



**University of Twente, Enschede  
Friday, 22 April 2022**

**Focus session ‘How big data is changing the future of wind energy’**  
(An explanation in Dutch follows the abstracts)

- Joachim Peinke (University of Oldenburg, ForWind - Center for Wind Energy Research): What to do with all the data from wind turbines
- Simon Watson (TU Delft and DUWIND): Wind resource assessment and wind turbine condition monitoring
- Ine Wijnant & Jeanette Onvlee-Hooimeijer (KNMI): Physics, statistics and (deep) machine learning for wind forecasts and resource assessments
- Benjamin Sanderse (CWI): Quantifying uncertainties in wind energy: combining data and wind turbine models

Session leader: Richard Stevens (UT)

**Abstracts:**

Joachim Peinke (University of Oldenburg, Forwind): What to do with all the data from wind turbines

Today, each wind turbine can be equipped with several hundred sensors providing data in kHz rates. The state of the art is that most of the data is not directly used for turbine operation, but is stored for cases to verify past events. For standard approaches, a major problem is that this data is very noisy due to the non-uniform or turbulent operating conditions and the dynamics of the wind turbines themselves. Therefore, it is common to use only averaged 10-minute data of a few signals directly. In this presentation we discuss the use of statistical physics (stochastic processes and nonlinear dynamics) to gain deeper insights into the operating characteristics of wind turbines. We show that noise is not an obstacle, but rather an advantage, to quantitatively analyze the conversion dynamics of wind turbines which is important for health monitoring.

Simon Watson (TU Delft Wind Energy Institute (DUWIND): Wind resource assessment and wind turbine condition monitoring

This presentation will consider how machine learning can be applied in the fields of wind resource assessment and wind turbine condition monitoring. Numerical modelling of the climate is a time consuming process requiring significant resource. Machine learning is a potential way of reducing the complexity of weather patterns which can be used to target the use of more detailed numerical modelling of specific weather events. Wind turbines produce a large amount of data in operation, particularly SCADA data. This is a rich source of information in order to assess the state of health of the machine and machine learning can provide significant insight into turbine performance including the potential



detection of faults. In this presentation, some examples will be given as the application of machine learning in these two important areas.

Ine Wijnant and Jeanette Onvlee (KNMI): Physics, statistics and (deep) machine learning for wind forecasts and resource assessments

Until about 10 years ago, wind resource assessments for the wind energy industry were based on measurements only, with many underlying simplifying assumptions. Since then, greater computer power has made it possible to make regional wind climatologies based on numerical weather prediction (NWP) models (so-called wind atlases). These wind atlases have become more and more accurate over the years because of (1) better NWP models (more sophisticated physics and higher resolution), (2) better ways to initialize these models with measurements (a process called data assimilation or DA) and using more measurements to do this (e.g. satellite and aircraft measurements) and (3) a more advanced methodology to “downscale” global re-analyses into regional wind atlases. Because the number of operational wind farms grows and wind farms are becoming larger, their effect on the atmosphere can no longer be neglected. In NWP models wind farm parametrisations are used to take this impact into account.

Weather forecasting and climate studies already deal with “big data”, but in the (near) future “big” will become “significantly bigger”. More and more measurements will become available on a higher spatial and temporal resolution (e.g. from the Meteosat Next Generation satellites). Also, the spatial resolution of mesoscale NWP models will continue to become finer (from 1-5 km to about 200-500m). This will require improved NWP model physics (e.g. 3D and stochastic physics parametrizations and the inclusion of wind-sea-wake feedbacks), the application of even more advanced DA techniques, and the exploration of many new types of measurements, including e.g. crowd-sourced measurements and data from wind farms themselves. Machine Learning (ML) is increasingly used for all these developments. It is rapidly becoming a crucial tool for quality control and interpretation of new types of measurements, and for a better understanding of the complex relations between weather variables and their impact (e.g. on wind energy). ML emulations of processes within the NWP model are being explored for their potential to make more advanced but costly model formulations computationally affordable, and for improved ways to assess forecast uncertainty, especially for extreme weather events.

Benjamin Sanderse (CWI): Quantifying uncertainties in wind energy: combining data and wind turbine models

In designing offshore wind turbines and wind farms, we face the following challenge: how to evaluate the power, cost and mechanical loads that a turbine is expected to experience during its lifetime at an offshore site, given large amounts of meteorological data that describe the local wind and wave condition. Given the uncertainty in the atmospheric conditions (wind speed, wave height, etc.), and the inaccuracies in the model predictions, this is a difficult problem to solve. It is, for example, practically impossible to evaluate a wind turbine aeroelastic computer model at all possible combinations of atmospheric conditions that are expected during the turbine lifetime.

We have developed a new approach in which a smart selection of the historical meteorological data is made, which is representative for the entire data set, and can be used as input to perform aeroelastic wind-turbine computations at a fraction of the cost compared to the full dataset. Our approach is based on adaptive numerical integration routines and results in uncertainty estimates of wind turbine power, loads, etc. These estimates can be used to improve turbine design and reduce the rather conservative safety factors currently in use in the wind industry.



## How big data is changing the future of wind energy

Windenergie zal een cruciale bijdrage leveren aan de energietransitie en het verminderen van de uitstoot van CO<sub>2</sub>. Nederland mikt met name op de ontwikkeling van windenergie op zee. Nu is het totaal geïnstalleerd vermogen op zee ongeveer 2,5 gigawatt (GW) en de huidige plannen voorzien in een uitbreiding naar 11 GW aan windparken in 2030. Dit komt overeen met 40% van ons huidige elektriciteitsverbruik. Daarnaast heeft Nederland ambitieuze plannen om de hoeveelheid windmolens uit te breiden naar 35 tot 75 GW in 2050. Een aanzienlijk deel van het Nederlandse deel van de Noordzee zal hiervoor gebruikt moeten worden. Om deze grote ambities te verwezenlijken is het noodzakelijk om de beschikbare ruimte zo efficiënt mogelijk te gebruiken. De exploitatie van een groot aantal windparken in de Noordzee vereist een nieuwe denkwijze en het realiseren van de ambities zal de komende decennia veel onderzoek vergen. De ontwikkeling van revolutionaire technologieën biedt hierbij veel economische kansen.

Het gebruik van big data zal een grote rol spelen in de verdere ontwikkeling van hernieuwbare energiebronnen zoals wind. In feite komen we het gebruik van big data tegenwoordig bijna overal tegen. In de geneeskunde om betere diagnoses te stellen, bij bedrijven voor het verbeteren van producten en bij researchewerk door politie en veiligheidsdiensten. In de hernieuwbare-energiesector worden big data en machine learning-technieken gebruikt om technologieën zoals windenergie verder te ontwikkelen en daarmee de energietransitie mogelijk te maken.

Het opwekken van hernieuwbare energie maakt een snelle ontwikkeling door. Zo is het wereldwijde gebruik van windenergie verviervoudigd in de afgelopen tien jaar. Door deze spectaculaire ontwikkeling wordt het een steeds grotere uitdaging om optimaal met de onvoorspelbaarheid van hernieuwbare energiebronnen om te gaan. Gelukkig is het tegenwoordig mogelijk om big data uit atmosferische en klimaatstudies te gebruiken om de productie van windenergie te verbeteren en beter te voorspellen. Dit wordt gedaan door gebruik van hoge-resolutiesimulaties van windparken te combineren met resultaten van weer- en klimaatmodellen, satellietmetingen en historische meetgegevens.

Daarnaast zorgt de snelle vooruitgang van sensoren voor een grote toename in de kwaliteit en kwantiteit van meetgegevens die gebruikt worden bij de regeling van windturbines. Deze data kunnen gebruikt worden voor de optimalisatie van het gebruik van windturbines. Daarnaast kunnen meetgegevens, in combinatie met machine-learningtechnieken, gebruikt worden om de onderhoudsplanning te stroomlijnen.

In de sessie 'How big data is changing the future of wind energy' die wordt gehouden tijdens FYSICA 2022 op de Universiteit Twente zullen deze trends worden besproken door verschillende internationale experts uit binnen- en buitenland. Sprekers tijdens deze sessie zijn Joachim Peinke, hoogleraar aan de Universiteit in Oldenburg en woordvoerder van ForWind, het centrum voor windenergie-onderzoek in Duitsland, Simon Watson, hoogleraar aan de TU Delft en directeur van DUWIND instituut voor windenergieonderzoek, Ine Wijnant



en Jeanette Onvlee-Hooimeijer van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) en Benjamin Sanderse van het Centrum Wiskunde & Informatica (CWI). Deze focussessie sluit aan op de plenaire voordracht van Peter Bauer van het ECMWF (het Europees Centrum voor Weersverwachtingen op Middellange Termijn) over de internationale samenwerking bij het gebruik van big data om de numerieke weersvoorspellingen te verbeteren.

De sessie wordt georganiseerd door Richard Stevens. Hij is Associate Professor in de Physics of Fluids vakgroep van de Universiteit Twente. Hij werkt aan gedetailleerde computersimulaties van de windstromingen in grote windparken.

## REFERENTIES

- 1 [www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/windenergie-op-zee](http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/windenergie-op-zee); 23 januari 2022.
- 2 The Netherlands' Long Term Offshore Wind R&D agenda, TKI Wind op Zee; topsector Energie, 9 oktober 2019