

# PROSPECTS FOR THE WIND INDUSTRY

- OR WHY POWER-TO-X IS A PREREQUISITE FOR RELEASING THE  
MULTI GW POTENTIAL FOR OFFSHORE WIND IN DENMARK

Esbjerg Petroleum & Renewables Club  
20. February 2020

*Carsten Vittrup, Energinet Elsystemansvar*

# WE ARE WORKING FOR YOU

Energinet is responsible for ensuring that Denmark is supplied with gas and electricity, both today and in the future.

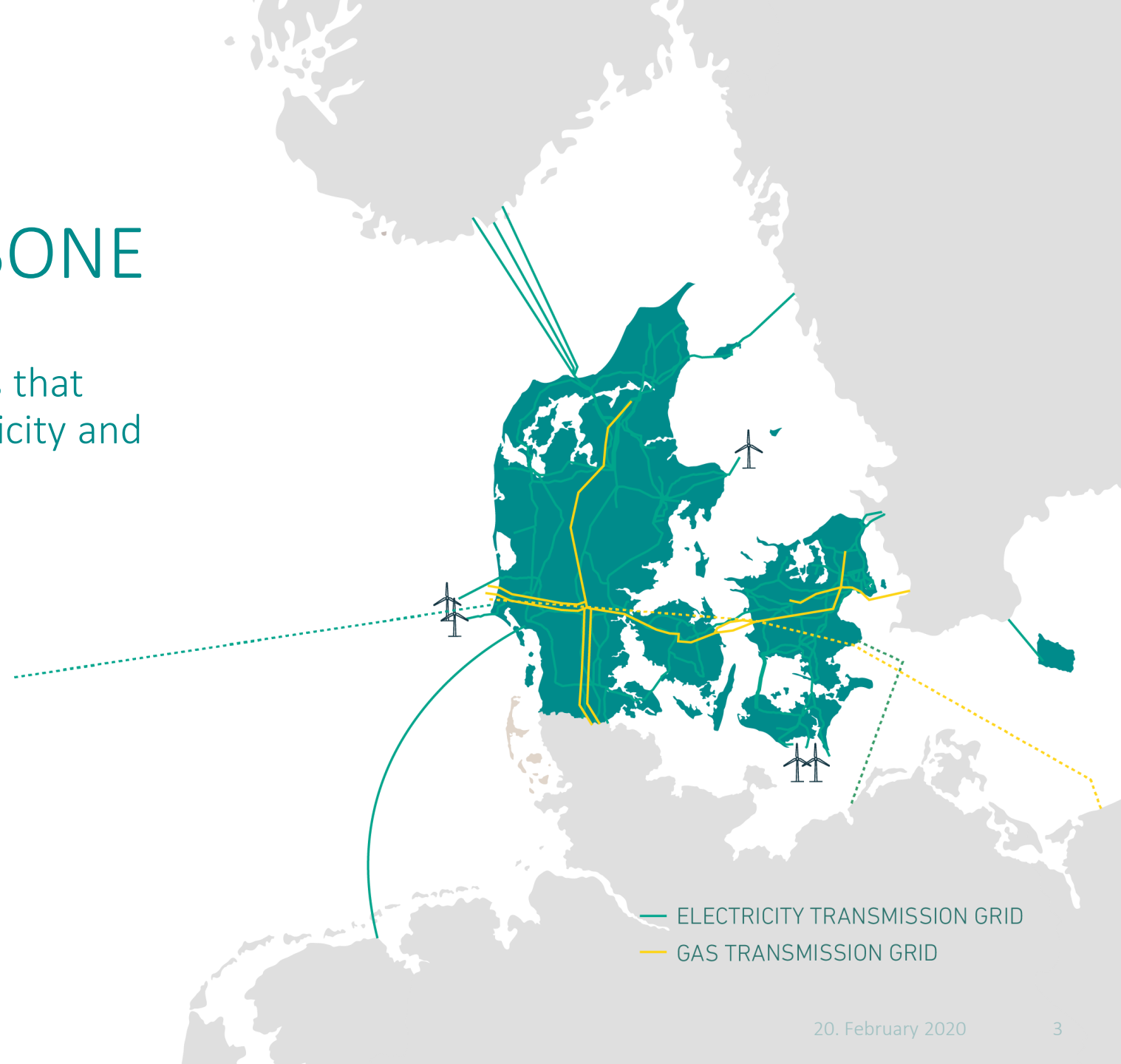
We safeguard society's interests as we move to a 100% green energy system.

We are owned by the Danish Ministry of Climate, Energy and Utilities.



# THE ENERGY BACKBONE

We operate and develop the large transmission grids and gas pipelines that form the backbone of Danish electricity and gas supply.



# WE ENSURE BALANCE MINUTE BY MINUTE

Energinet has the day-to-day and long-term TSO responsibility for the overall electricity and gas system in Denmark.





# THE WORLD'S BEST ENERGY SYSTEM

Denmark ranked #1 out of 125 countries in 2016, 2017 and 2018



## GREEN RECORDS

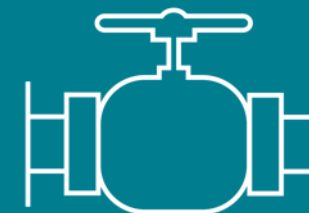
43.5% wind and solar power in the electricity grid in 2018 (50% in 2019)

9% biogas in the gas grid in 2018



## ELECTRICITY 99.99% OF THE TIME

11 seconds of unserved electricity in 2018



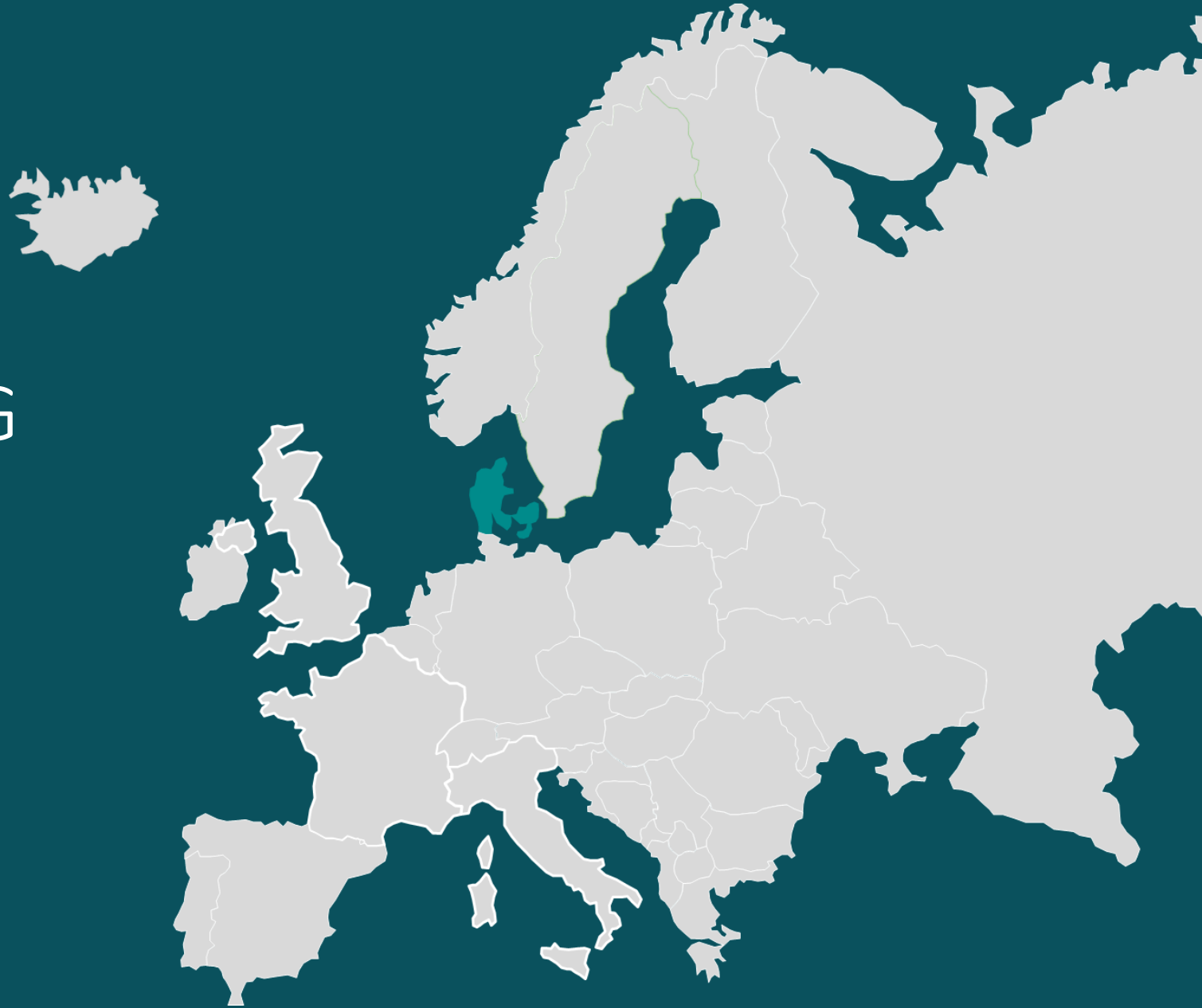
## GAS ALWAYS ON TAP

Zero gas supply failure in 2018



# WELL-FUNCTIONING MARKETS

Energinet participates in the development of energy markets and market rules in Denmark, the Nordic countries and the EU.



# A BALANCING ACT

We work to make sure that the green transition is carried out in an economically responsible way without compromising on Denmark's already very high security of supply.





# GRØN OMSTILLING

## STATUS (2018):

63,7 % grønn el

34,2 % grønn energi

32 % CO<sub>2</sub>e reduksjon (ift. 1990)

## MÅL 2030:

100 % grønn el

55 % grønn energi

70 % CO<sub>2</sub>e reduksjon (ift. 1990)

## MÅL 2050:

100 % grønn energi





---

STRATEGY

---

# WINDS OF CHANGE

The enormous offshore wind resources and the boom in renewable energy on market terms are Denmark's core strengths. These core strengths may result in extensive climate impact reductions in otherwise difficult sectors such as agriculture and transport, concurrently with the transformation to a 100% green energy system. With these new winds follow new opportunities.



Energinet's strategy must be seen in the light of political ambitions in Denmark and Europe, including, in particular, the ambitions to ensure 100% renewable energy in the electricity system in 2030 and to achieve a climate-neutral society in 2050.







---

VISION

---

# GREEN ENERGY FOR A BETTER WORLD







## APPROACH

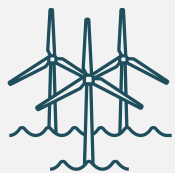
“The green transition must be accelerated. We need to learn new things and develop new solutions. We must therefore increase our curiosity and risk willingness.”



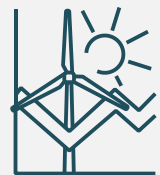
0  
1  
2  
3  
4



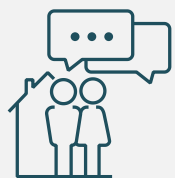
SECTOR COUPLING



LARGE-SCALE OFFSHORE WIND POWER

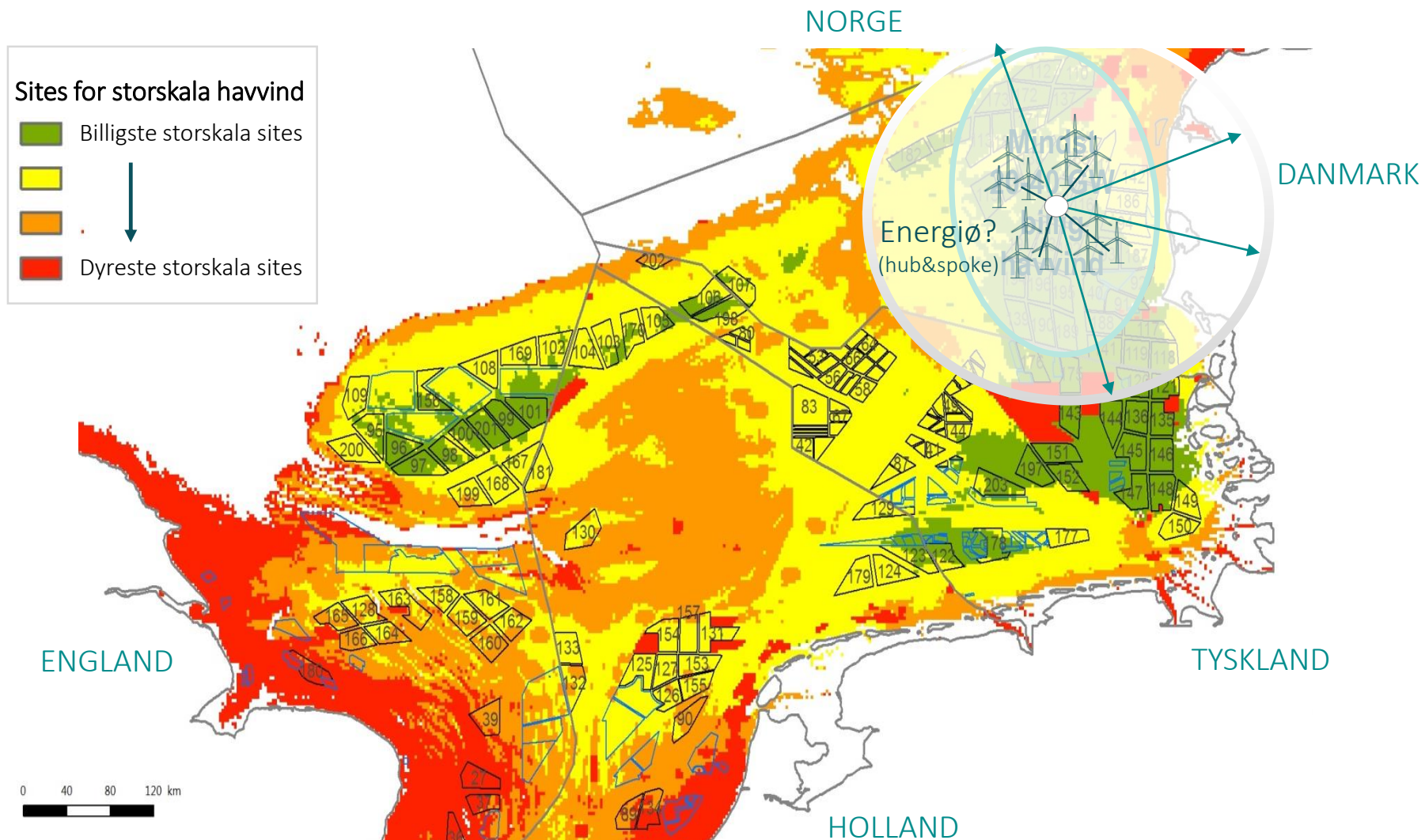


SOLAR AND WIND POWER ON MARKET TERMS



COLLABORATION WITH SOCIETY

# DANMARKS ATTRAKTIVE HAVVINDRESSOURCE



# HOW DO WE INTEGRATE ALL THE NEEDED WIND AND SOLAR (PV)?

## Vind og sol i DK i 2019 (ca.)

Landvind	4.325 MW
Hav- og kystvind	1.700 MW
Solceller	1.025 MW
<b>Total</b>	<b>7.050 MW</b>

## Vind og sol i DK i 2030

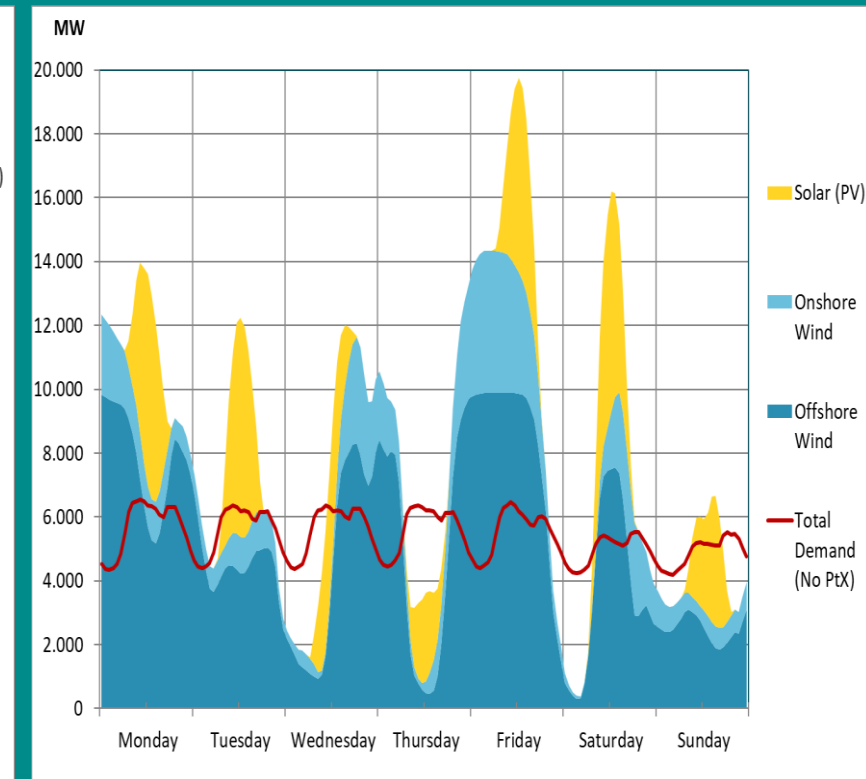
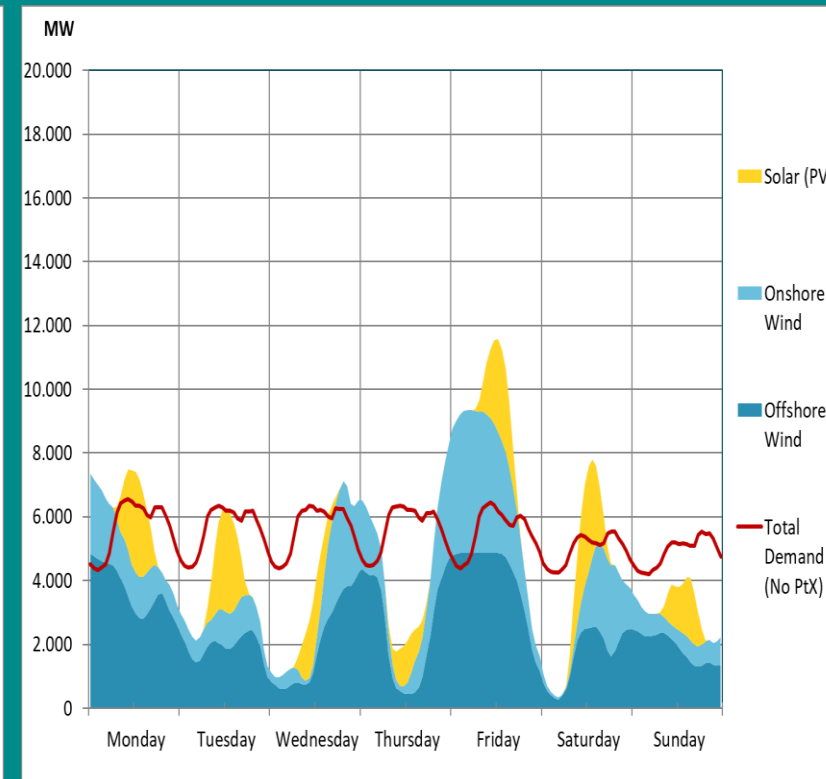
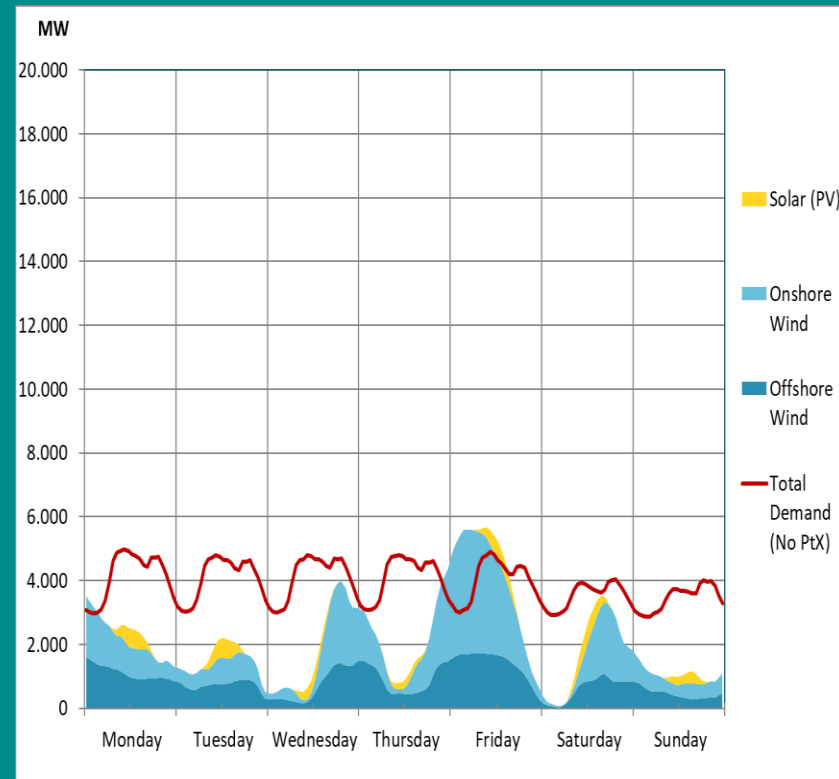
Jf. AF2019

Landvind	4.600 MW
Hav- og kystvind	4.900 MW
Solceller	4.900 MW
<b>Total</b>	<b>14.400 MW</b>

## Vind og sol i DK i 2030 (+10 GW)

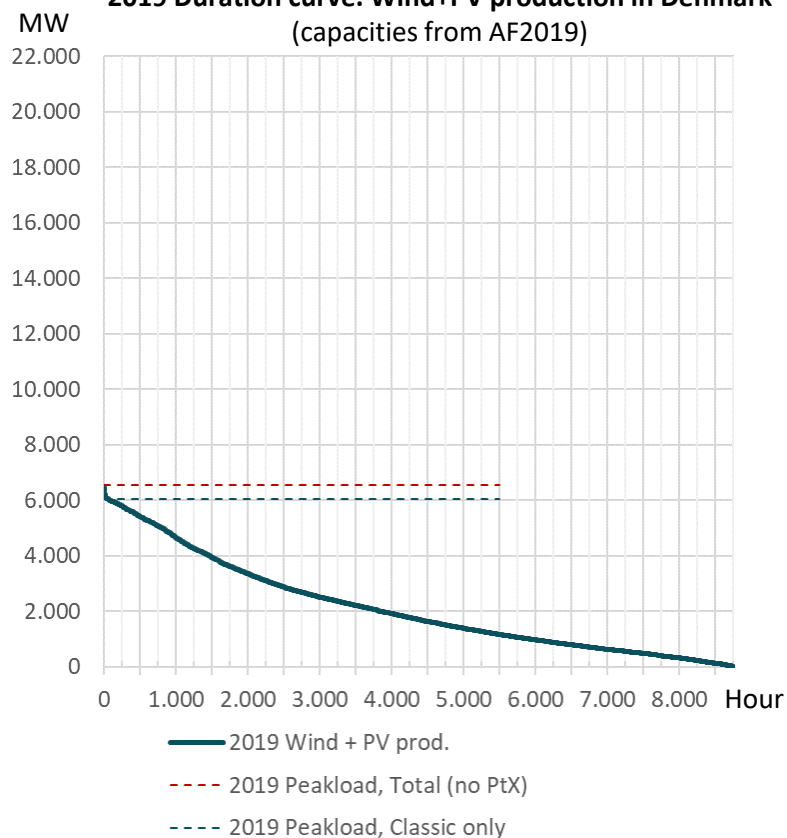
Jf. AF2019 + 5 GW havvind og 5 GW sol

Landvind	4.600 MW
Hav- og kystvind	9.900 MW
Solceller	9.900 MW
<b>Total:</b>	<b>24.400 MW</b>

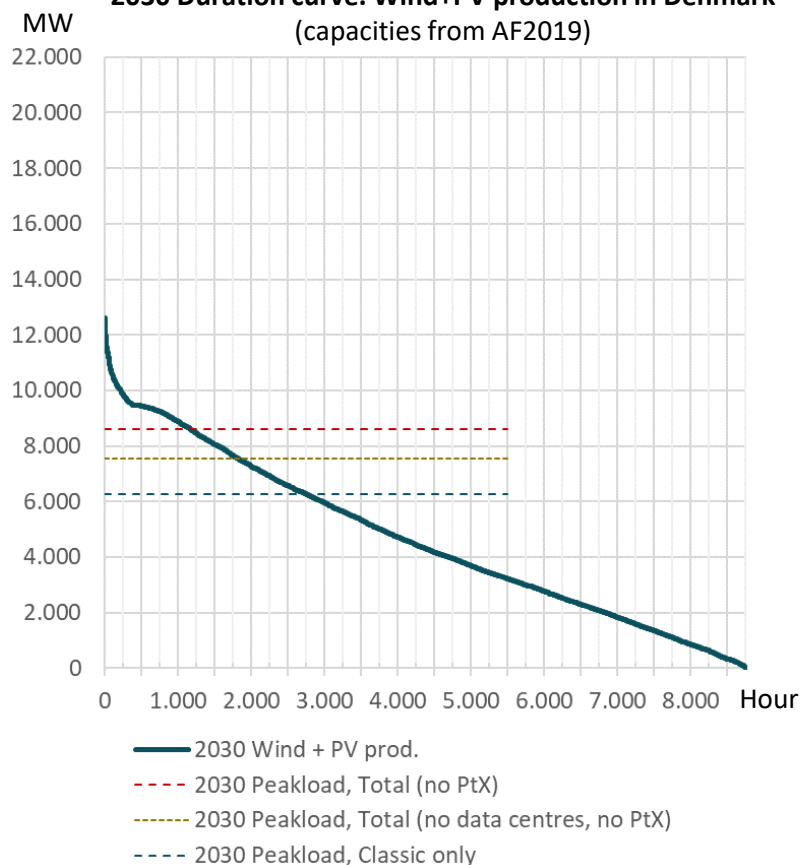


# SHOULD THE AC-GRID BE DIMENSIONED FOR SUPPLY OR VRE-PRODUCTION?

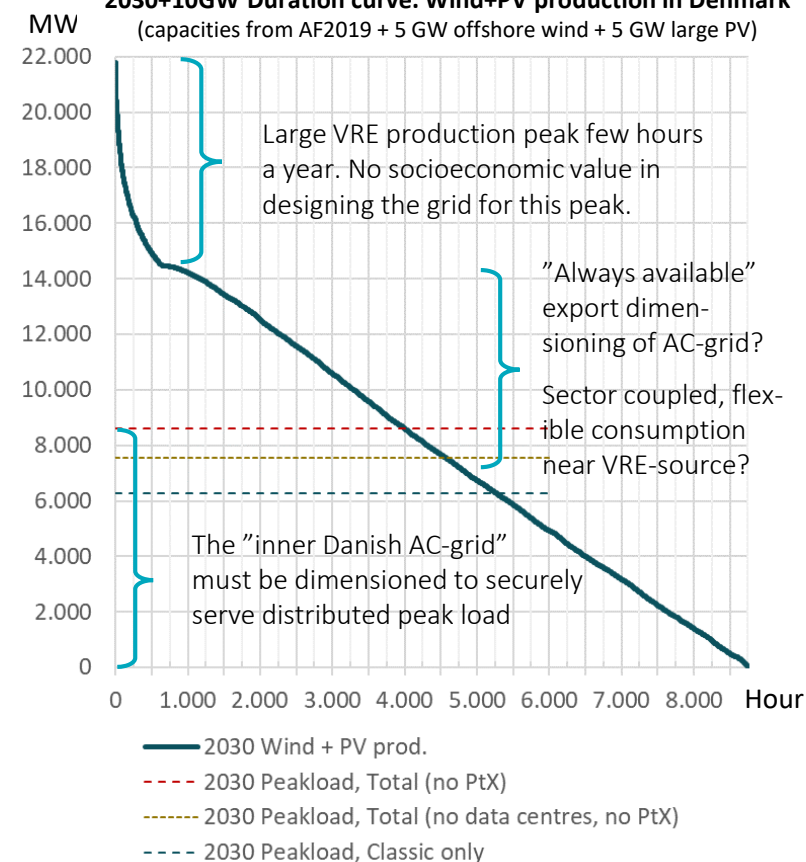
**2019 Duration curve. Wind+PV production in Denmark**  
(capacities from AF2019)



**2030 Duration curve. Wind+PV production in Denmark**  
(capacities from AF2019)



**2030+10GW Duration curve. Wind+PV production in Denmark**  
(capacities from AF2019 + 5 GW offshore wind + 5 GW large PV)



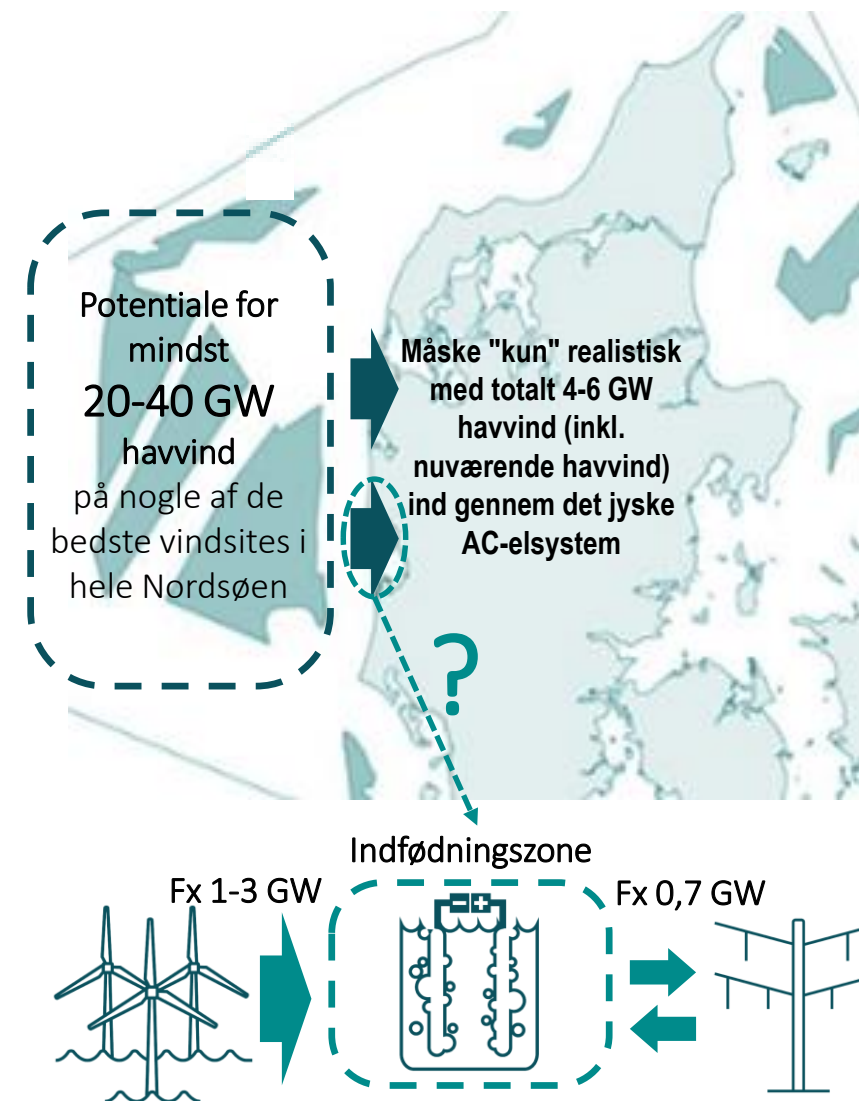


# INTEGRATION AF STORSKALA HAVVIND

Måske også relevant for storskala landvind og sol?!

Storskala elektrolyse/PtX og multiGW ny (hav)vind i Danmark hænger sammen.

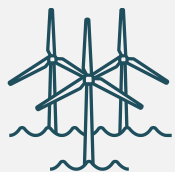
Uden PtX kan vil det blive svært og mindre attraktivt at etablere tocifrede GW ny vind og sol i Danmark – pga. prispres og udfordringer med at etablere elektrisk eksportinfrastruktur.



0  
1  
2  
3  
4



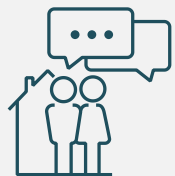
SECTOR COUPLING



LARGE-SCALE OFFSHORE WIND POWER



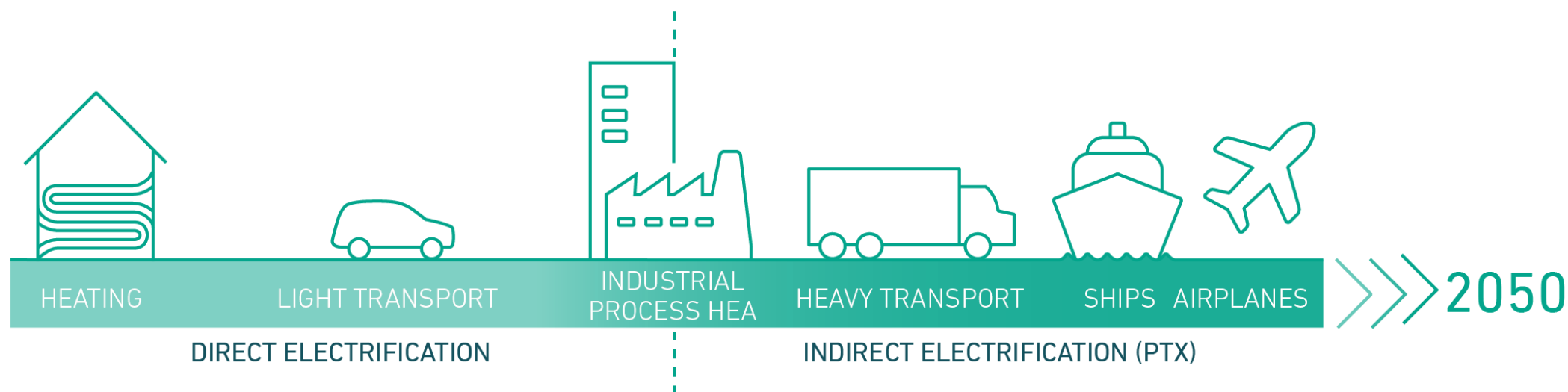
SOLAR AND WIND POWER ON MARKET TERMS



COLLABORATION WITH SOCIETY

# ELECTRIFICATION AND POWER TO X

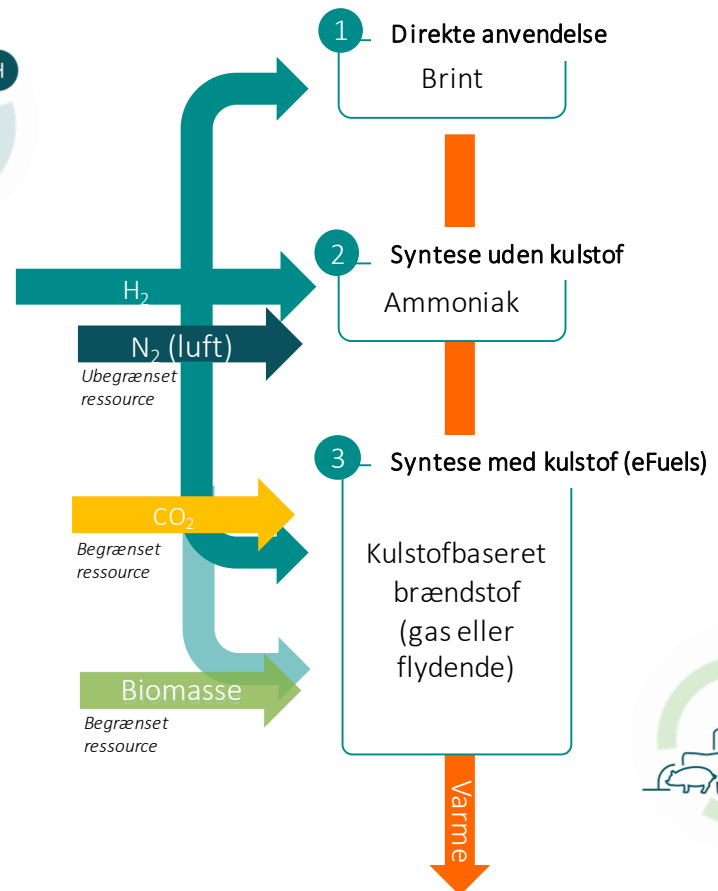
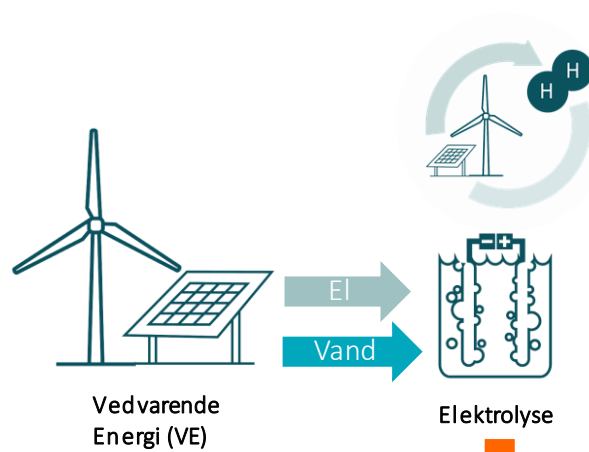
Denmark's huge RE-potentials can be utilized to electrifications and to indirect electrification via power to X for sectors that cannot run on electricity.



# WHAT IS PTX (POWER-TO-X)

Conversion of VRE power production through electrolysis to hydrogen, e-fuels, chemicals etc.

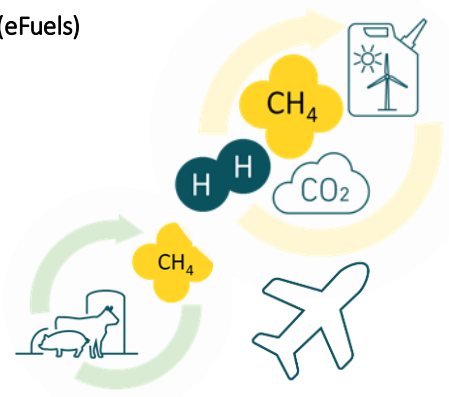
From green electrons to green molecules!



- Hydrogen, for e.g.:
- (heavy) Road or Rail Transport (FC)
  - Refineries
  - Steel production



- Ammonia, for e.g.:
- fuel for shipping
  - fertilizer



- Hydrocarbons, eFuels, for e.g.:
- Methanol, methane
  - Jetfuel
  - Gasoline or diesel
  - Ethylene, plastics
  - A lot of other chemicals

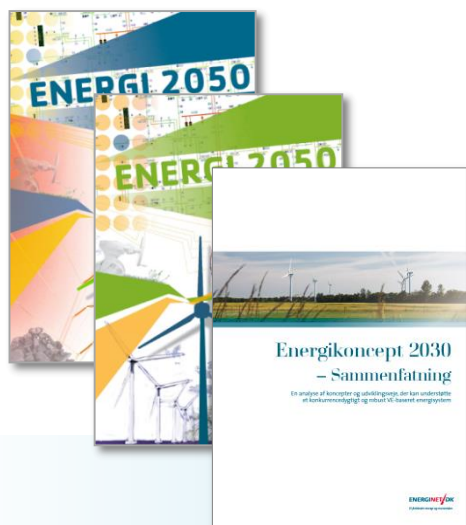
PtX is NOT Power-to-Heat (heat pumps, electric boilers)

PtX is NOT direct powered electric vehicles (eg. with battery or overhead lines)

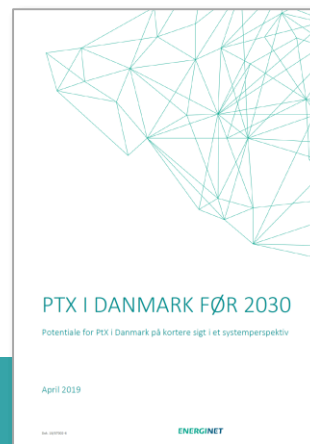


# LANGSIGTEDE ANALYSER ER VIGTIGE...

...for Energinets planlægning og investeringer. PtX er med som mulighed..



Marts 2018



April 2019

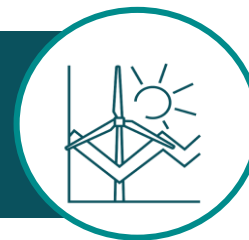


Januar 2020

# HVORFOR KAN PTX FÅ SIT GENNEMBRUD NU?

Hvad driver udviklingen?

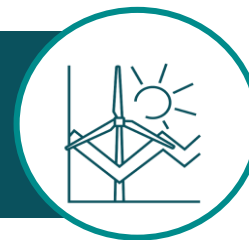
Stærkt faldende omkostninger for vindkraft og solceller



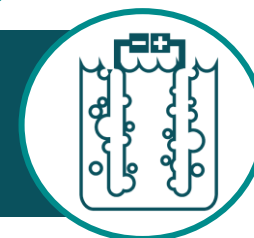
# HVORFOR KAN PTX FÅ SIT GENNEMBRUD NU?

Hvad driver udviklingen?

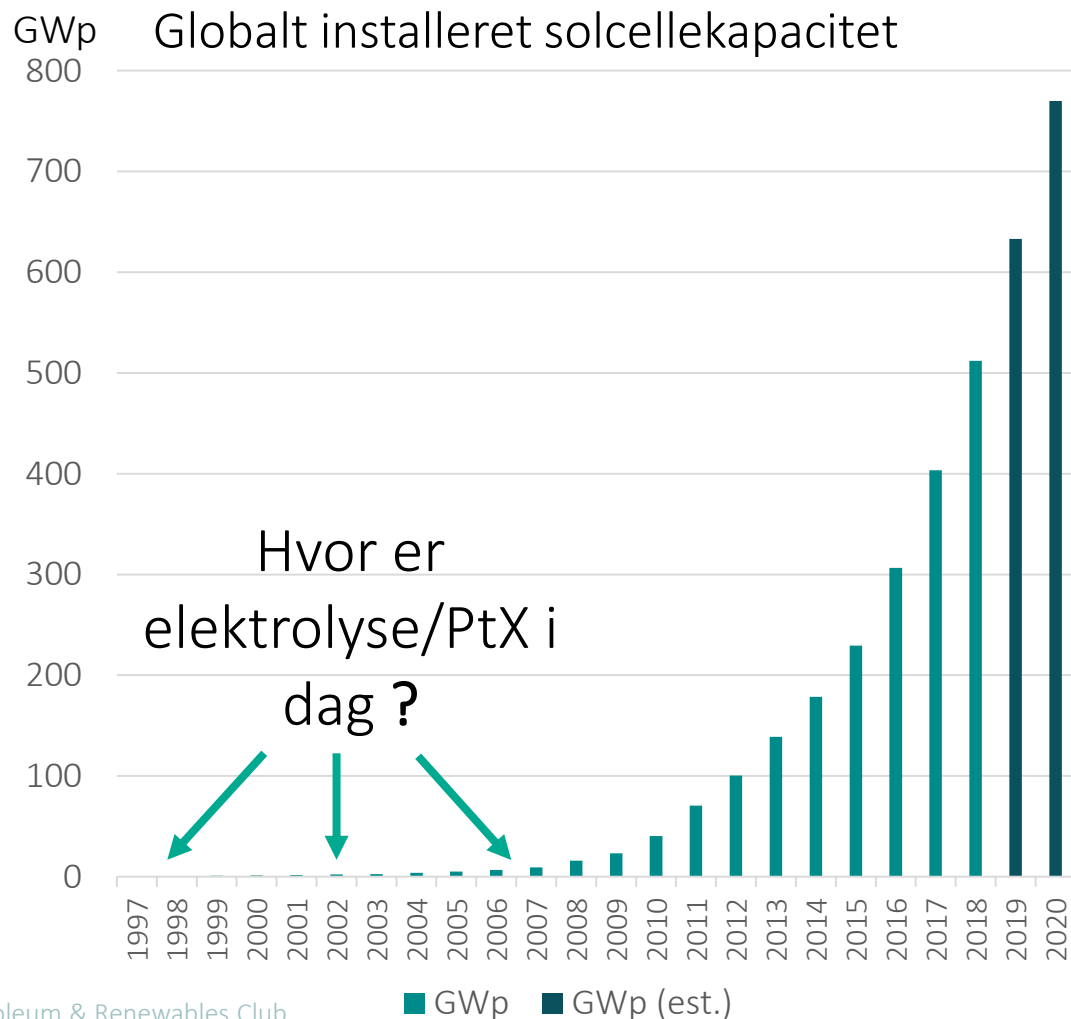
Stærkt faldende omkostninger for vindkraft og solceller



Begyndende storskala industrialisering af elektrolyseteknologi



# VIL ELEKTROLYSE/PTX UDVIKLE SIG SOM SOLCELLER?



## Elektrolyseanlæg har fået vokseværk

2010-2018: 1 MW

*Typisk størrelse på store demoanlæg*

2020-2022: 10-30 MW

*Shell Fredericia, Greenlab Skive, Nordeuropa mm.*

2022-2023: 100 MW

*To anlæg annonceret i 2018/2019*

I 2018 var det globale marked for elektrolyseanlæg på ca. 100 MW!

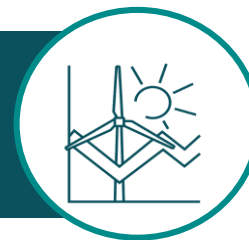
NEL, der producerer elektrolyseanlæg, annoncerede i 2018 en **10-dobling** af produktionskapacitet. I 2019 annoncerede NEL **yderligere en 3-dobling**, så de nu er ved at etablere **en GigaWatt fabrik**.  
**...totalt en 30-dobling fra 36 MW til 1.000 MW årligt!**



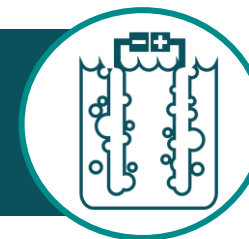
# HVORFOR KAN PTX FÅ SIT GENNEMBRUD NU?

Hvad driver udviklingen?

Stærkt faldende omkostninger for vindkraft og solceller



Begyndende storskala industrialisering af elektrolyseteknologi



Øget efterspørgsel og værdi af det grønne PtX-produkt



# HVOR MEGET HAVVIND BRUGER ET CONTAINERSKIB?

*En overslagsberegning – fra havvind til elektrolysebaseret ammoniak som bunker-fuel.*

Hvor mange af Mærsk's store Triple-E containerskibe kan Horns Rev 3 (407 MW) holde sejlede?

**2 stk.**

Det vil kræve ca. 50 GW havvind, hvis bunker til hele Mærsk flåde skulle erstattes med grøn ammoniak.

Det svarer til 6-7 gange Danmarks samlede elforbrug i dag!

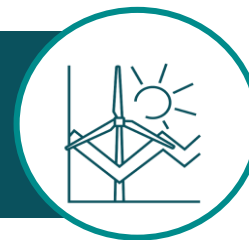


Kilde: commons.wikimedia.org

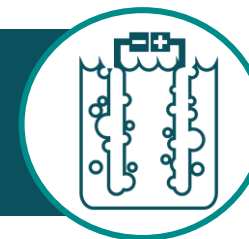
# HVORFOR KAN PTX FÅ SIT GENNEMBRUD NU?

Hvad driver udviklingen?

Stærkt faldende omkostninger for vindkraft og solceller



Begyndende storskala industrialisering af elektrolyseteknologi



Øget efterspørgsel og værdi af det grønne PtX-produkt



Øget fokus på integration af vind og sol i elsystemet

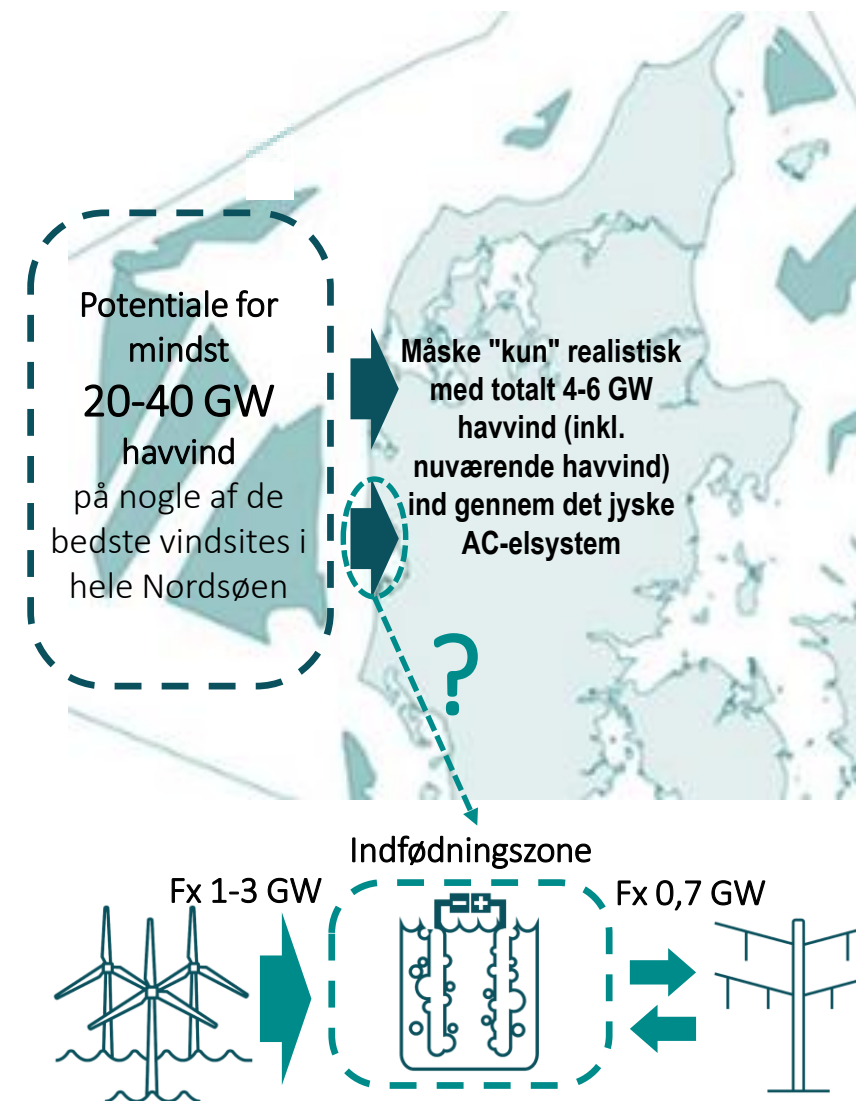


# INTEGRATION AF STORSKALA HAVVIND

Måske også relevant for storskala landvind og sol?!

Storskala elektrolyse/PtX og multiGW ny (hav)vind i Danmark hænger sammen.

Uden PtX kan vil det blive svært og mindre attraktivt at etablere tocifrede GW ny vind og sol i Danmark – pga. prispres og udfordringer med at etablere elektrisk eksportinfrastruktur.



# HØNEN OG ÆGGET

Er overordnet brintinfrastruktur konsekvens af, eller enabler for, storskala elektrolyse/PtX?

- Brint er den grundlæggende byggekloks for al PtX.
- Hvor (geografisk) og hvornår (tid) er den store brintefterspørgsel?
- Effektiv transport af storskala brint kræver rør.
- Effektiv lagring af storskala brint kræver undergrundslager.
- I dag er der ingen specifik regulering for etablering af brintinfrastruktur i Danmark. Er brintinfrastruktur et naturligt monopol eller privat business? Skal der være krav om 3. parts adgang mm. Hvem har ansvaret?

Eksempel på en overordnet brintinfrastruktur



Forschungsministerin Karliczek im Interview

**"Wasserstoff ist das Öl von morgen"**

**SPIEGEL Politik** 24.01.2020, 12:00 Uhr

Nordtysk brintstrategi (fra nov. 2019)

- 2025: 500 MW elektrolyse
- 2030: 5 GW elektrolyse
- 2035: Grønt brintsamfund
- Brintinfrastruktur er en central del.

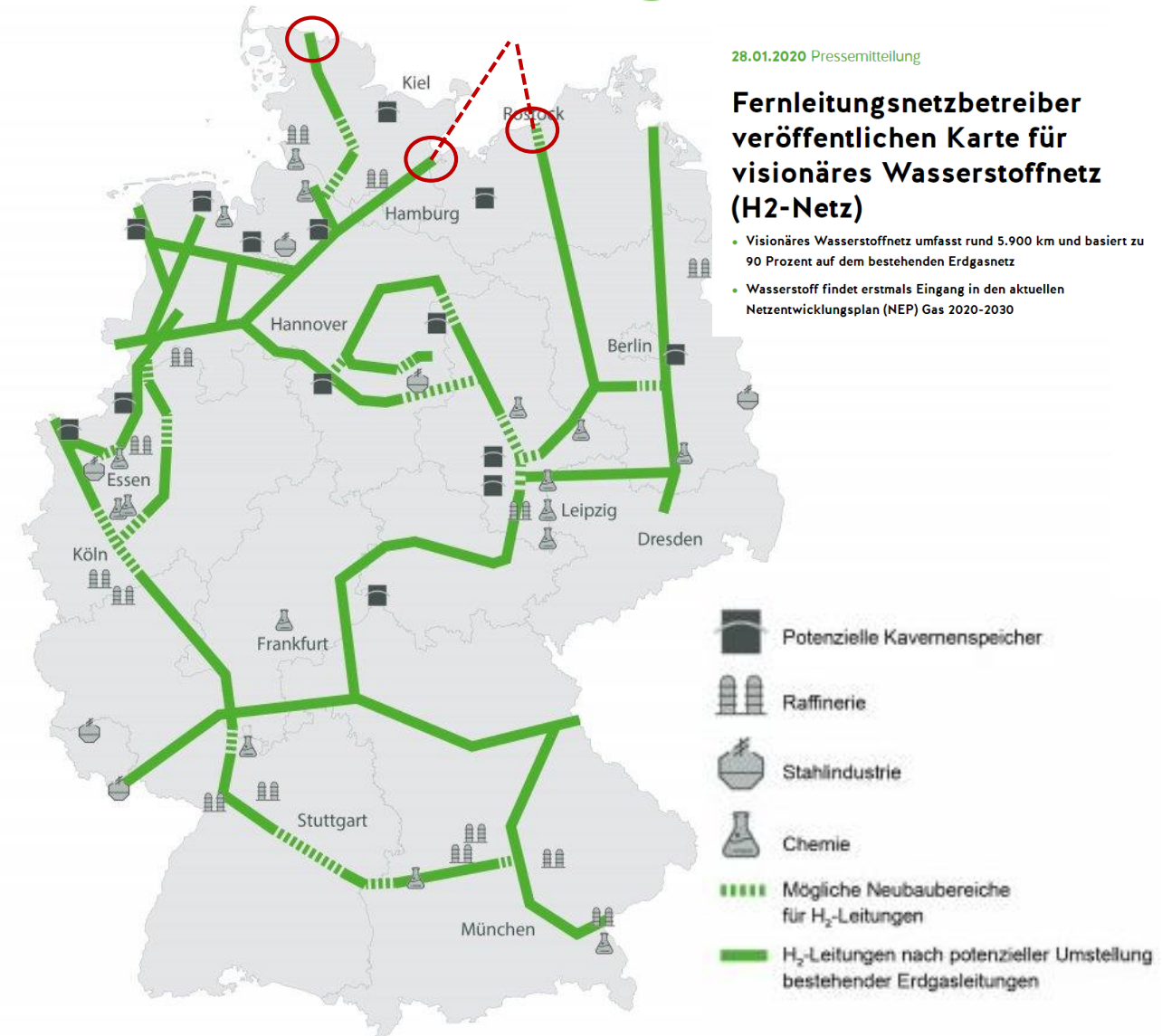


# NY VISION FOR EN TYSK BRINTINFRASTRUKTUR

28.01.2020 Pressemitteilung


## Fernleitungsnetzbetreiber veröffentlichen Karte für visionäres Wasserstoffnetz (H<sub>2</sub>-Netz)

- Visionäres Wasserstoffnetz umfasst rund 5.900 km und basiert zu 90 Prozent auf dem bestehenden Erdgasnetz
- Wasserstoff findet erstmals Eingang in den aktuellen Netzentwicklungsplan (NEP) Gas 2020-2030



**Disclaimer:** Bei der Karte handelt es sich um eine schematische Darstellung, die hinsichtlich der eingezeichneten Speicher und Abnehmer keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.



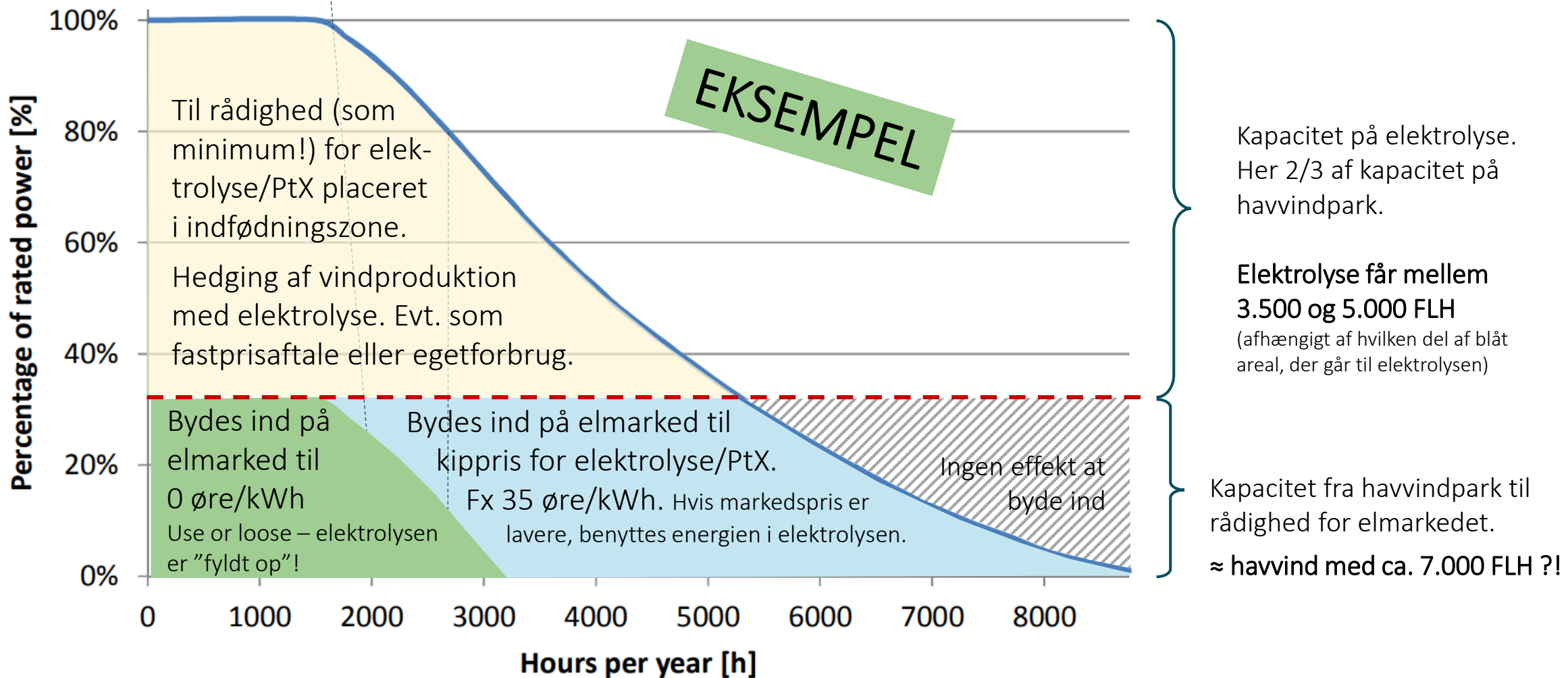
The image shows two large white wind turbines on a grassy dune. The turbine in the foreground is on the left, and the one in the background is on the right. The dune is covered in green grass, and the ocean is visible in the distance under a blue sky with some clouds. The text "Thank you for your attention" is overlaid in white in the upper right quadrant.

Thank you for your attention

# EKSTRA SLIDES (KUN TIL BACKUP/SPØRGSMÅL)

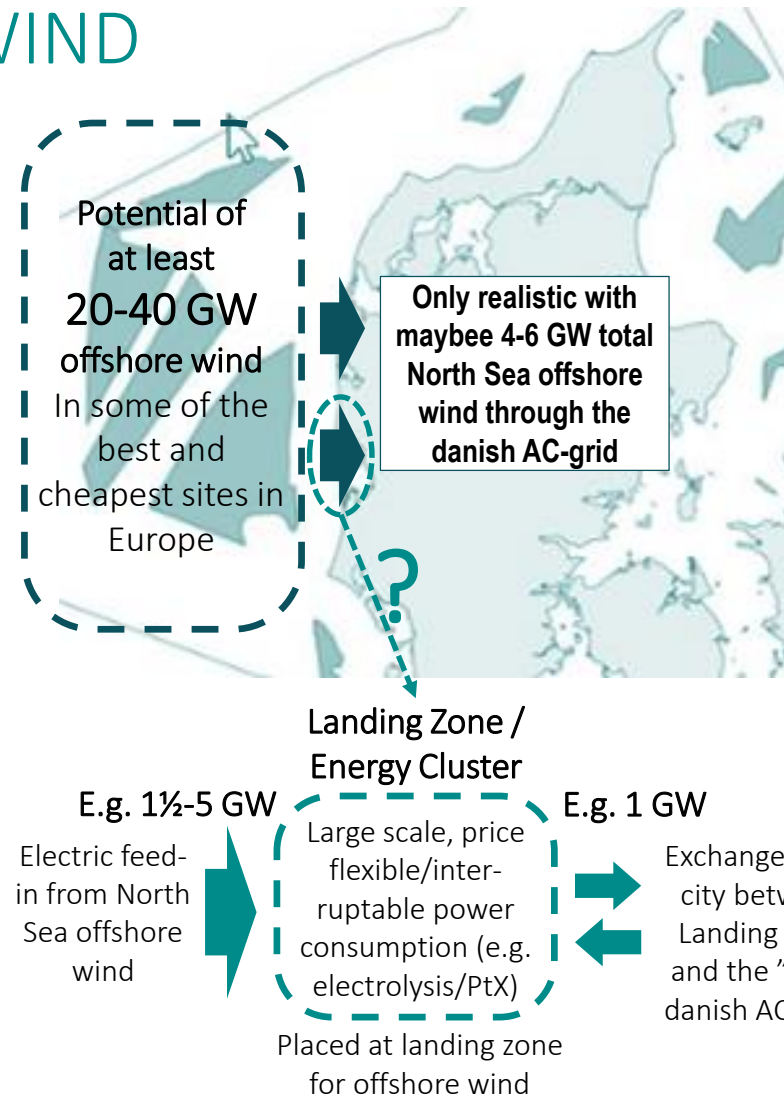
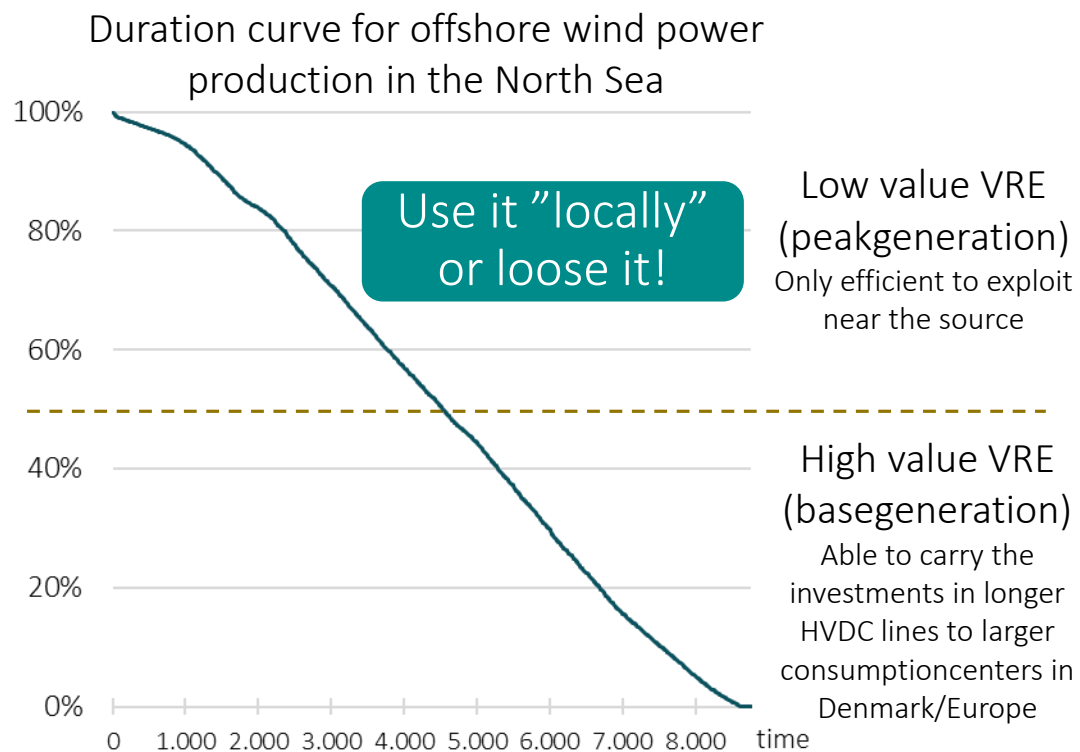
## Varighedskurve (produktion) for havvind i Danmark fra Teknologikataloget

Eksempel hvor kun 1/3 af havvindkapacitet kan fødes ind i elsystemet



# INTEGRATION OF MULTI GW OFFSHORE WIND

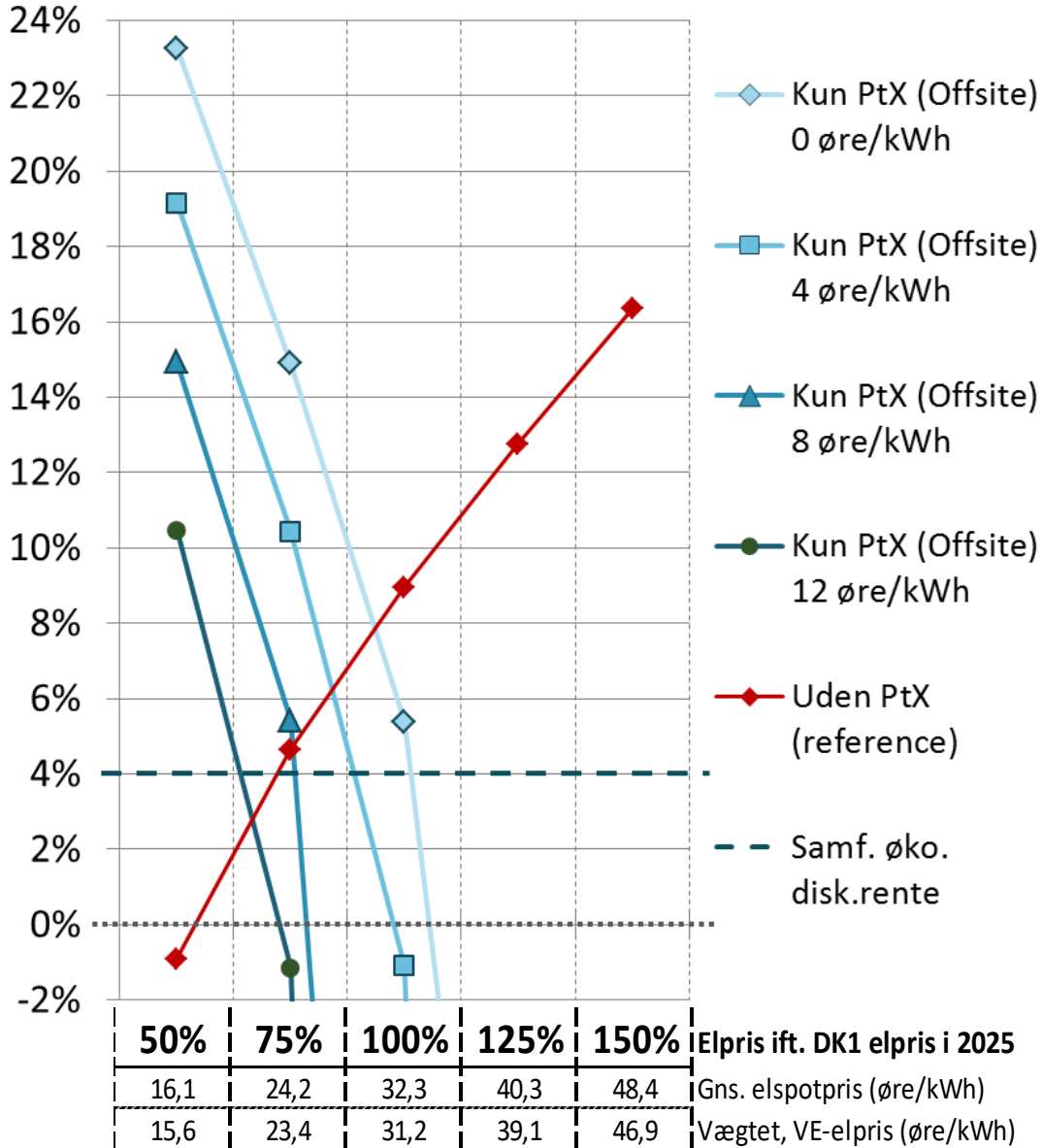
APPLIES TO LARGER ONSHORE VRE AS WELL!





# Rentabilitet for PtX-only og VE-only ift. elpris

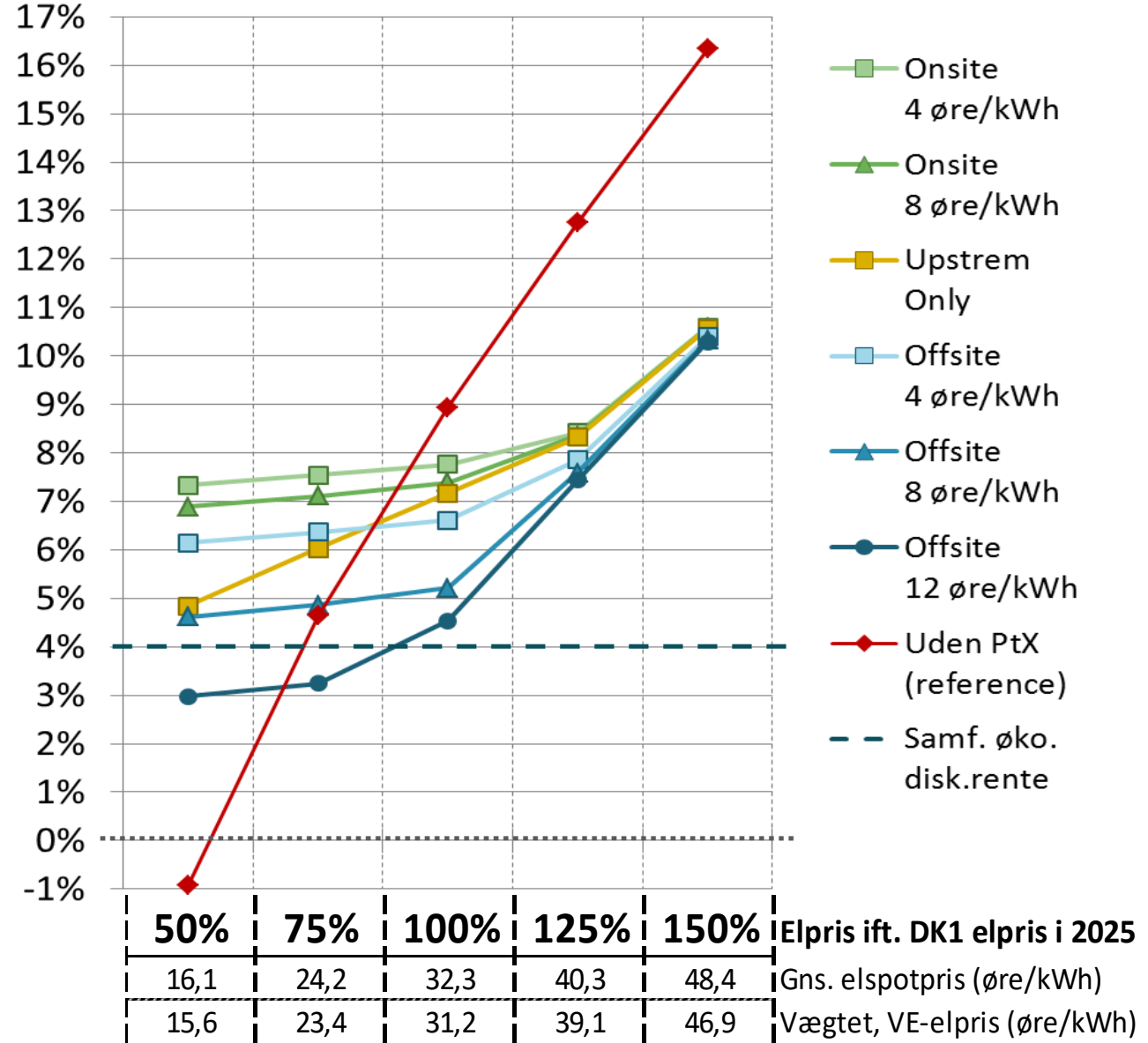
Intern rente (real) ved EBITDA i hele levetid som år 1, 2025 (AF2018)



Note: 20 MW<sub>el</sub> PtX (elektrolyse/metanol-anlæg)  
 VE-anlæg på 50 MW landvind og 25 MW sol, pv (mark)

# Hedging ved kombination af PtX og vind/sol

Intern rente (real) ved EBITDA i hele levetid som år 1, 2025 (AF2018)



Note: 20 MW<sub>el</sub> PtX (elektrolyse/metanol-anlæg)  
 VE-anlæg på 50 MW landvind og 25 MW sol, pv (mark)

# ET MULIGT ANVENDELSESHIERAKI...

...for energiresourcer frem mod en fossilfri energiforsyning

1. **Fleksibelt elforbrug (fx til transport og varme) baseret på brændselsfri teknologi** (fx vind/sol), når det teknisk, økonomisk og praktisk inden for rækkevidde. Direkte elektrificering er typisk langt mest energieffektivt – og typisk billigst, særligt når det er fleksibelt elforbrug!

---

2. **VE brændstoffer UDEN kulstof (fx brint og ammoniak)**, når direkte elektrificering ikke er teknisk, økonomisk el. praktisk muligt. Også OK til (spidslast) el- og varme-produktion, når det er konkurrencedygtigt. Uanset hvor "grønt" kulstoffet er, udleder det fysisk CO<sub>2</sub> ved forbrænding!
3. **VE kulbrinte-brændstoffer (fx jetfuel, metan, metanol, DME, ethylen, ethanol, benzin, diesel m.fl.)**. Der hvor 1 og 2 teknisk, økonomisk, praktisk ikke kan anvendes – og evt. til backup/spidslast el- og varmeproduktion (meget lille forbrug). Biobaseret kulstof til energiformål er/bliver en begrænset, efterspurgt og dyr ressource.

DIREKTE elektrificering

INDIREKTE elektrificering

*Note: Hvis Direct Air Capture (eller Sea Capture) af CO<sub>2</sub> kan betales af markedsprisen for det grønne kulbrinte-produkt, så er det dog i mindre grad et klima- og ressourcespørgsmål at anvende kulbrinter og mere et markedsspørgsmål.*



# HAR FEJLAGTIG HØJ LCOE FOR VIND OG SOL HÆMMET PTX?

Stor frygt i revideret VE-direktiv (RED II) for at PtX drives af fossil elproduktion

## Forkerte EU-tal gør dansk vind mindre attraktiv i klimakamp

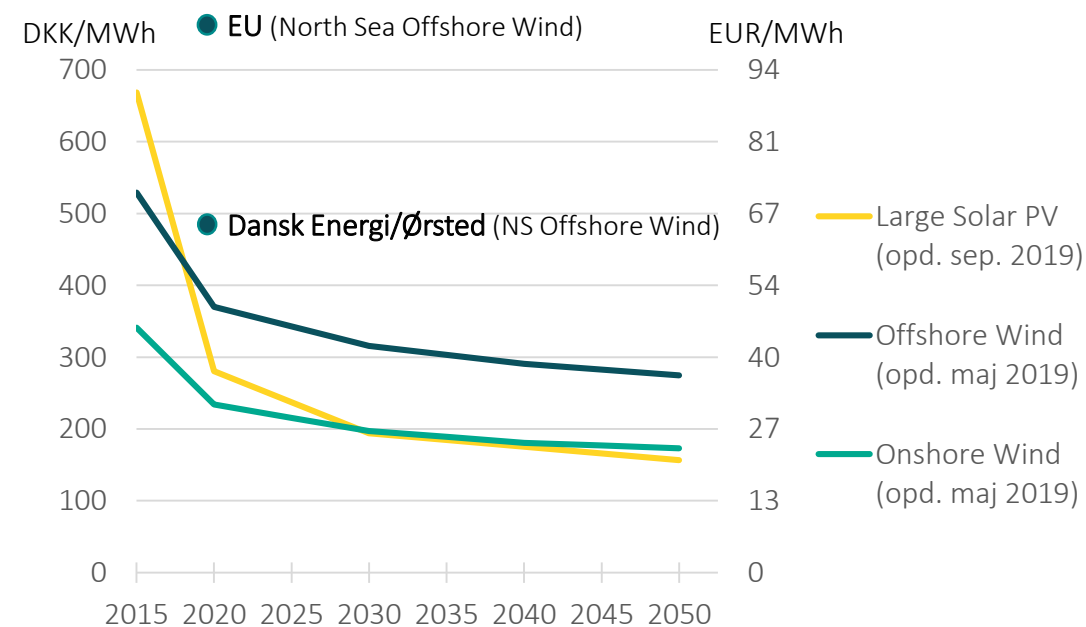
AF RITZAU

Offentliggjort 05.03.19 kl. 07:02

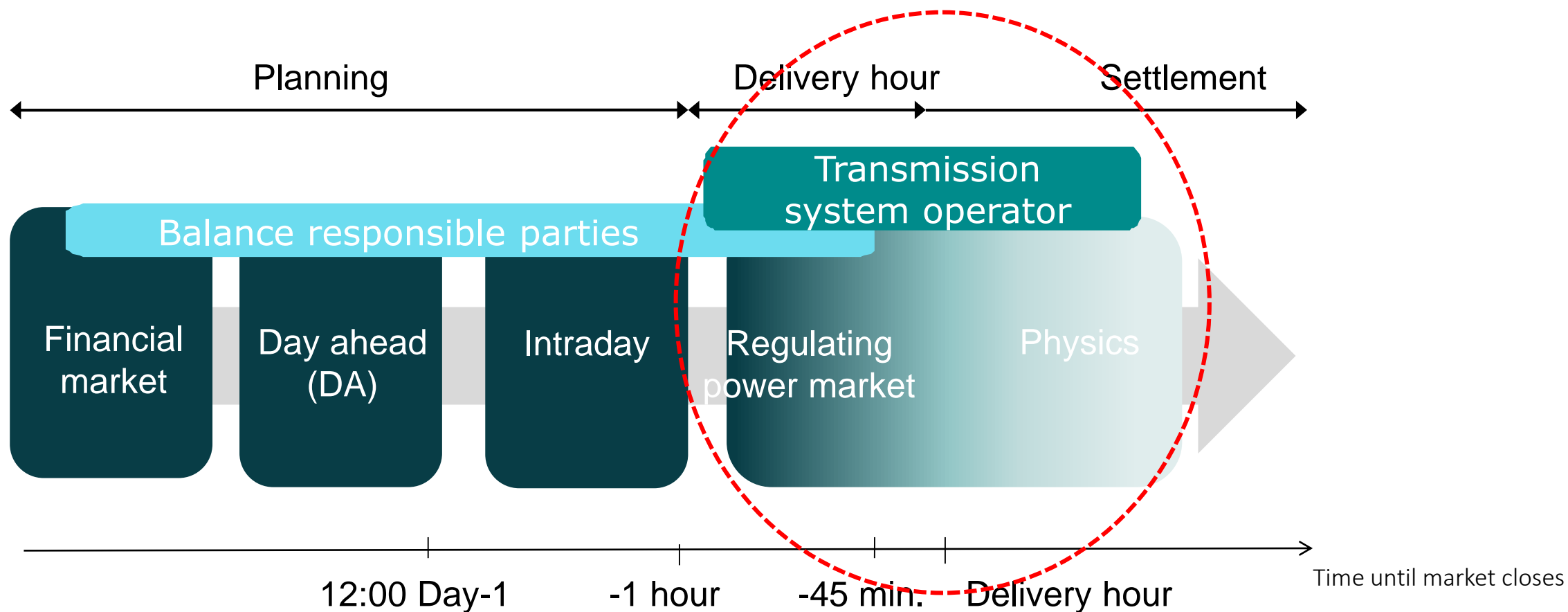
**EU regner med en pris på 99 euro per MWh fra havmøller, mens markedsprisen ifølge Dansk Energi er 65 euro.**

## Simpel LCoE jf. teknologikatalog 2019

WACC= 6 pct. (real); faste 2019-priser

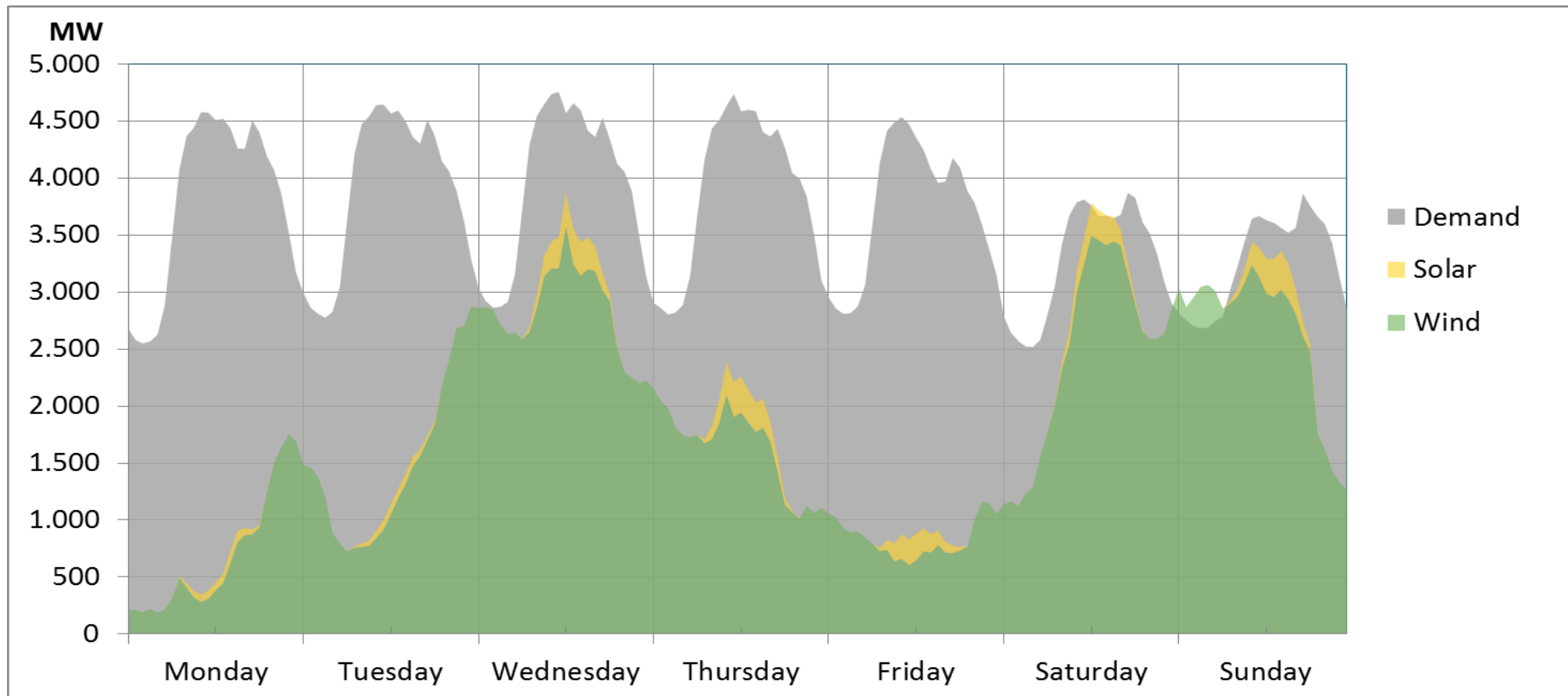


# ELECTRICITY MARKETS – NOT JUST ONE MARKET



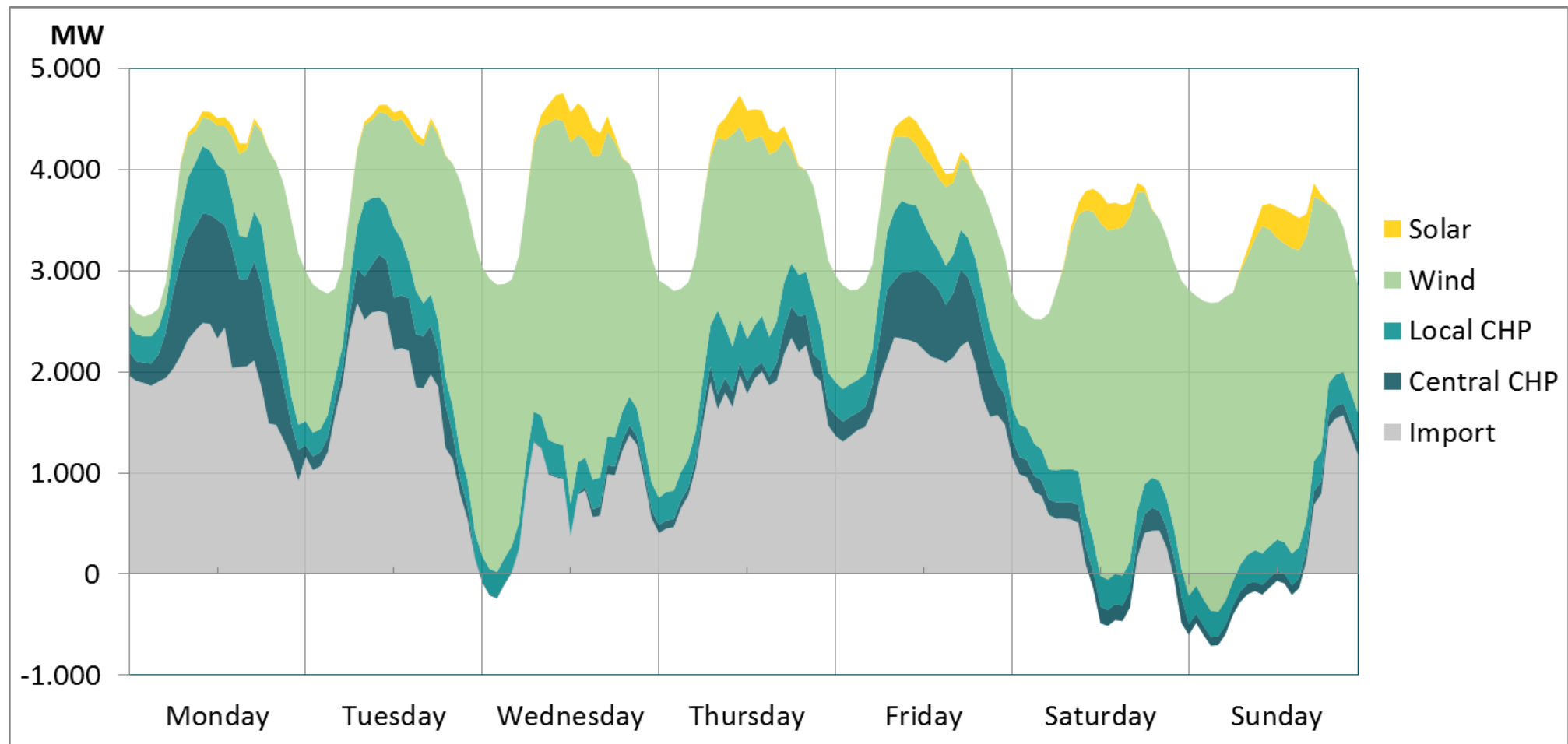
## A WEEK IN SEPTEMBER

- 51% WIND AND SOLAR



## FLEXIBILITY IN THE ELECTRICITY SYSTEM

- HOURLY DISPATCH



# SPOT PRICE, WIND POWER AND MARKET DYNAMICS

