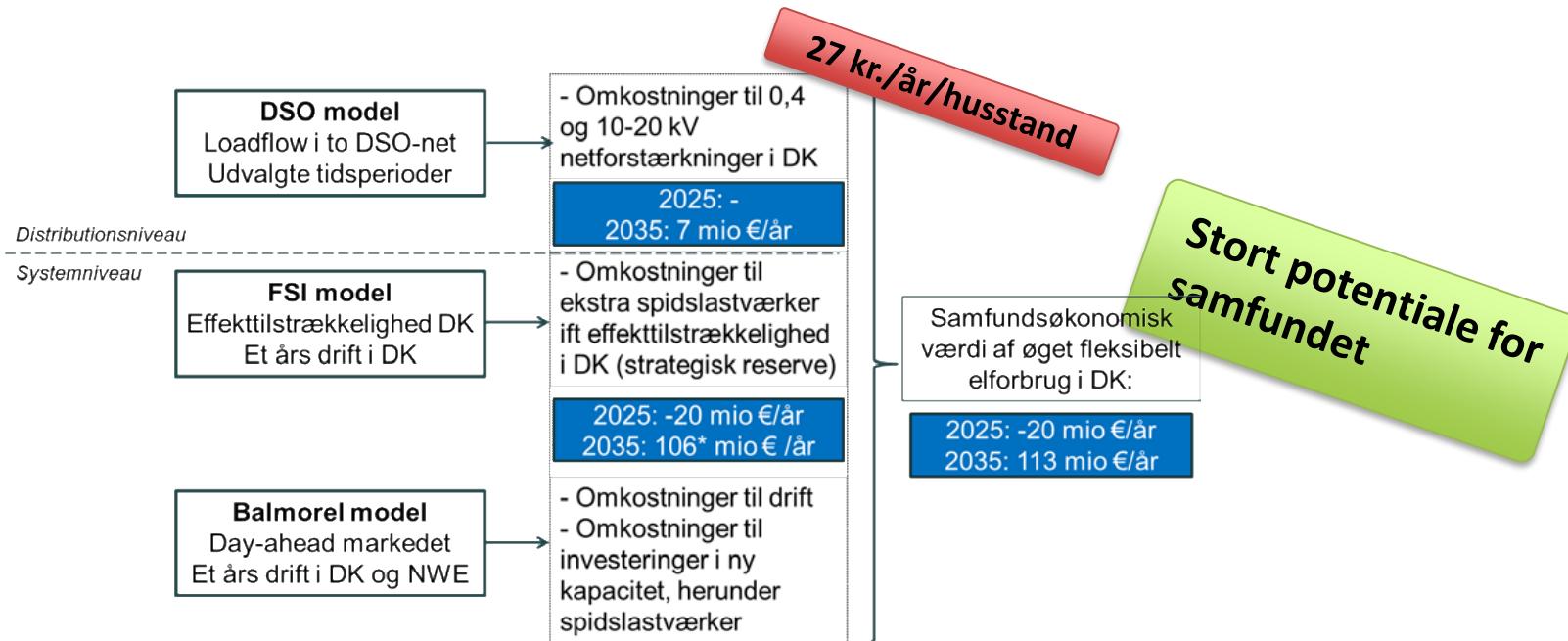
**Stabil og driftsikker
forsyning**

"Undgå black-out når stormen kommer, solen formørkes og alle elbilerne skal lades op på en gang."

**Flytning af
energi**

**Flytning af VE
overskud**

Smart grid – Hvor er guleroden?



Figur 69. Gevinster ved øget fleksibelt elforbrug på hhv. system og distributionsniveau i DK for 2025 og 2035 er vist i de blå bokse.

“Smart Energy – Hovedrapport”, Dansk Energi og Energinet.dk (2015).

Hvis den enkelte forbruger skal blive fleksibel mangler der en forretningsmodel, som samler mange små bidrag til et stort.

Smart grid

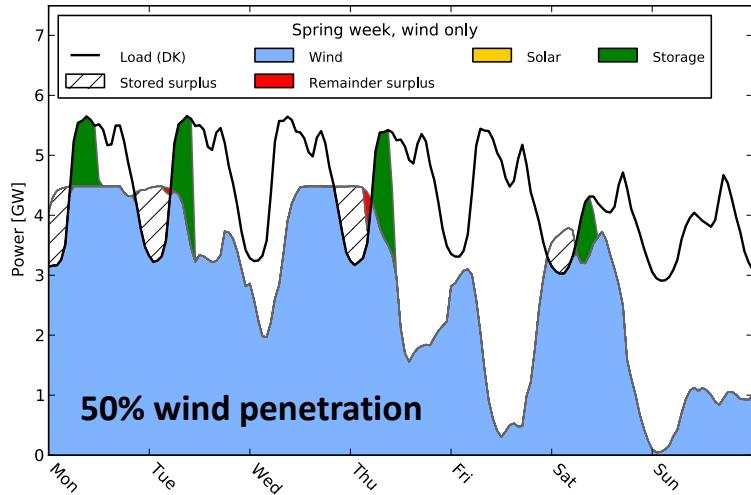
Stabil og driftsikker
forsyning

Flytning af
energi

Flytning af VE
overskud

*"Vask om natten når
vinden blæser og lad din
elbil op når solen
skinner."*

Ellagring og fleksibelt forbrug



Examples: "Small" storage for DK:

CAES, Huntorf, Germany:
0.9 GWh

1 mio. A++ freezers,
24 hours: 0.5 GWh

CAES, McIntosh, AL, USA:
2.9 GWh

Heat storage for Aarhus,
12 hours: 4 GWh

1 mio. Danish houses,
12 hours: 7 GWh

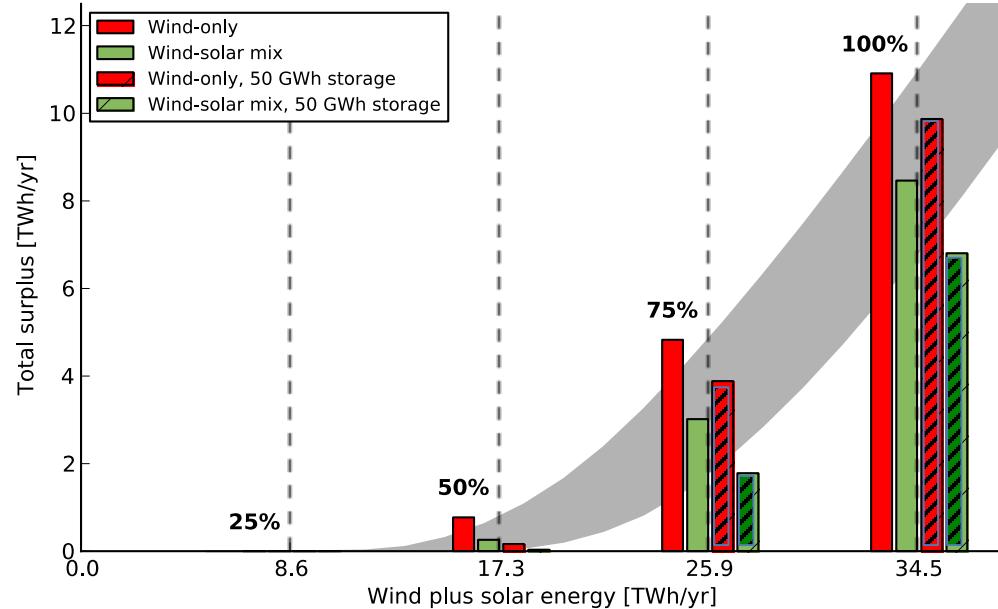
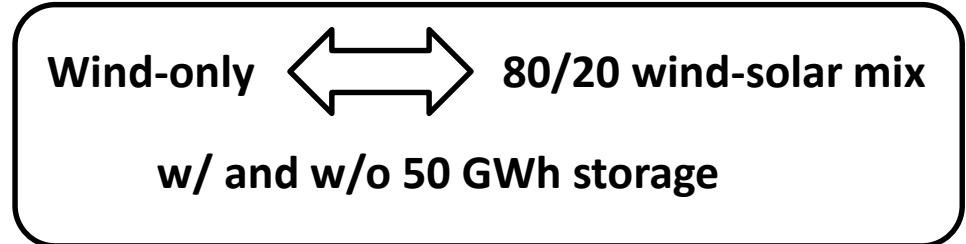
1 mio. electric car batteries:
15 GWh

All current UK pumped hydro:
30 GWh

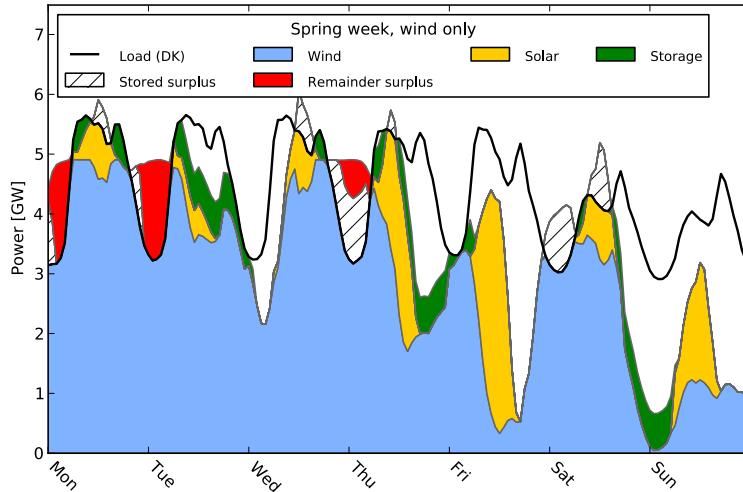
Example: "Large" seasonal storage for DK:

Current gas storage, DK:
12,000 GWh

Lagring eller fleksibelt forbrug kan udnytte overskudsenergi til at dække regulært forbrug.



Hvor mange lagre kan opnå en god forretning?



50 cycles per year (small impact per GWh):

- Similar capacities independent of wind-solar mix.

100 cycles per year (medium impact per GWh):

- Wind power alone cannot sustain a large number of "small" storages.

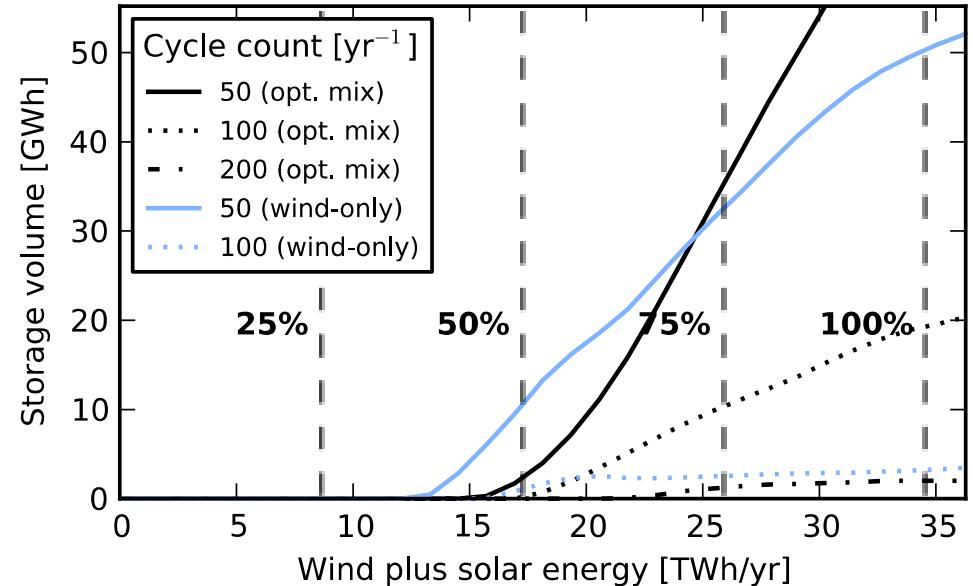
200 cycles per year (large impact per GWh):

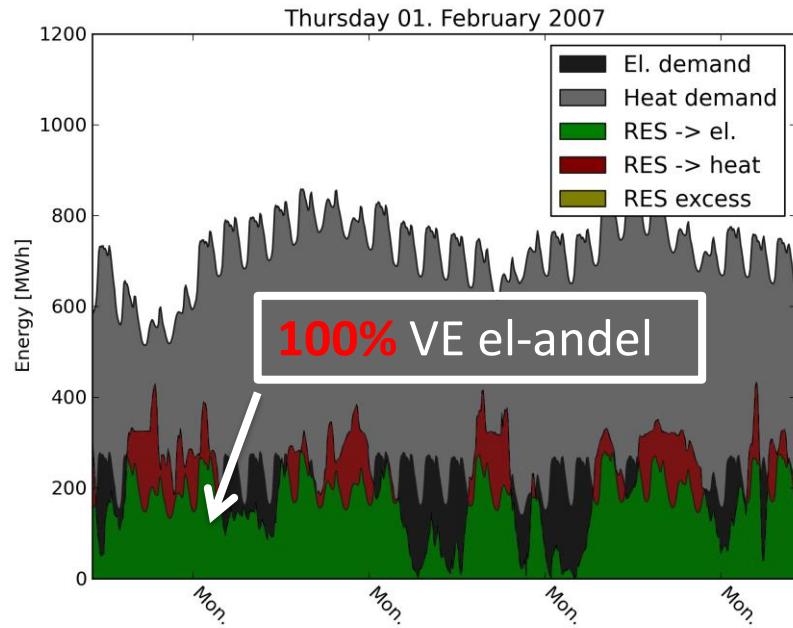
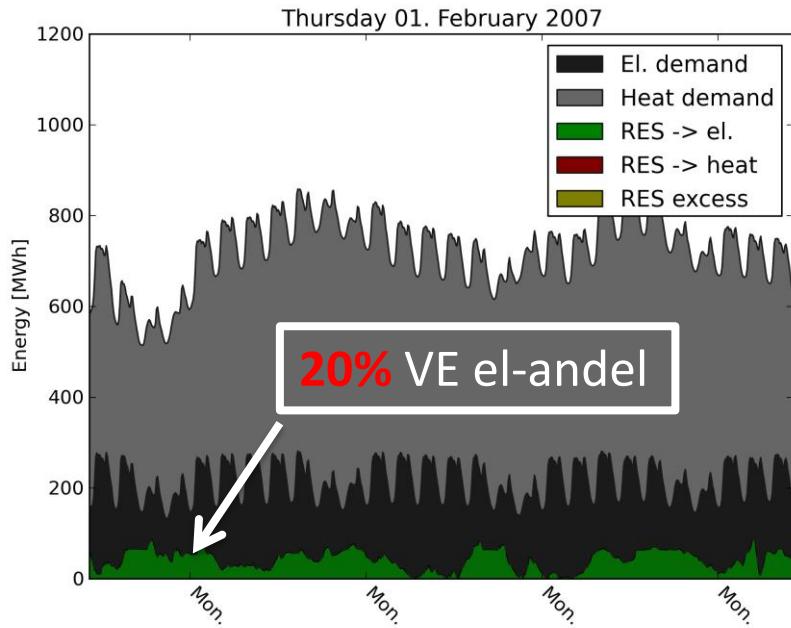
- "Small" storages are only relevant if a significant share of solar power is introduced.

Simple market model:

Annual profit =

$$N_{\text{cycle}} \times \text{profit per cycle} - \text{fixed cost}$$





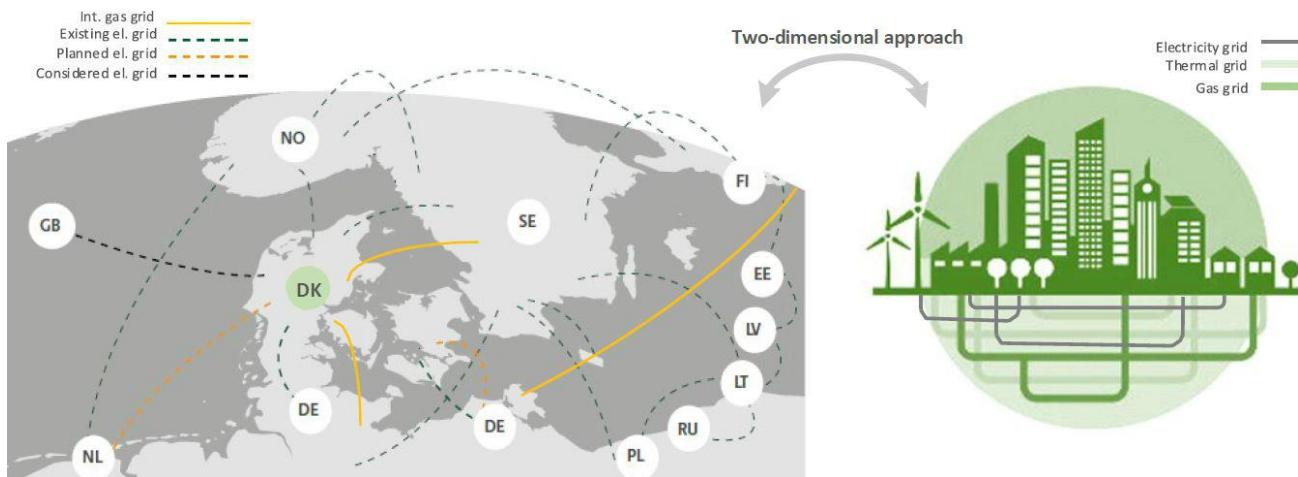
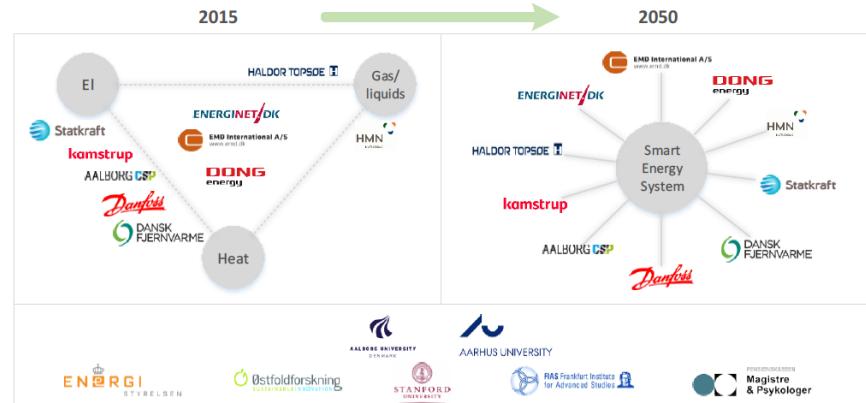
Vind og sol kan bruges til andet end el, og potentialet er stort!

SEKTORKOBLING

re INVEST

Renewable Energy Investment Strategies

- The project runs from 2017 to 2021.
- Support form Innovation Fond Denmark is 2.3 M€.
- 16 national and international partners.



Opsamling

- Mange VE teknologier opfører sig disruptivt.
- Store andele vind og sol ændre grundlæggende på det system de er i.
- Nye teknologier kan vokse sig store, hvis de
 - Er klima- og miljøvenlige
 - Har et stort potentiale
 - Skaber stor nytteværdi

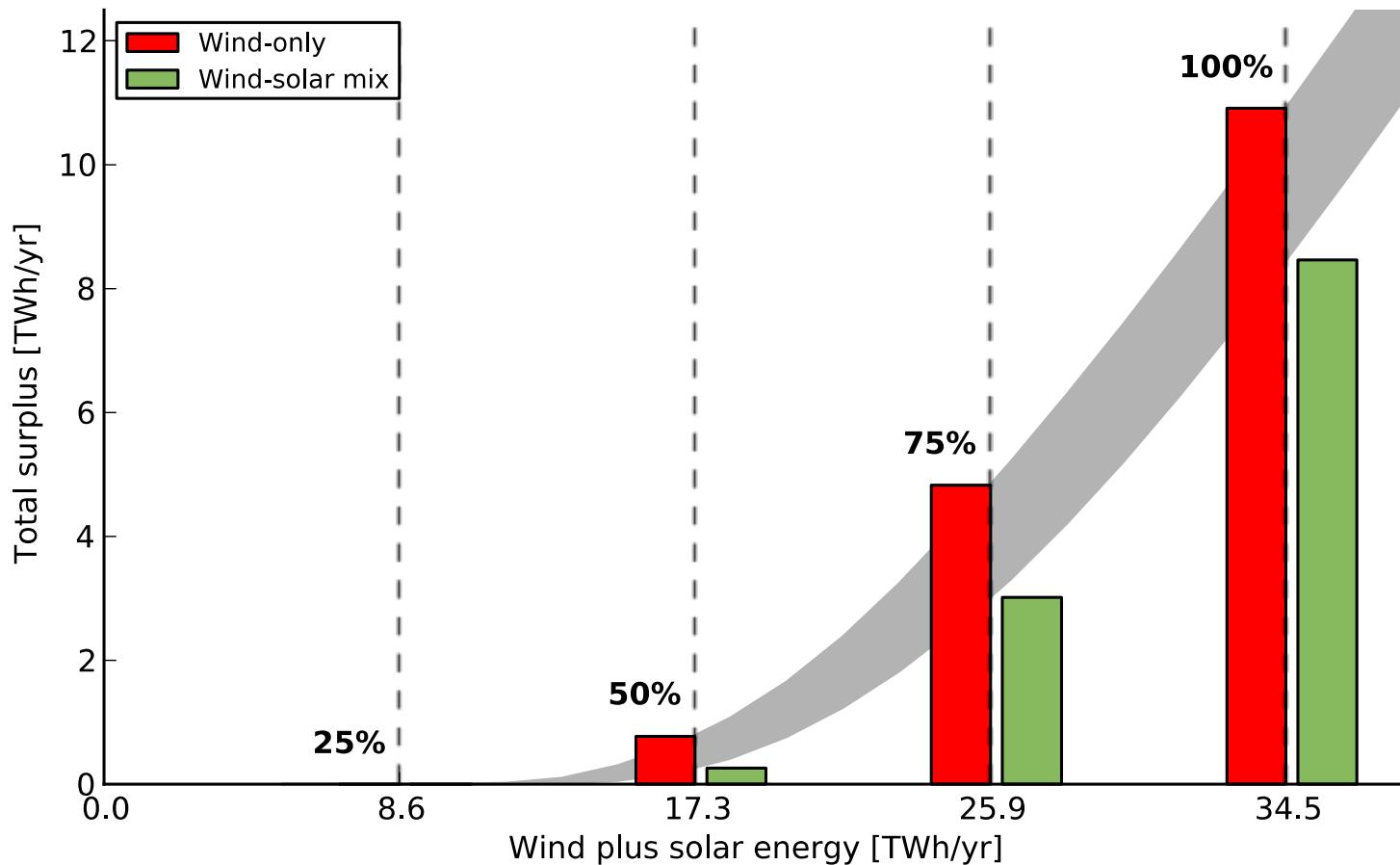


Nyt elforbrug

En nye varmepumper hæver det danske elforbrug med 10%. Det nye forbrug er ufleksibelt og ligger jævnt fordelt hen over året.

Spørgsmål:

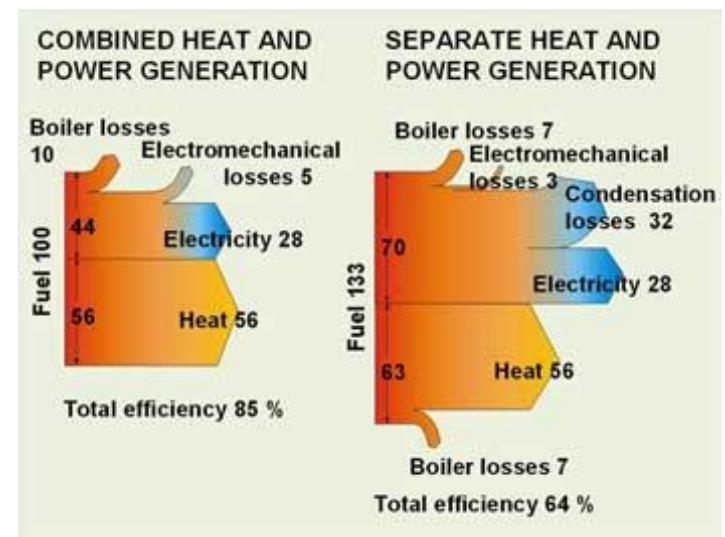
1. Hvordan påvirker det vind-andelen i elnettet
2. Bliver den eksisterende vindenergi lettere eller svære at indpasse?
3. Forsinker eller fremskynder sektorkobling (primært el-til-varme eller el-til-transport) gennemtelt de systemændringer som vind og sol medføre?



Varme vs elpris

I Europa bruges naturgas i stort omfang til både elproduktion og varmeproduktion.

- Ren el kan produceres med en effektivitet på ca. 40%.
- Ren varme kan laves med ca. 90% effektivitet.
- Kraftvarme giver ca. 28% el- og 56% varmeeffektivitet.



Kilde: <http://www.cleanenergyministerial.org/Blog/cool-heat-is-on-chp-and-efficient-dhc-wg-seeking-practical-actions-for-energy-savings-2768>

