

Università degli Studi di Padova  
Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia

***Relazione per la prova finale***  
***Ricostruzione di profili di generazione eolica offshore:  
confronto tra Windatlas-xyz e Renewables-ninja***

Tutor universitario: Prof. Giuseppe Zollino

Padova, 15/03/2022

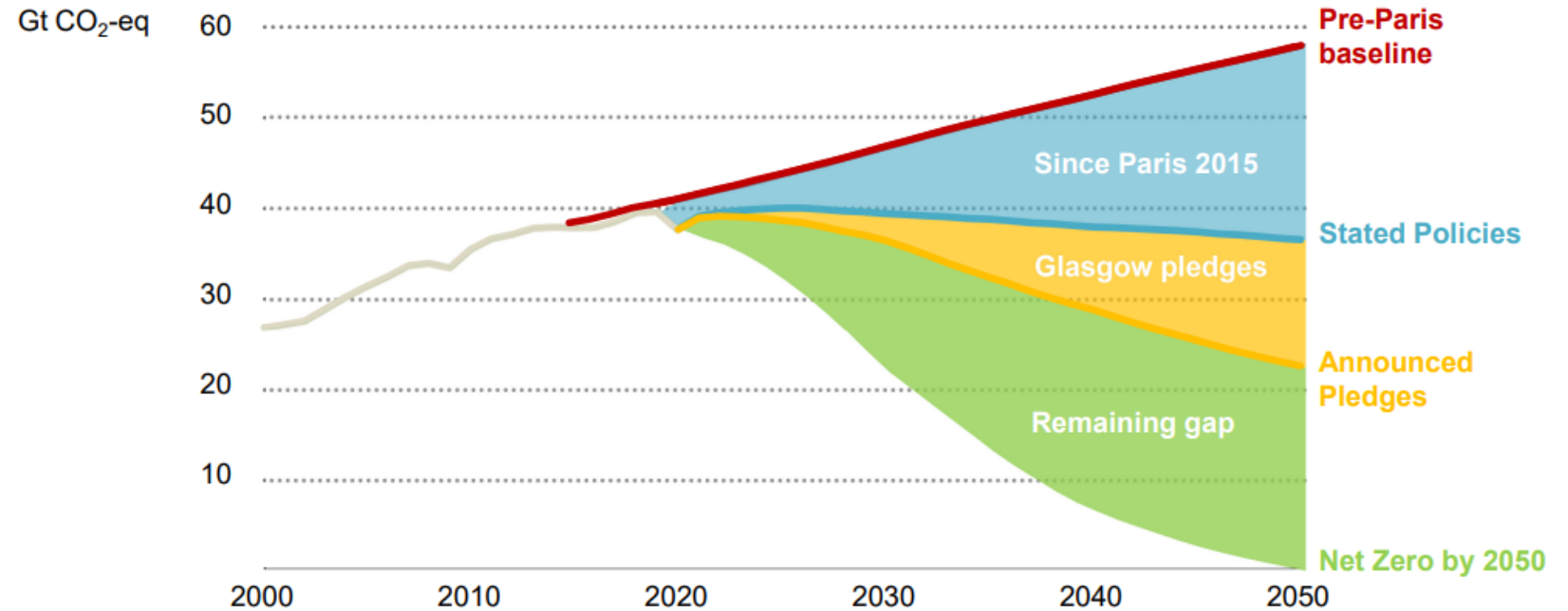
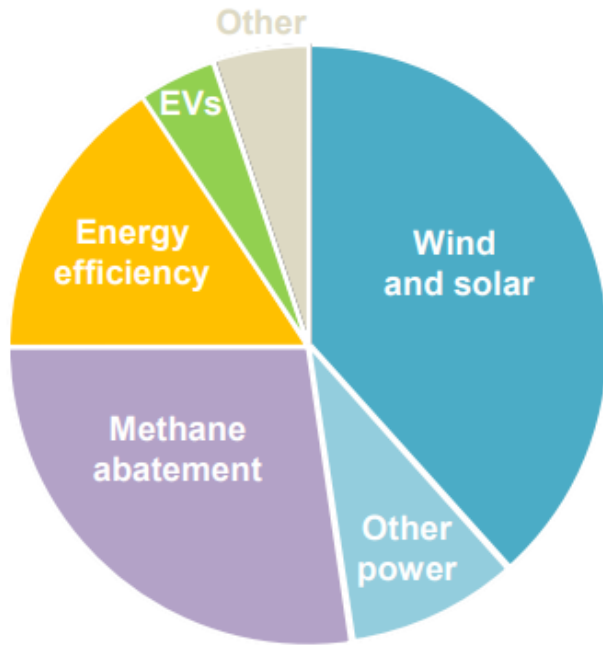
Laureando: *Borsatto Francesco*

# World Energy Outlook 2021

↓  
**COP26** → Necessario raddoppiare  
l'installazione annuale di eolico e  
fotovoltaico

## Net Zero Emissions (NZE)

- Zero emissioni CO<sub>2</sub> entro 2050
- Aumento temperatura entro gli 1,5°C



Efficacia dei costi delle politiche per ridurre il gap con l'NZE

Confronto degli scenari futuri in funzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>

# Energia Eolica

La più sviluppata ed economica delle rinnovabili insieme al fotovoltaico

↓  
**Offshore**

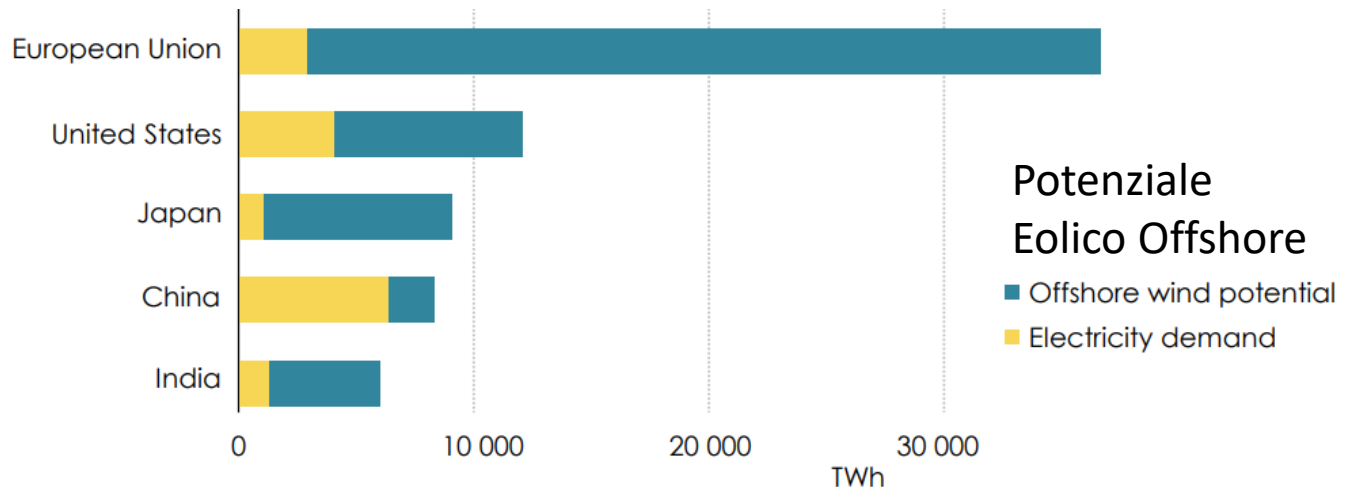
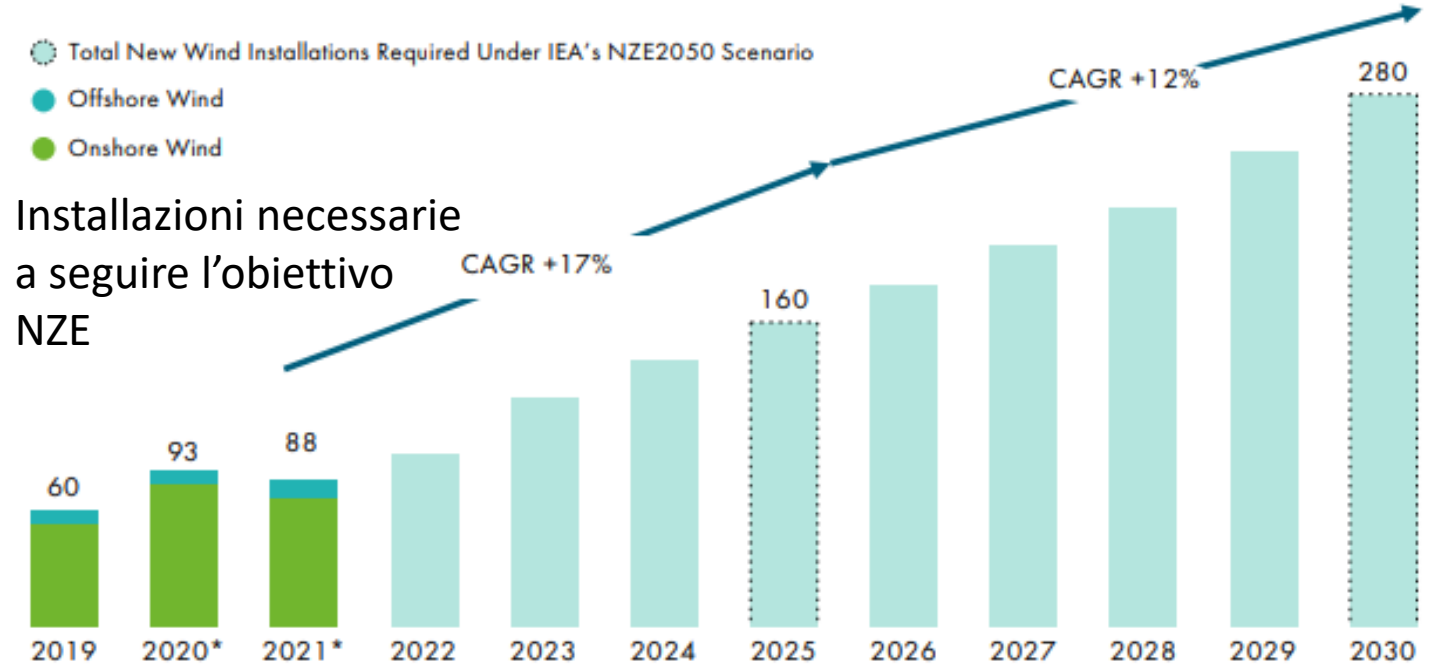


## PRO

- Territorio sfruttabile
- Caratteristiche del vento
- Minore Impatto ambientale

## CONTRO

- Costo di installazione

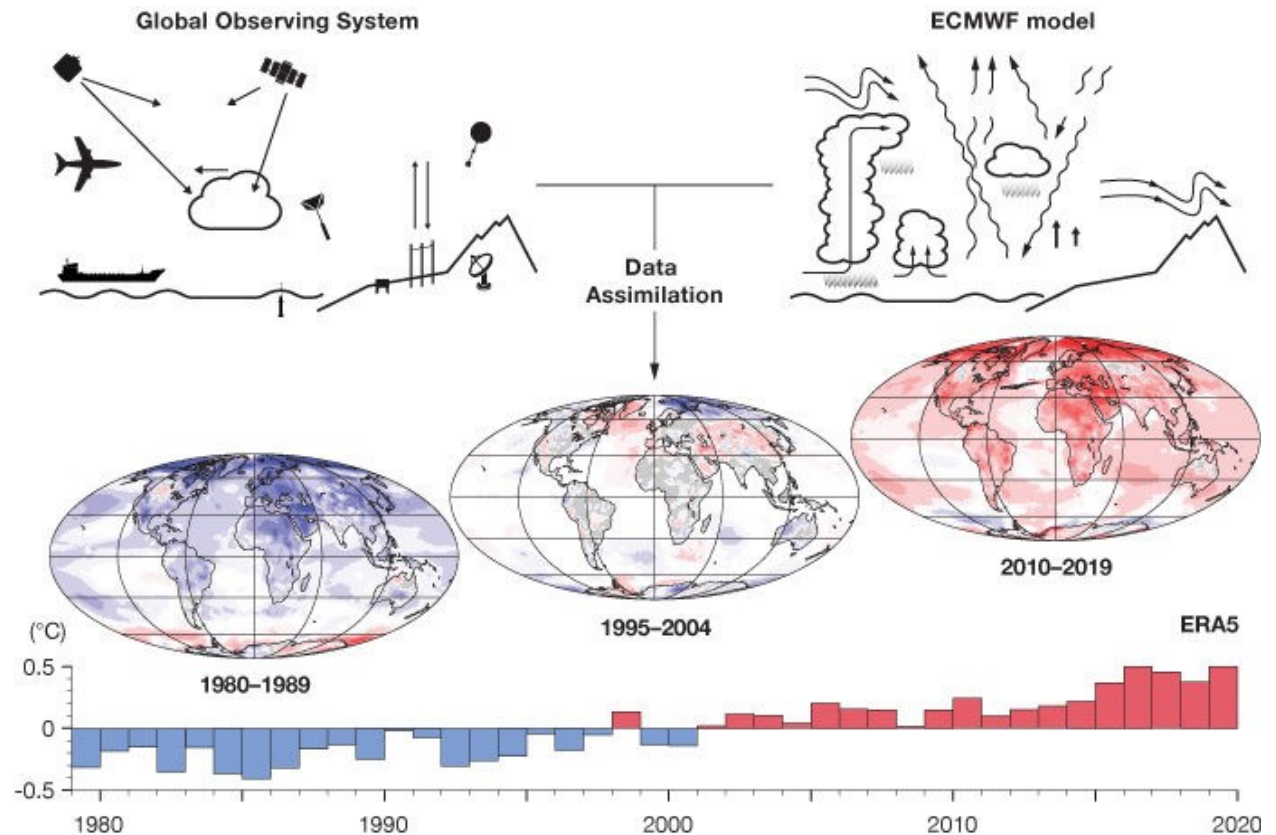
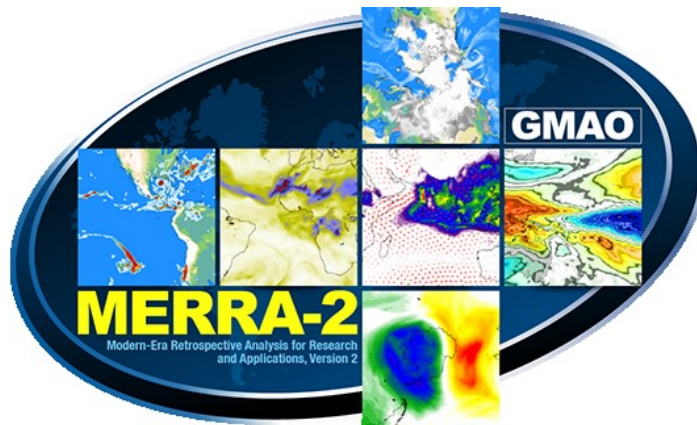


# Rianalisi

Osservazione + Modello di circolazione  
dei fenomeni ↓ atmosferica

Forniscono un'analisi retrospettiva invece di una previsione

- MERRA-2 (NASA)
- ERA-5 (ECMWF)



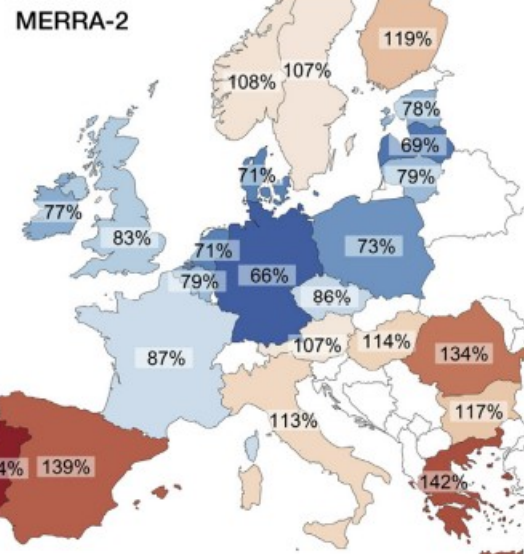
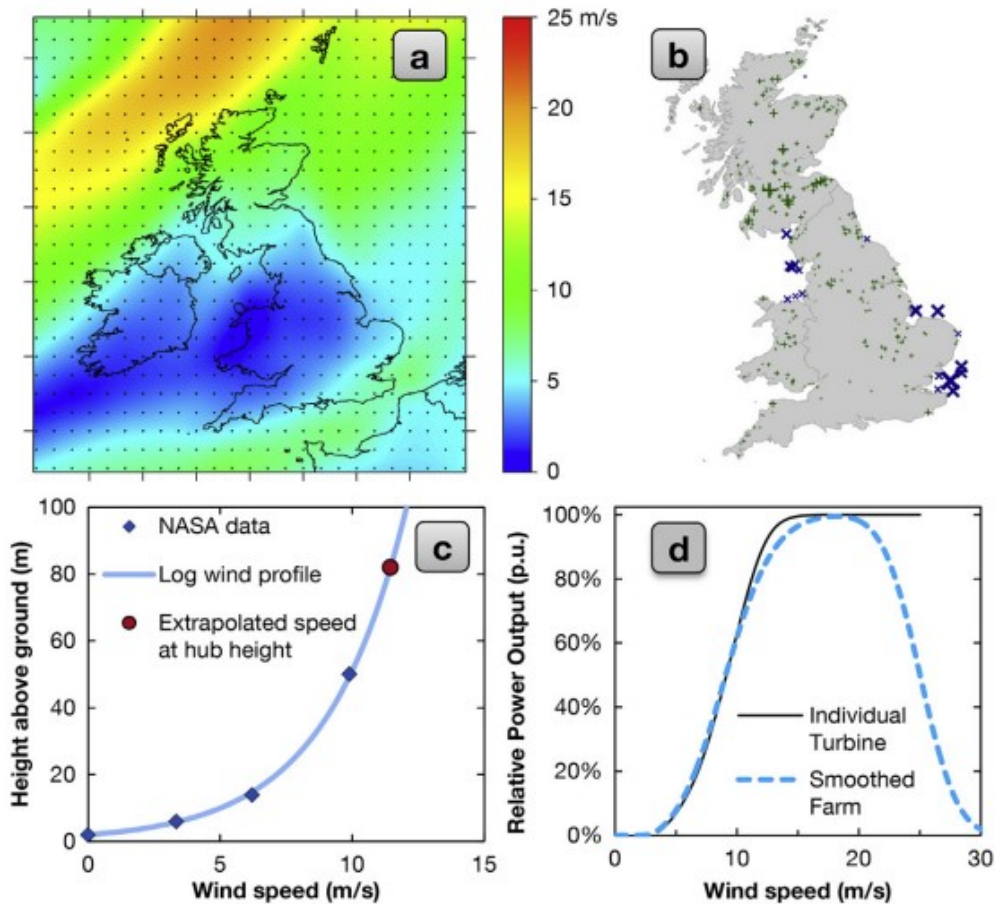
# Renewables Ninja

Iain Staffell, Stefan Pfenninger, 2016



## Virtual Wind Farm:

- velocità dei venti da griglia di MERRA-2
- interpolazione alle coordinate geografiche
- estrapolazione all'altezza del mozzo dell'aereogeneratore
- velocità in fattore di capacità da curve di potenza



Fattori di correzione  
tra valori reali e  
valori simulati

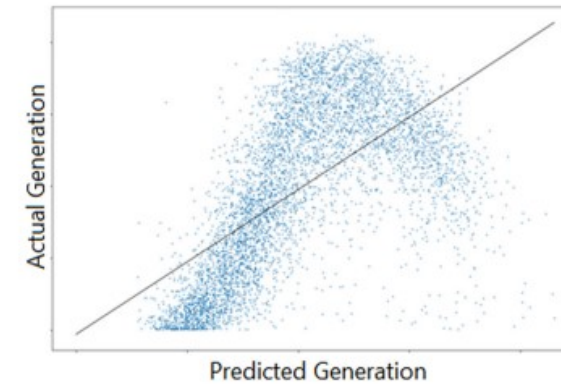
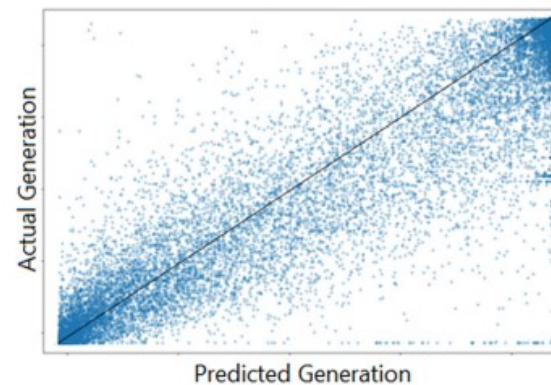
# Windatlas Xyz

Australian National University, 2020

Obiettivo uno strumento di maggiore precisione basato sull'**eolico offshore**

Metodo Virtual Wind Farm modificato:

- ERA-5 come database di riferimento con maggiore risoluzione spaziale
- altezze dei venti più realistiche
- validazione su singoli impianti di produzione
- non necessaria correzione spaziale



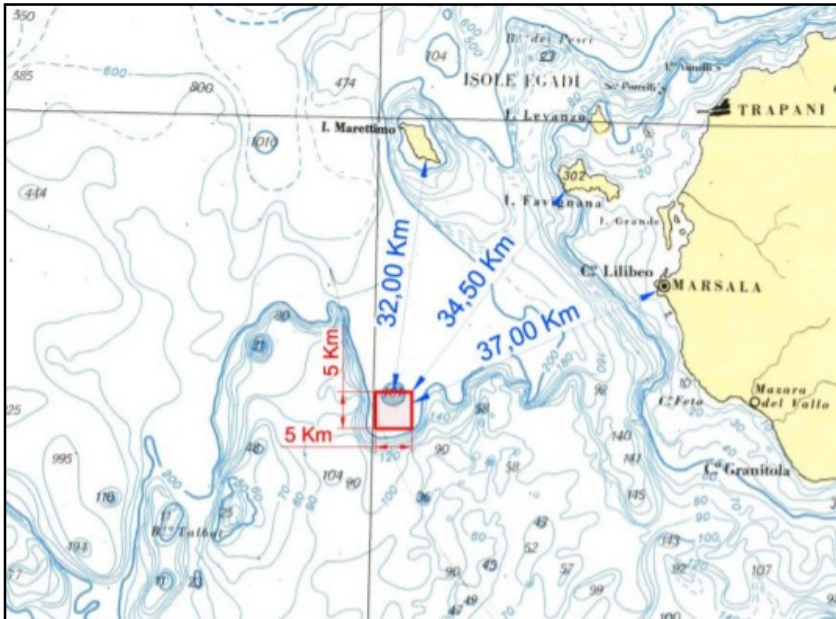
Confronto precisione risultati tra sito offshore e onshore

## I siti analizzati

Analisi di 2 progetti offshore galleggianti  
nelle acque italiane

### 7 Seas Med

Canale di Sicilia, 25  
turbine da 10 MW

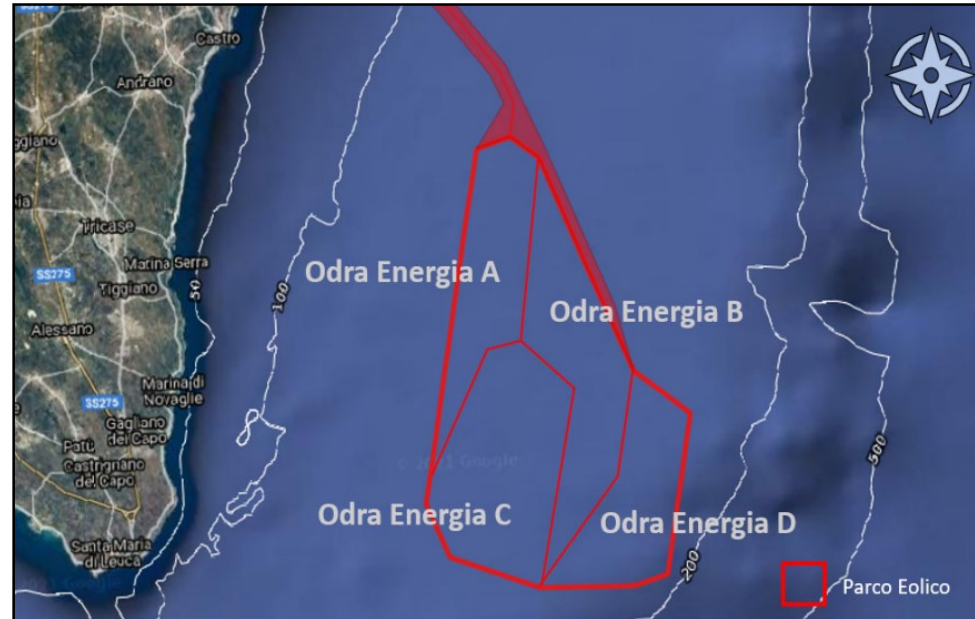


## Dati per l'analisi:

- Coordinate geografiche del sito
- Altezza del mozzo sul livello del mare
- Anno di riferimento per i dati del vento
- Tecnologia della turbina utilizzata

### Odra Energia

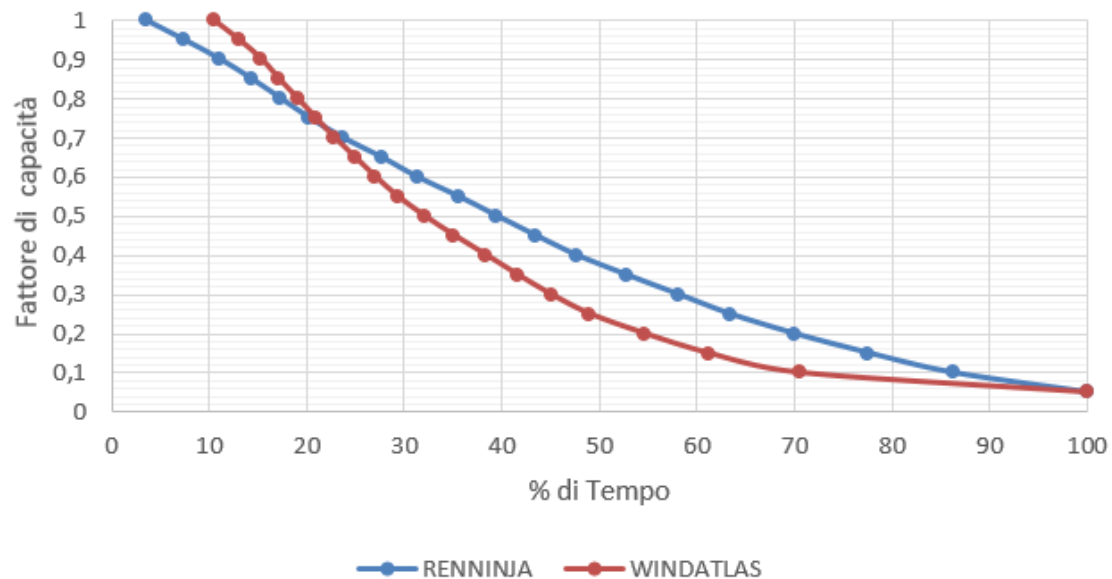
Canale d'Otranto, 90  
turbine da 15MW



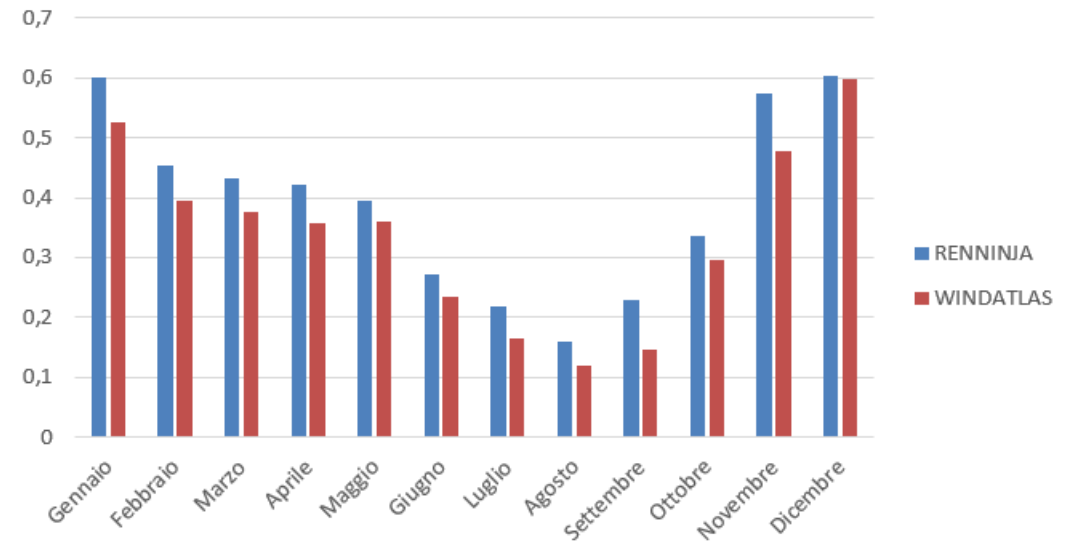
# Risultati 7 Seas Med

- Dati per il calcolo:
- Coordinate: 37.64°; 12.03°
  - Altezza: 134m
  - Anno: 2019
  - Turbina: Vestas V164 9,5 MW

CURVE DI DURATA



ISTOGRAMMA DELLA PRODUZIONE



Fattore di capacità  
medio annuale:

Renewables Ninja	Windatlas Xyz
38,99%	33,75%

Produzione  
annuale:

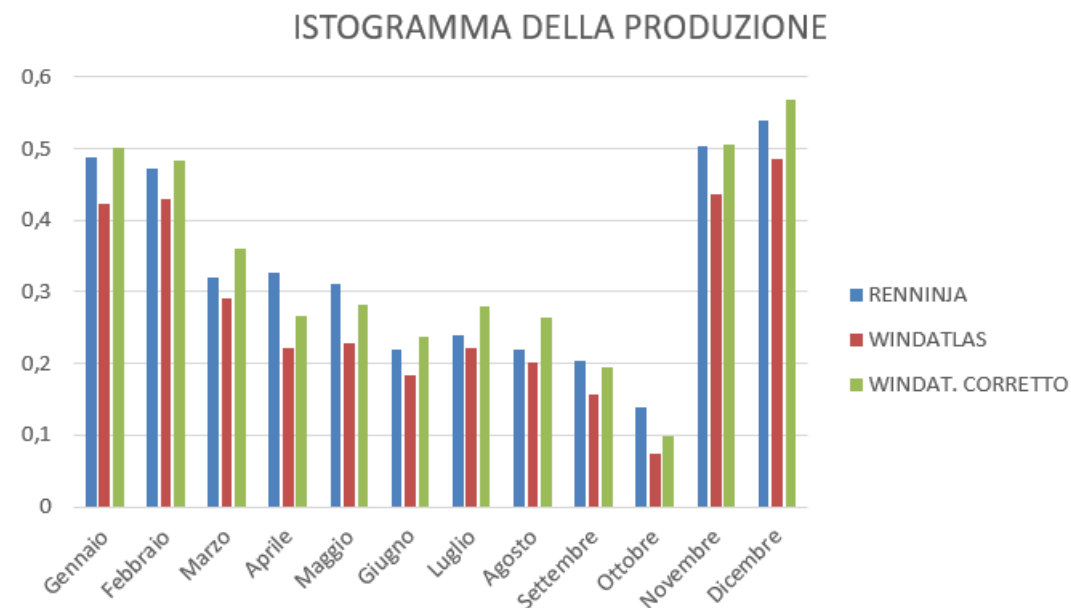
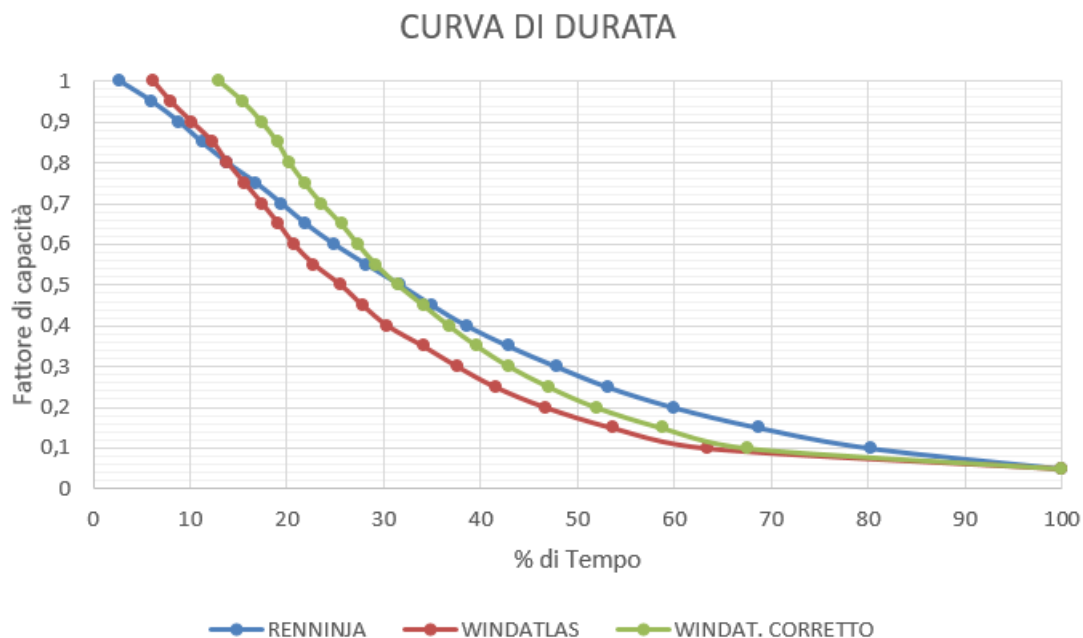
Renewables Ninja	Windatlas Xyz
850 GWh	740 GWh



# Risultati Odra Energia

Dati per il calcolo:

- Coordinate 39.83°; 18.66°
- Altezza: 150m
- Anno: 2019
- Turbina: Vestas V164 9,5 MW;  
IEA 15 240



Fattore di capacità  
medio annuale:

Renewables Ninja	Windatlas Xyz	Windatlas Corretto
33,04%	27,84%	33,60%

Produzione  
annuale:

Renewables Ninja	Windatlas Xyz	Windatlas Corretto
3900 GWh	3290 GWh	3970 GWh

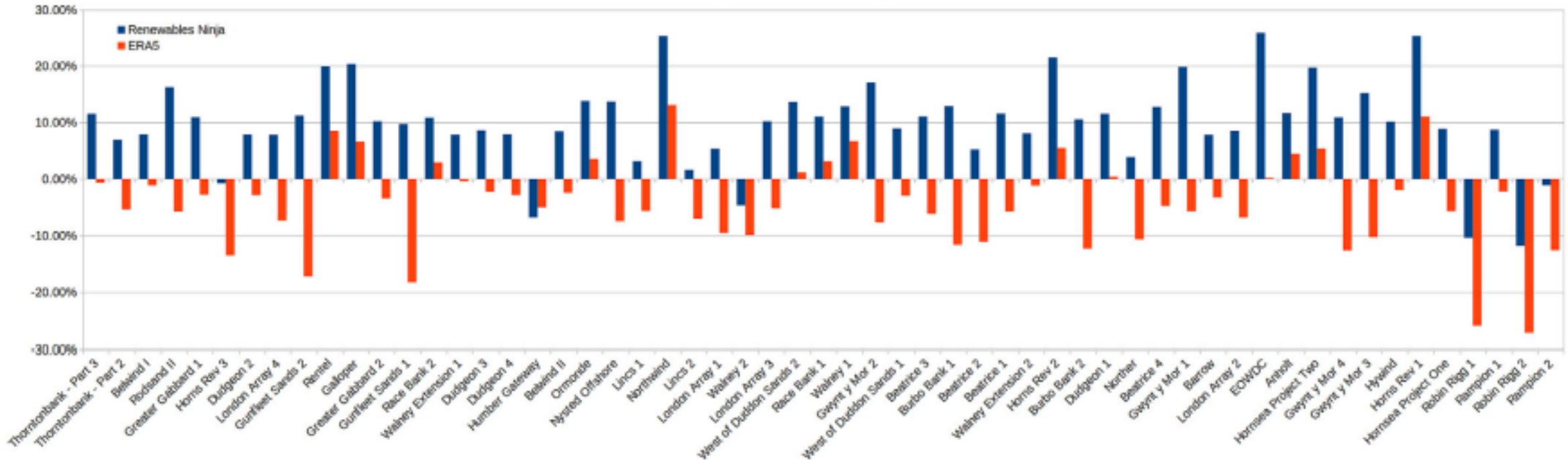
# Confronto dei risultati

I fattori di capacità calcolati con Renewables Ninja sono il 15-20% più grandi di quelli di Windatlas Xyz



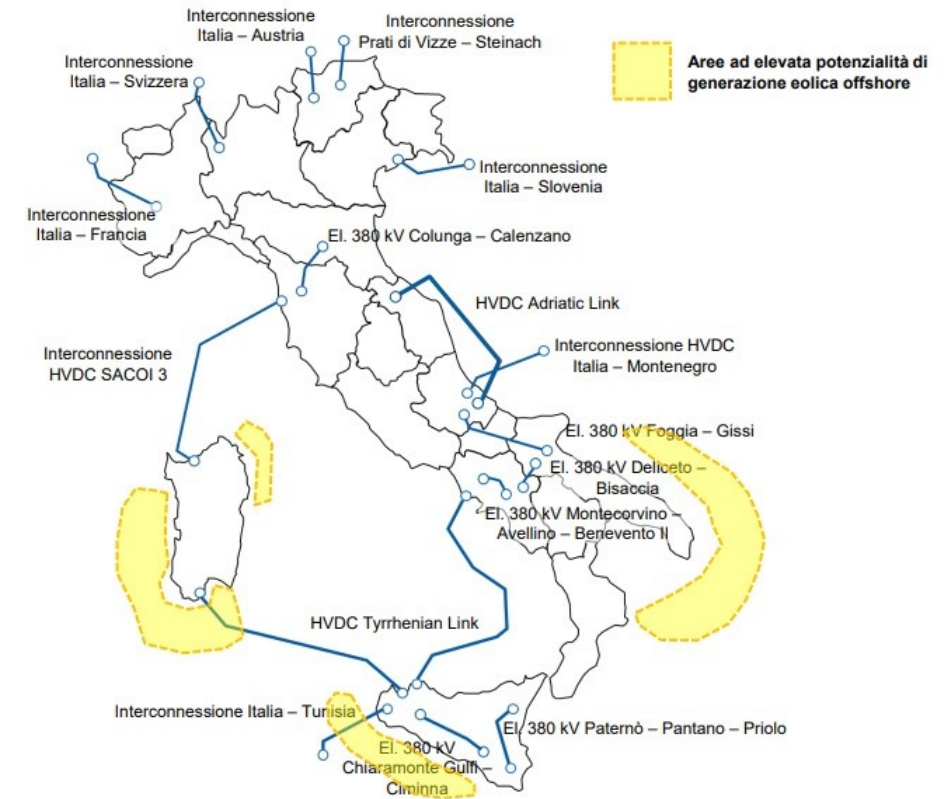
In linea con validazione di 57 parchi eolici offshore dove 51 volte Renewables Ninja ha sovrastimato la produzione

Under or over prediction of annual generation



# Conclusioni

- Dai risultati ottenuti i siti analizzati prevedono fattori di capacità di circa il 33% rispetto al 21,4% medio dell'eolico italiano
- Un sito come Odra Energia garantirebbe il 20% della odierna produzione eolica annuale



- Necessari strumenti di simulazione della produzione eolica sempre più accurati, per uno sviluppo intelligente dello offshore