

Turvatuuli hankkeen opintojakso:

Merituulivoiman erityiskysymyksiä

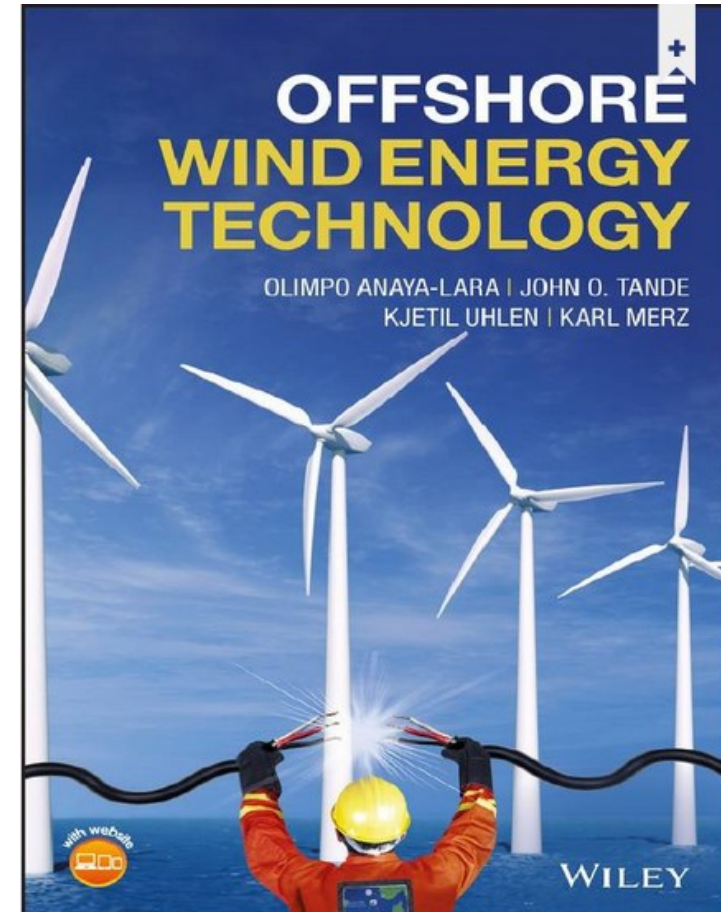
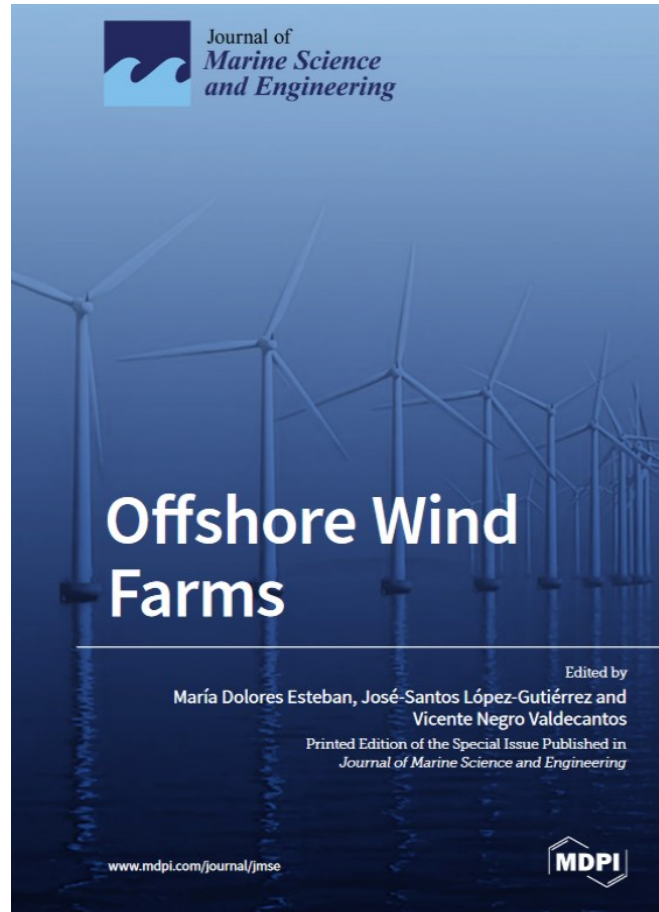
*Merituulipuiston*

*suunnittelu*

Koulutus on rahoitettu Euroopan unionin elpymis- ja palautumistukivälineellä (RRF), joka on EU:n elpymisvälineen (Next Generation EU) suurin ohjelma. Rahoituksen on myöntänyt Jatkuvan oppimisen ja työllisyyden palvelukeskus (Jotpa). Palvelukeskus edistää työikäisten osaamisen kehittämistä ja osaavan työvoiman saatavuutta. Palvelukeskuksen toimintaa ohjaavat opetus- ja kulttuuriministeriö sekä työ- ja elinkeinoministeriö



# Esityksessä käytettyä taustamateriaalia



A photograph of several offshore wind turbines in the ocean. The sun is bright in the sky, creating a lens flare effect. The water is dark blue with whitecaps reflecting the sunlight.

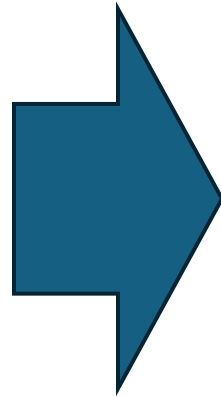
# Merituulivoimahankkeen vaiheita

- Valtio nimeää merituulivoimalle sopivat alueet
- Toimijat tekevät tarjouksia alueista, mutta tämä edellyttää hankesuunnittelua (feasibility study)
  - YVA menettelyitä
  - Yleissuunnitelman laadinnan
  - Tarjouskilpailun voittaa kilpailukykyisimmän suunnitelman/tarjouksen laatija
  - Kilpailukyky mitataan tuotetun sähkön hinnalla (LCOE), halvin voittaa
  - Tarjouskilpailun voittamisen jälkeen alkaa yksityiskohtainen toteutussuunnittelu (FEED)
  - Rakentaminen ja käyttöönotto

# Offshore wind farm Front-end engineering design (FEED)

## *Feasibility study*

Tuuliolosuhteet  
Merenpohja  
Luontoarvot  
Kaavoitus  
Talous



## *FEED*

- Perustussuunnittelu
- Sähkösuunnittelu, kaapelointi
- Voimalaitosvalinta
- Puistosuunnittelu, layout, micrositing
- Rakentamisen ja asennuksen suunnittelu
- On- ja offshore huolto- ja majoitustilat
- Käyttösuunnitelma (O&M)
- Logistiikan suunnittelu
- Kartoitus satamista ja tarvittavista rakennusaikaisista resursseista

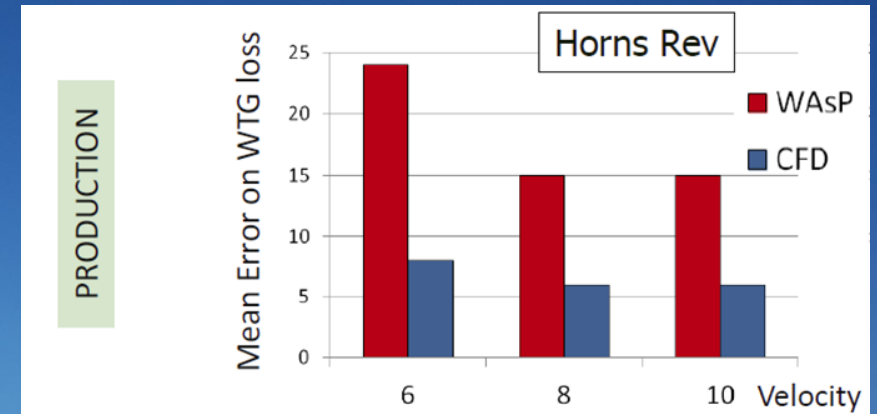
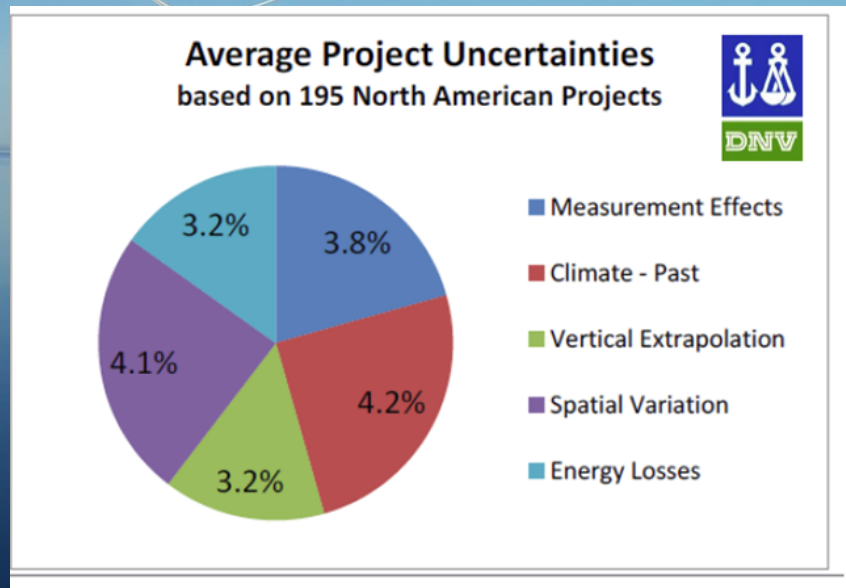
# Lidar (Light Detection and Ranging) mittausmasto tuulen mittaukseen



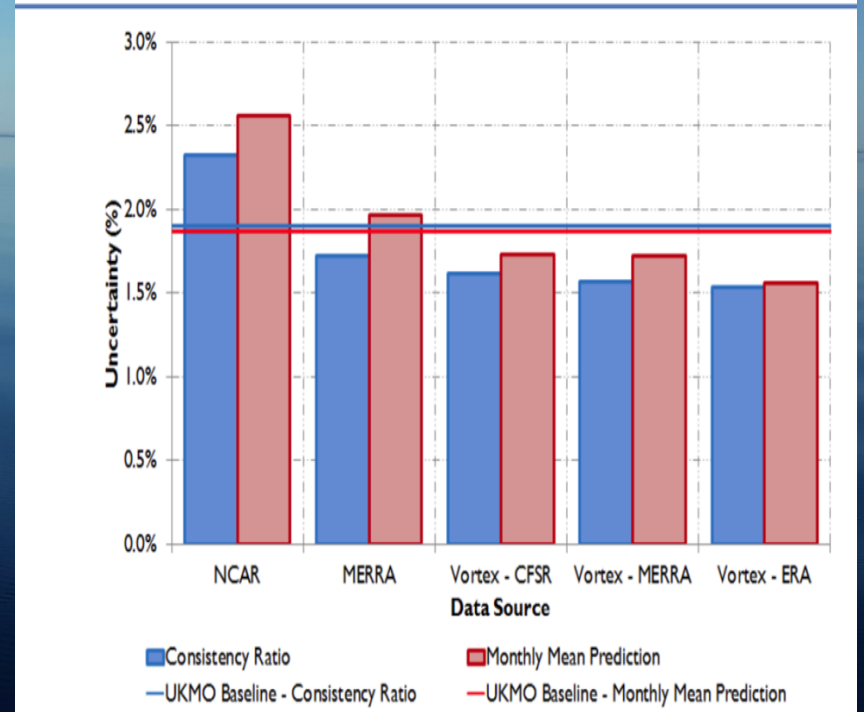
- Lidarissa on monia etuja, mutta isoissa puistoissa usein myös mittausmasto; hybridiratkaisu
- Lidar mittaa tuulen nopeuden luotettavasti 200 m
- Lidar on kustannustehokas, mutta kova merenkäynti voi olla haasteena

# Mahdollisia ongelmakohtia

- Tuulimittausdata on epäluotettavaa, väärää havaintoja tai puuttuvaa data.
- Pitkän aikasarjan datassa on virheitä tai sen sekä vertikaalinen että horisontaalinen interpolointi epäonnistuvat.



## UK – Regional Validation



# Esimerkki tuulipuiston häviöistä ja epävarmuustekijöistä

## Häviöt - Losses

Wake losses	6 %
Turbine down time (technical)	3 %
Grid unavailability	0,6 %
Electrical Losses in the wind farm	2 %
Electrical Losses from the wind farm to the TSO grid measurement point	2,4 %
Environmental issues (noise, icing etc.)	4,5 %
Need for curtailment (economical)	2 %
<b>Total losses</b>	<b>20 %</b>

## Epävarmuudet - Uncertainties

Wind measurement	3 %
Long term correction	2,5 %
Climate variation	2,5 %
Wind Model: Vertical extrapolation	2,3 %
Wind Model: Horizontal extrapolation	1,2 %
Other wind Model	1,5 %
Power Curve	2 %
Estimating losses	1 %
<b>Total Uncertainties</b>	<b>16 %</b>



# Todennäköinen vuosituotanto P50/P84/P90



<b>Vestas V112</b>	<b>3,3 MW</b>
Gross AEP	10 200 MWh
Losses	- 2040 MWh
Net annual Energy Yield (P50)	8160 MWh
Uncertainties 16 %	-1305 MWh
P 84	6854 MWh
<b>P 90</b> (P50 – uncertainty x 1,28)	<b>6489 MWh</b>

- Tuulipuiston laskennallinen vuosituotanto vähennettynä häviöillä (losses) ☐ Todellinen arvioitu vuosituotanto (P50) (Annual Estimated Production AEP)
- P50 = tuulipuisto tuottaa 50 % vähintään tämän verran sähköä vuodessa
- P84 = Todellinen arvioidusta vuosituotannosta vähennetty epävarmuusprosentin verran tuotantoa (uncertainties)
- $P50 - 1,28 \times \text{the Uncertainty percentage} = P90$

# Micrositing A

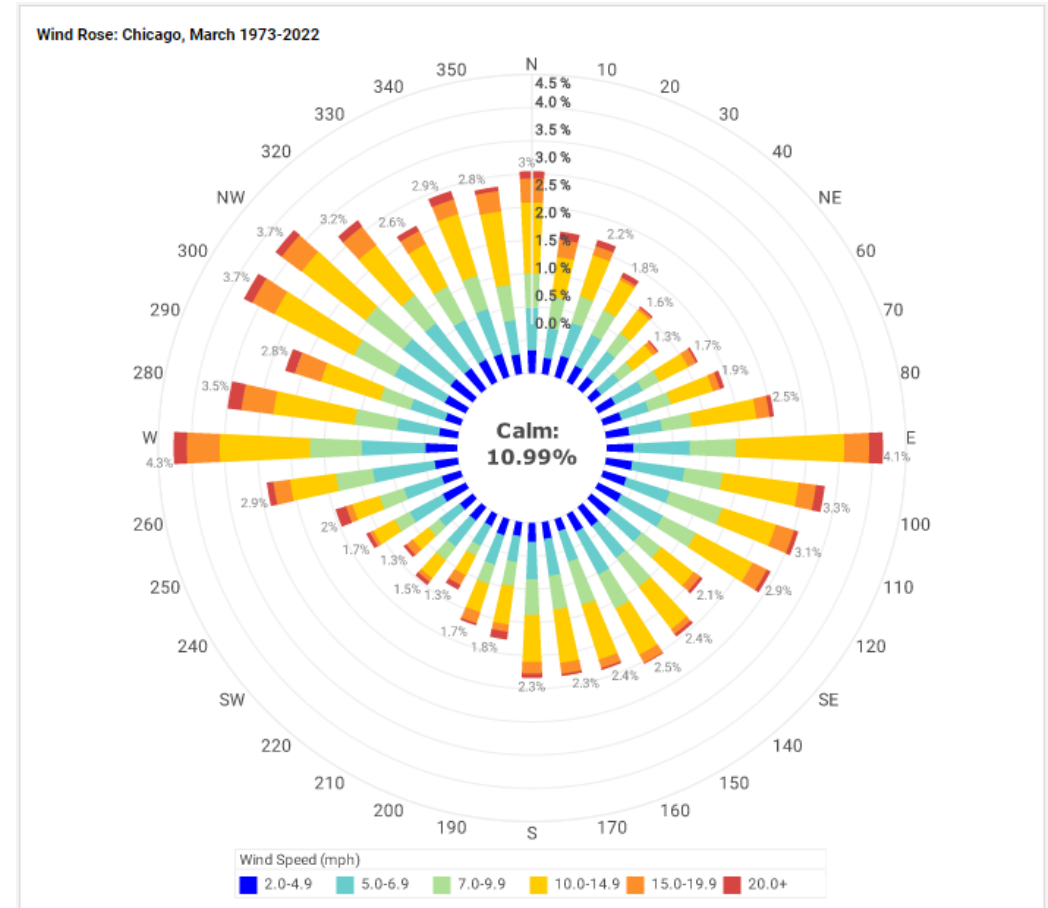
- Merenpohja
- Muiden voimaloiden jättövirtaukset (pitkä etäisyys voimaloiden välillä)
- Kaapeloinnin lähtökohdat (lyhyt etäisyys voimaloiden välillä)
- Veden syvyys
- Ympäristönäkökohdat



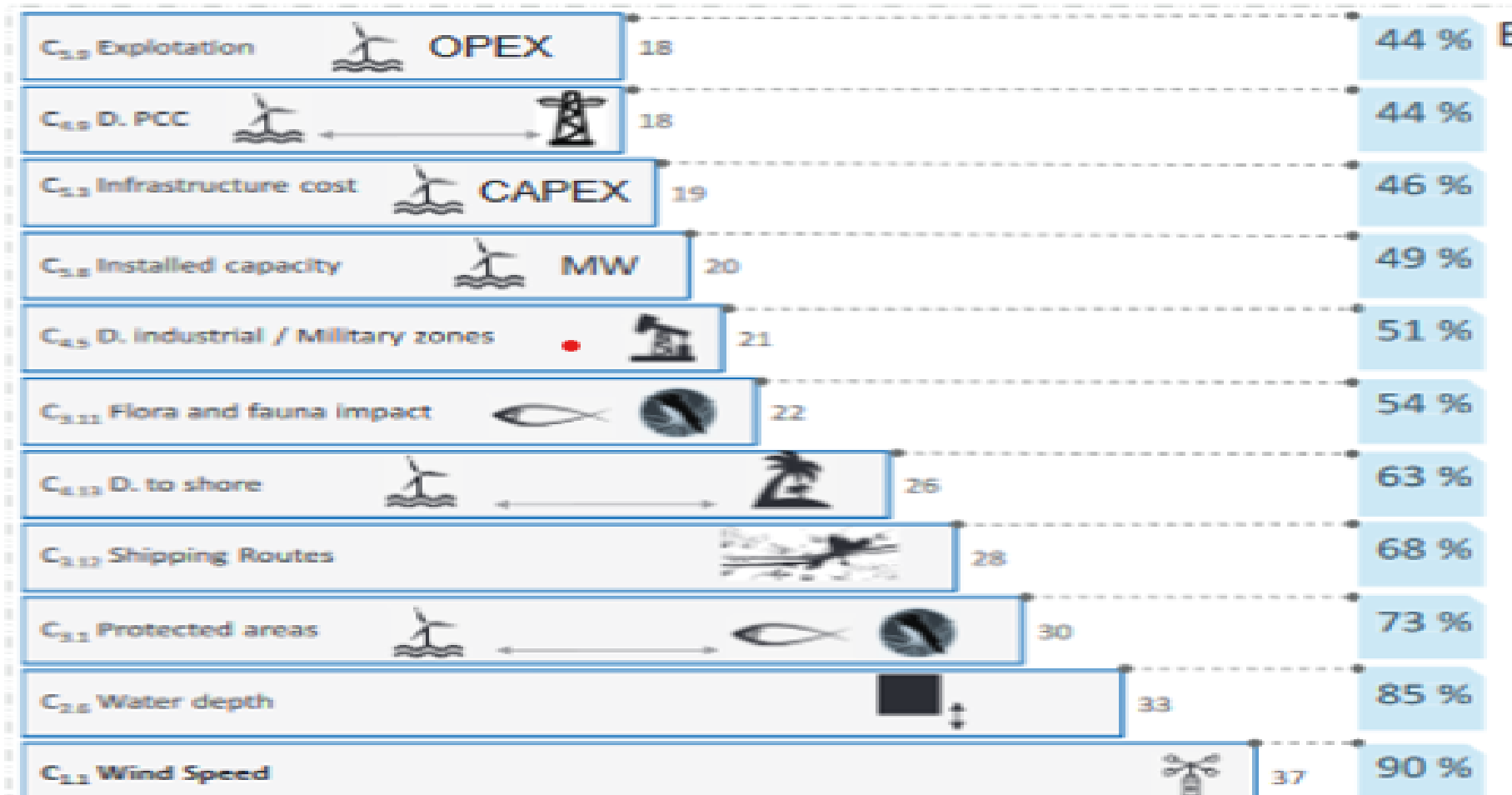
Wake interactions in Horns Rev Offshore Wind Farm, Denmark. (Photo by Christian Steiness / Vattenfall)

# Micrositing B

- Kustannuksien minimointi
- Asennettavuus (Alusten saatavuus ja käytettävyys)
- Tuuliolosuhteet (Tuuliväanne, tuuliruusu)
- O&M suunnitelma, matka huoltokeskukseen



# Suunnittelun keskeisiä tekijöitä



# Yhteenveto

- Oikeat panostukset sekä feasibility studyssa että FEED:ssä
- Tuulipuiston layoutin suunnittelussa haetaan optimia investointikulujen ja maksimaalisen tuotannon väliltä.
- Kun puiston bruttotuotannosta on vähennetty häviöt saadaan arvio vuosituotannosta (AEP) (P50).
- Epävarmuustekijöiden minimointi parantaa rahoitettavuutta sekä parantaa tunnuslukuja (P75 – P90).



# Kiitos!

**Ossi Koskinen**  
Yliopettaja,

Ossi.koskinen@turkuamk.fi