A large background image of a paraglider with a red and blue canopy flying against a blue sky with white clouds. The paraglider is silhouetted against the bright sky. In the bottom right corner, a small wind turbine is visible on a hillside.

# > Myötätuulta tuulivoimalla

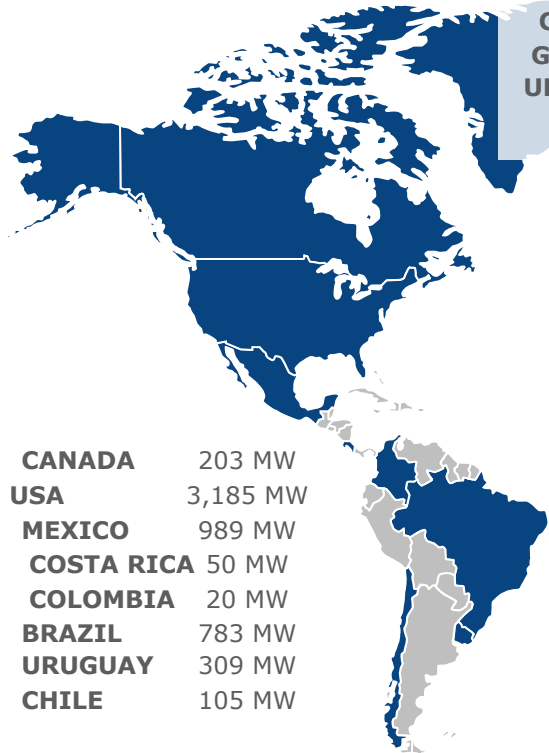
## Tuulivoimateknologian nopea kehitys - tähän mennessä ja jatkossa

Paula Kohvakka, Maajohtaja, Nordex Energy GmbH Finnish Branch

# ➤ Missä olemme maailmalla

## ➤ MORE THAN 22.8 GW INSTALLED WORLDWIDE, commissioned by Q4 2017

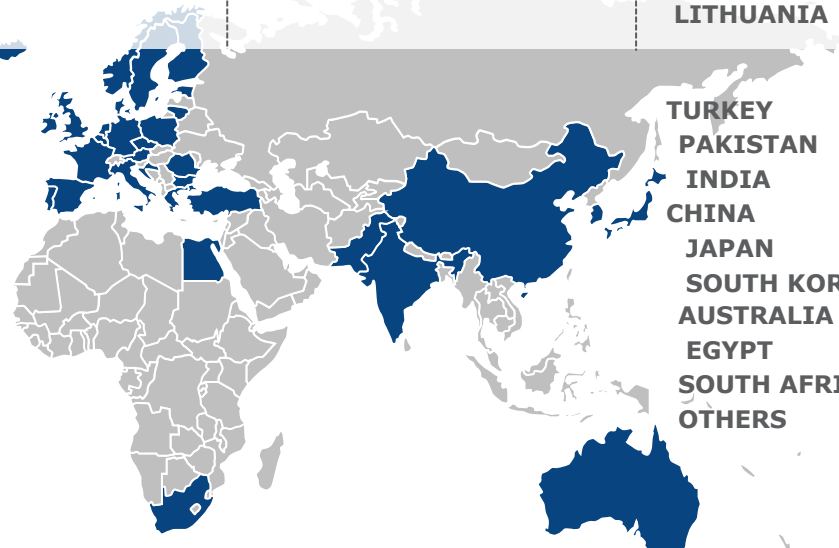
**NORDEX GROUP**  
installed capacity:  
more than 22,807 MW



|          |          |
|----------|----------|
| SPAIN    | 1,898 MW |
| FRANCE   | 1,670 MW |
| PORTUGAL | 409 MW   |
| ITALY    | 710 MW   |
| CROATIA  | 30 MW    |
| GREECE   | 127 MW   |
| UK       | 1,302 MW |

|                |          |
|----------------|----------|
| IRELAND        | 549 MW   |
| GERMANY        | 4,078 MW |
| POLAND         | 454 MW   |
| CZECH REPUBLIC | 12 MW    |
| ROMANIA        | 100 MW   |
| BULGARIA       | 8 MW     |

|             |        |
|-------------|--------|
| NORWAY      | 150 MW |
| SWEDEN      | 435 MW |
| FINLAND     | 473 MW |
| DENMARK     | 152 MW |
| BELGIUM     | 48 MW  |
| NETHERLANDS | 274 MW |
| ESTONIA     | 18 MW  |
| LITHUANIA   | 70 MW  |



|              |          |
|--------------|----------|
| TURKEY       | 1,584 MW |
| PAKISTAN     | 150 MW   |
| INDIA        | 78 MW    |
| CHINA        | 1,053 MW |
| JAPAN        | 73 MW    |
| SOUTH KOREA  | 65 MW    |
| AUSTRALIA    | 239 MW   |
| EGYPT        | 63 MW    |
| SOUTH AFRICA | 563 MW   |
| OTHERS       | 330 MW   |



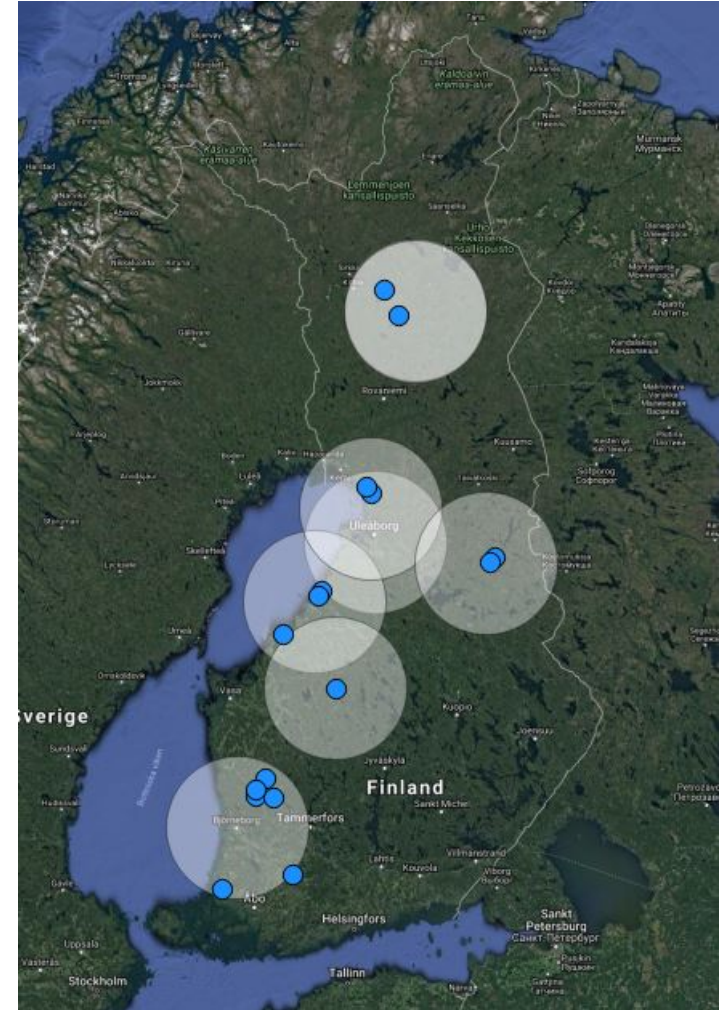
**RANKING**  
6<sup>th</sup> place of world  
wind manufacturer  
(BNEF)



**MARKET SHARE**  
9.0%

## Nordex Suomessa

- Asennettua tuulivoimakapasiteettia Suomessa 480 MW, markkinaosuus 23%
- Toiminnot Suomessa kattaa myynnin, projektinjohton, huollon ja ylläpidon sekä hallinnon
- Kattava huoltoverkosto, lisää huoltopisteita rakennetaan tarpeen mukaan uusien tuulipuistojen yhteyteen
- Vuonna 2019 Nordex rakentaa 190 MW lisää kapasiteettia, hankkeet toteutetaan markkinaehtoisesti (sähkön ostajina Google ja IKEA).
- Henkilöstöä Suomessa noin 75, projektien rakennusvaiheessa käytämme lisäksi henkilöstöä muista maista sekä alihankkijoita



## Tuulivoimateknologian alkuvaiheet

- 1985 Yhtiö aloitti toiminnan Tanskassa, siirtyi myöhemmin Saksaan
- 1987 Maailman isoin sarjatuotettu turbiini N27/250
  - Ensimmäinen torni oli 30 metriä korkea, vuosien myötä korkeutta kasvatettiin 115 metriin
  - Vähätuulisille alueille kehitettiin N27/150
- 1996 ensimmäinen sarjatuotettu 1MW turbiini
- 2000 ensimmäinen N80/2500 voimala  
Eli 13 vuodessa voimalan teho kasvoi x10!



*N27/250 vuonna 1987*

## ➤ Teknologinen kehitys vuodesta 2000

- Voimaloiden koko on kasvanut radikaalisti viime vuosina.
- Kehitys viimeisen 10 vuoden aikana:
  - Roottorin halkaisija +60 metriä
  - Tornit +60m – 100m (nykyisin korkein torni 164m)
  - Generaattorin koko +80%



Generation Alpha  
**N80/2500**



Generation Beta  
**N90/2500**



Generation Gamma  
**N90/2500**  
**N100/2500**  
**N117/2400**



Generation Delta  
**N100/3300**  
**N117/3000-3600**  
**N131/3000-3900**



Delta 4000  
**N149/4000-4500**



## Tehokäyrän kehitys

### Esimerkkejä voimaloiden vuosituotannoista

| Turbiini  | Platform | MWh/vuosi |
|-----------|----------|-----------|
| N100/2500 | Gamma    | 8 383     |
| N117/3000 | Delta    | 10 585    |
| N131/3600 | Delta    | 13 200    |
| N131/3900 | Delta    | 13 577    |
| N149/4380 | D4000    | 16 339    |

- Voimalan vuosituotanto on kaksinkertaistunut alle 10 vuodessa

## > Voimaloiden lapojen kehitys

Voimaloiden lavat ovat muuttuneet suhteellisesti kevyemmiksi mm hiilikuidun käytöstä johtuen. Lisäksi lavan muoto on kehittynyt

NR 50



NR 65.5



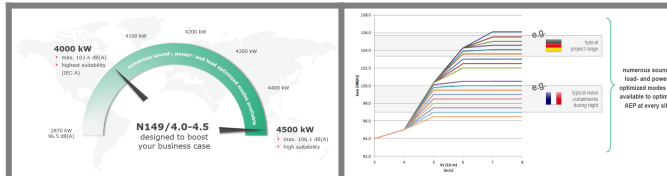
### Performance-optimized root section

- Max. chord moves further towards root to increase yield and limit loads
- Introduction of yield-optimized Nordex flatback profiles

### Sound & load-optimized tip section

- More slender outboard section to optimize load and wake properties
- Selection of proven family of profiles with superior sound power properties

# Kokonaistuotantokustannus teknisen suunnittelun pohjana

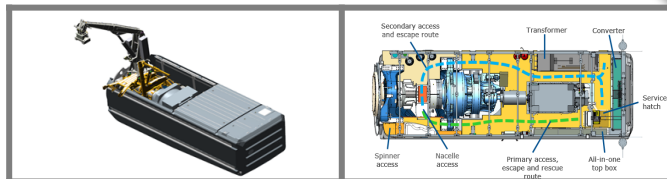


**maximize output of each position**  
(e.g. suitability, sound, rating)

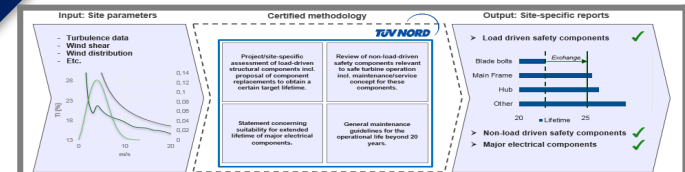


**project specific customization options**  
(e.g. power curve optimizations)

**holistic COE reduction**



**Improved lifetime maintenance concept**  
(e.g. exchange w/o main crane)

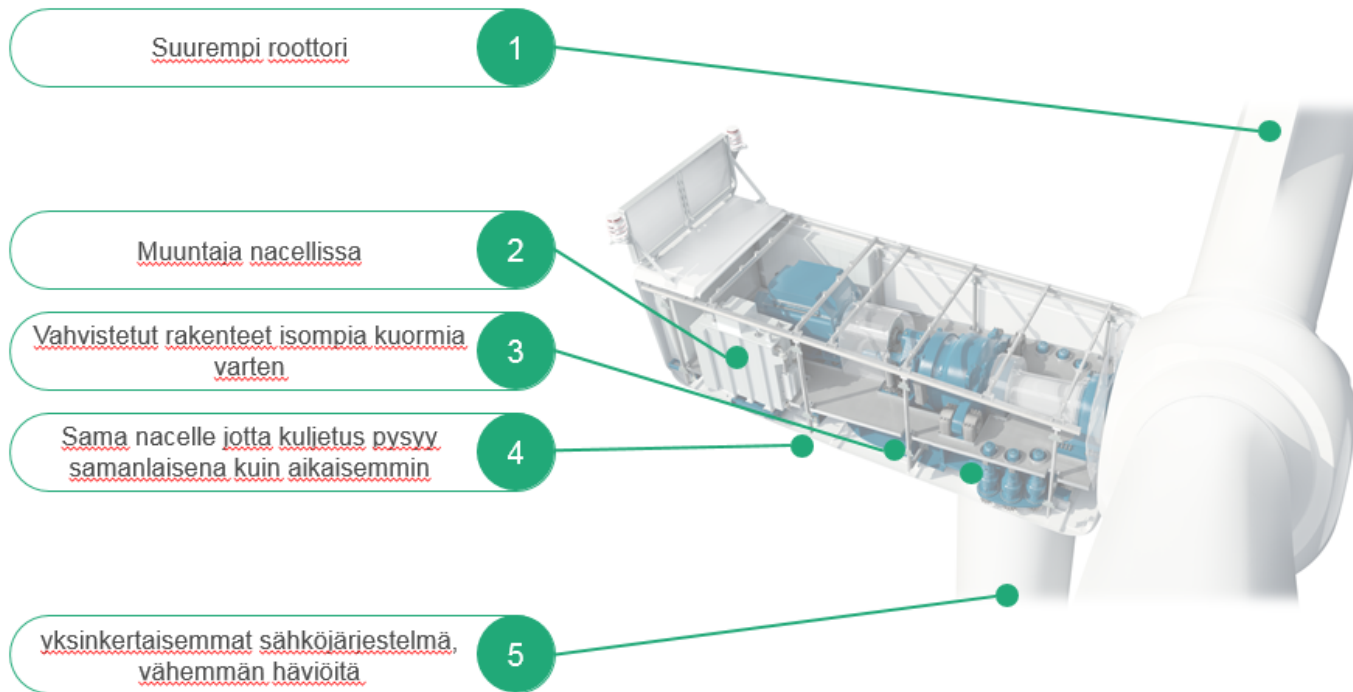


**lifetime extension**  
(through certified methodology)



## > Teknologian optimointi

- Teknologian ja järjestelmien optimoinnin merkitys kasvaa koko ajan
- Tuotteita optimoidaan huomioiden elinkaarikustannukset ja samalla maksimoiden tuotanto.



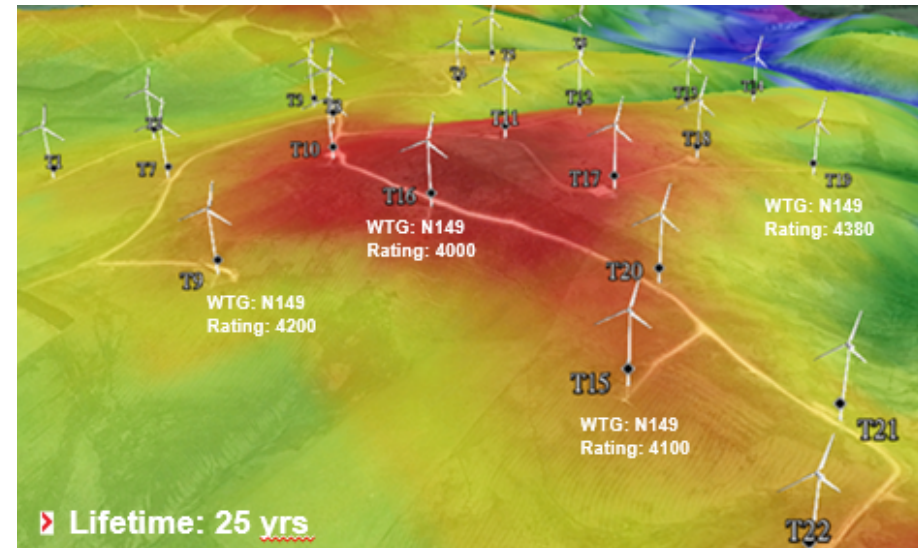
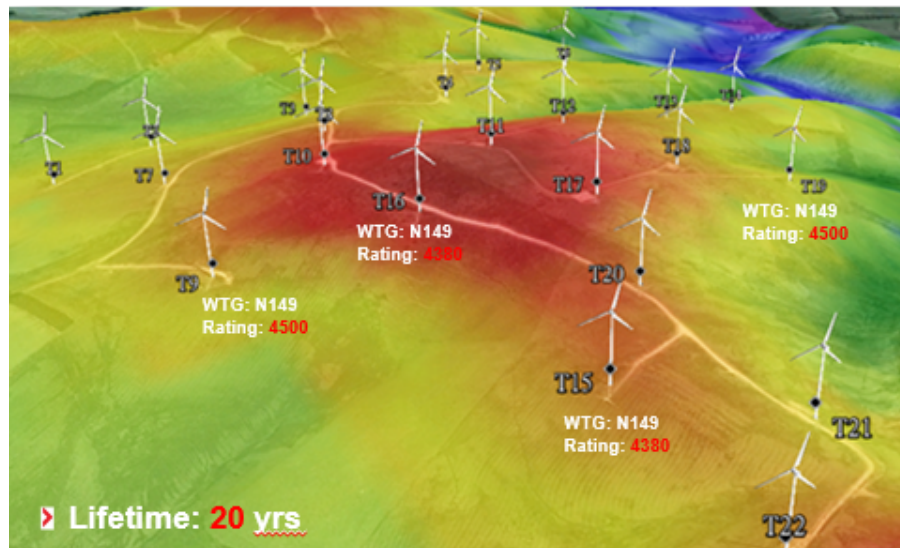
## > Voimaloiden lisävarusteet

- Voimaloiden lisävarusteilla voidaan huomioida hankkeiden tai markkinoiden erityispiirteitä ja lisätä kannattavuutta. Erityisesti Euroopan markkinalla on tarkkoja sääntelyjä esimerkiksi äänestä ja sähkön laadusta
- Sahalaitalavat (Serrations) madaltaa voimaloiden tuottamaa ääntä noin 1,5dB
- Jäänesto takaa tuotannon myös talvella ja voi lisätä 5-10% tuotantoa.

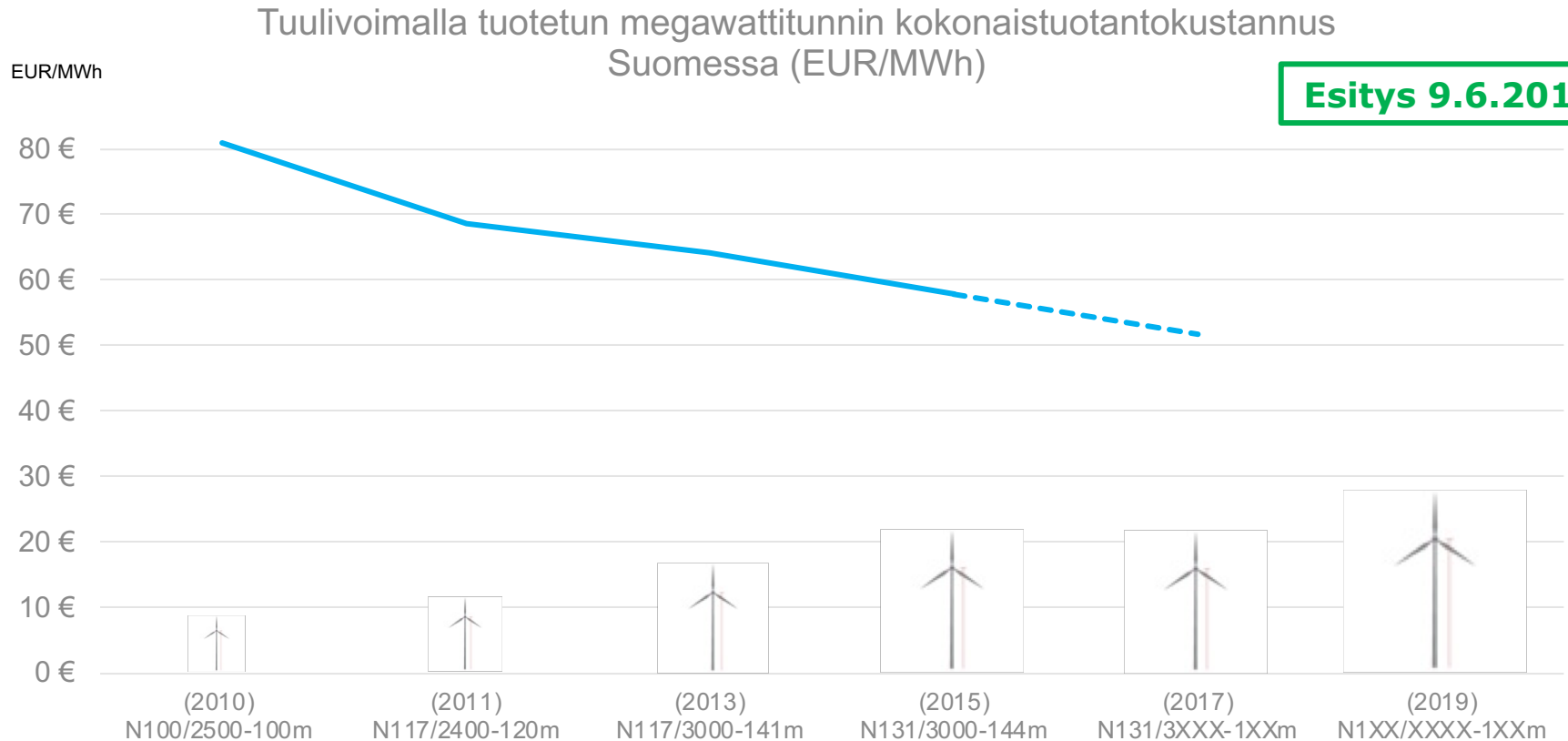


## Tuulipuiston optimointi

- Tuulipuistoja optimoidaan enemmän koko ajan. Aiemmin myytiin tyypillisesti yhtä voimalatyyppeä, ja kaikki samoilla asetuksilla yhteen tuulipuistoon.
- Nykyään optimoidaan jokaista voimalaa erikseen riippuen voimalan sijainnista puistosta, tuulennopeudesta ja huomioiden toisten voimaloiden vaikutus
- Yhtä tuulivoimalaa voidaan ilman osien vaihtoa säätää eri tehomoodeihin. Tämä lisää merkittävästi puiston joustavuutta.
- Tämä tarkoittaa myös että turbiinit voidaan tarvittaessa ajaa alemmissa moodeissa eri aikoina. Tällä tavalla voidaan maksimoida turbiinien tehotuotanto koko eliniän aikana ja myös pidentää elinikää esimerkiksi 20 vuodesta 25 vuoteen.



# Tuulivoimalaitosten kokonaistuotantokustannus (LCoE) 2010-2016



- Tuulivoimalaitoksien **teknologinen kehitys on edennyt eksponentiaalisesti** 2010 ->
  - Tehokkuus (tuotettu MWh) on lisääntynyt ja kustannukset ovat alentuneet samanaikaisesti.
  - Äärimmäisen kova **markkinakilpailu** globaalisti ja Suomessa
  - Uuden teknologian salliva luvituskäytäntö mahdollistaa **kustannustehokkaimman mahdollisen tuulivoimatuotannon!**

## Tuulivoimalaitosten kokonaistuotantokustannus (LCoE) 2018-



- Yhä suurempia voimaloita julkaistu
  - Milloin tulee teknologiset rajat vastaan?
  - Mitä luvitus mahdollistaa?
- Miten sähkömarkkinat reagoi?
- Entä tullaanko entistä fiksummiksi, joustavammiksi?