

EVALUATION OF WIND POTENTIAL FROM A LOCATION AND LAYOUT OF THE TURBINES

EVALUAREA POTENȚIALULUI EOLIAN DINTR-O LOCAȚIE ȘI AMPLASAREA TURBINELOR

Alexandru-Marius VIIȘOREANU<sup>1</sup> și Alina VIIȘOREANU-RĂCHITĂNEANU<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universitatea POLITEHNICA din București, România

alex.viisoreanu@yahoo.ro<sup>1</sup>, alina.rachiteanu92@yahoo.com<sup>2</sup>

**Abstract.** The paper presents a study related to the methodology for evaluating the wind potential of a chosen location, with the help of modern software solutions for analysis and specialized design. The values presented in the study show the differences in the efficiency of wind farms depending on their location, the available input data package and their accuracy being a determining factor in the quality of optimization and design of the wind farm.

**Rezumat.** În lucrare se prezintă un studiu legat de metodologia de evaluare a potențialului eolian dintr-o locație aleasă, cu ajutorul soluțiilor software moderne de analiză și proiectare specializate. În valorile prezentate în studiu se arată diferențele de eficiență a centralelor eoliene în funcție de locația acestora, pachetul de date de intrare disponibil și precizia acestora fiind un factor determinat în calitatea optimizării și proiectării parcului eolian.

## 1. INTRODUCERE

Electricitatea se poate genera în mai multe feluri. În cele mai multe situații, rețeaua electrică este alimentată de un generator care este antrenat de o turbină. Turbina poate fi pusă în mișcare fie de gazele rezultate în urma arderii unui combustibil, fie prin abur de înaltă presiune, obținut din diferite surse sau prin energia cinetică/potențială a vântului sau a apelor. Spre deosebire de combustibilii fosili care în prezent sunt una din principalele resurse folosite la producerea de energie electrică, vântul este gratuit și curat.

Politica și economia energiei eoliene au jucat un rol important în dezvoltarea industriei și au contribuit la succesul actual, dar ingineria și cadrul legislativ sunt în continuă dezvoltare și schimbare. Actualmente, Comisia Europeană a stabilit un obiectiv ambițios pentru anul 2050 și anume de a atinge neutralitatea climatică. Unul dintre punctele intermediare este anul 2030, unde se dorește a avea un procent de 32% din energia consumată la nivelul UE, produsă din surse regenerabile [1,2].

La momentul actual, puterea totală instalată în centrale eoliene la nivel mondial ajunge la 743 GW dintre care doar 35 GW în centrale eoliene marine (offshore) și restul în centralele eoliene terestre (onshore). Se poate vedea de asemenea în Fig.1 o creștere spectaculoasă a puterii instalate în anul 2020 comparativ cu anii precedenți, astfel industria eoliană a demonstrat o rezistență incredibilă chiar și într-o perioadă în care industria globală a fost greu încercată de pandemie [3].

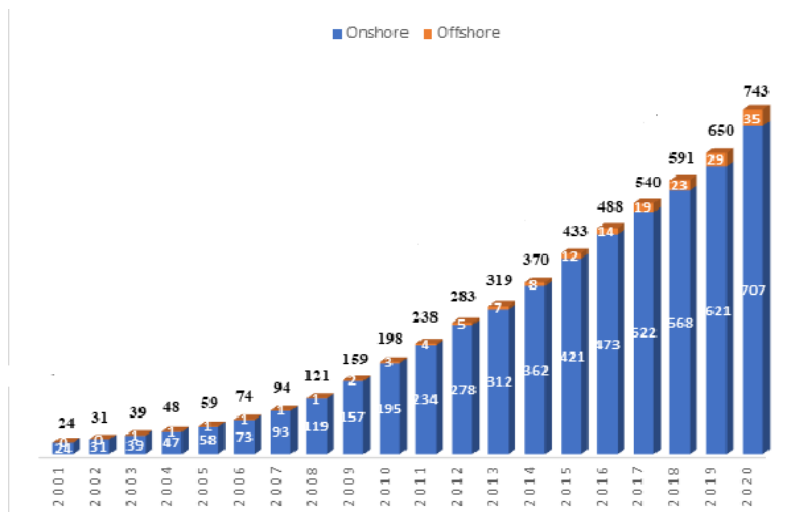


Fig. 1. Evoluția istorică a puterii instalate la nivel mondial în energie eoliană [3]

## 2. METODOLOGIE

Datele despre vânt, care includ viteza vântului și direcția vântului, sunt procesate și analizate pentru a obține informații lunare și/sau anuale. Datele despre vânt sunt obținute din stațiile meteorologice din apropierea locației studiate, precum și de la un turn de măsură special instalat cu acest scop. Doi parametri semnificativi Weibull, parametrii de formă „k” și parametrul de scară „c” vor fi măsurăți utilizând datele despre viteza vântului și direcția vântului, obținute de la stațiile de măsură. Parametrul de scară este în strânsă legătură cu viteza vântului și parametrul de formă reprezintă măsura lățimii distribuției. WasP [4] este un exemplu de program de calculator (software) utilizat pentru evaluarea resurselor eoliene dintr-o locație, a amplasării și a producției de energie a turbinelor eoliene și parcurilor eoliene. Acest program este folosit în prezenta lucrare pentru optimizarea amplasării turbinelor eoliene. Prognozele sunt bazate pe măsurători de vânt realizate la stațiile meteorologice din regiunea studiată. Acest soft include un model complex de dinamică a vântului asupra terenului, un model de schimbare de rugozitate și un model pentru influența obstacolelor și este utilizat pentru a face profilul lunar și anual al vântului și pentru a calcula viteza medie (m / s) și densitatea de putere  $P$  ( $W/m^2$ ) pentru locul selectat, precum și determinarea celui mai potrivit tip de turbină eoliană pentru zona selectată pentru a studia eficiența energiei eoliene în ceea ce privește viteza medie a vântului și producția anuală de energie.

### 2.1 Locația

La alegerea locației amplasamentului trebuie ținut cont de mai multe criterii, cum ar fi:

- existența unui potențial eolian valorificabil, care să asigure eficiența investiției;
- reducerea impactului asupra factorilor de mediu; (amplasarea turbinelor eoliene să fie făcută numai în locații în care biodiversitatea zonei nu este afectată în mod ireversibil);
- existența în zonă a unor rețele de transport a energiei electrice, care să permită racordarea în condiții optime la Sistemul Energetic Național (SEN);
- existența unei infrastructuri rutiere, care să asigure accesul în zonă, astfel încât necesarul de noi căi de acces să fie minim, în scopul minimizării impactului asupra mediului generat de construcția acestora;
- existența în zonă a unui potențial de forță de muncă calificată, care să permită realizarea și exploatarea în condiții optime a parcului eolian.

După stabilirea locației, trebuie făcute o serie de măsuratori pentru a putea evalua corect potențialul eolian. O parte din aceste informații pot fi luate de la stațiile meteorologice din zonă, iar pentru o acuratețe mai mare se instalează turnuri de măsură speciale. În funcție de configurația terenului, de mărimea acestuia și de locațiile celor mai apropiate stații meteorologice, se poate instala un singur turn de măsură sau mai multe. Cu cât mai multe puncte de măsură, cu atât datele analizate și estimarea potențialului eolian vor fi mai precise.

Software-ul folosit pentru analiza potențialului eolian al unei locații are nevoie în general de patru date de intrare: datele legate de vânt (măsuratori), date legate de configurația terenului (harta topografică), date legate de modelul de turbină eoliană ales și date legate de amplasarea fiecărei turbine în teren. Așadar, unul dintre primele informații necesare asupra locației este o hartă topografică care poate fi obținută fie prin comandarea unui studiu topografic, fie prin folosirea datelor existente cum ar fi hărți topografice militare sau imagini și date obținute din satelit. Locația studiată în continuare se află în județul Tulcea, Munții Măcinului.



Fig. 2. Hartă topografică și locația turnului de măsură

## 2.2 Datele de vânt

Proгноza regimului de vânt înseamnă analiza tuturor înregistrărilor de vânt din locația studiată. În locația de studiu se ridică turnul de măsură pe care se amplasează în general trei anemometre, la înălțimi diferite, o giruetă în vârf și la bază se montează concentratorul de date plus senzori de temperatură și presiune. După ce s-au colectat toate datele de vânt de la turnul de măsurare și/sau de la stațiile meteo acestea sunt prelucrate și încărcate în software-ul de analiză.

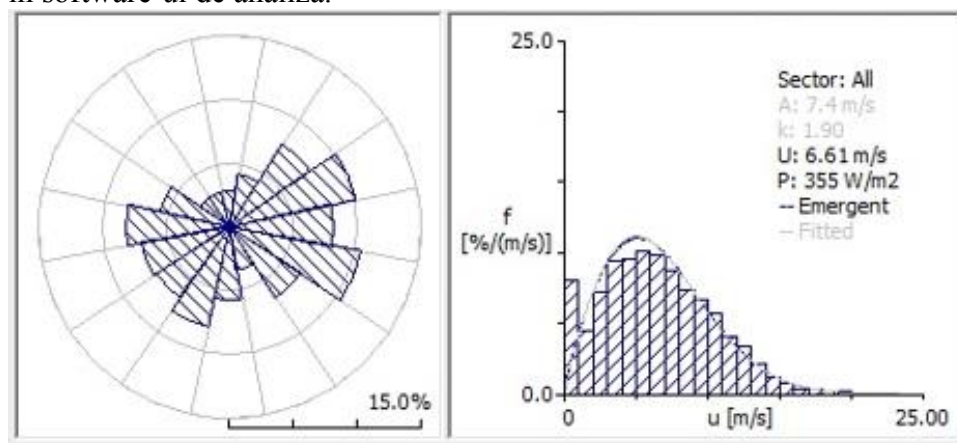


Fig.3. Roza vânturilor și distribuția Weibull în locația studiată

În urma procesării datelor de vânt folosind aplicația de analiză pe calculator, ne rezultă roza vânturilor și distribuția Weibull așa cum este prezentat în Fig. 3. În continuare, pentru alegerea amplasamentului turbinelor în teren, poate fi generată și harta de vânt a locației alese așa cum este prezentată în Fig. 4. Se poate vedea în această imagine și locația turnului de măsură.

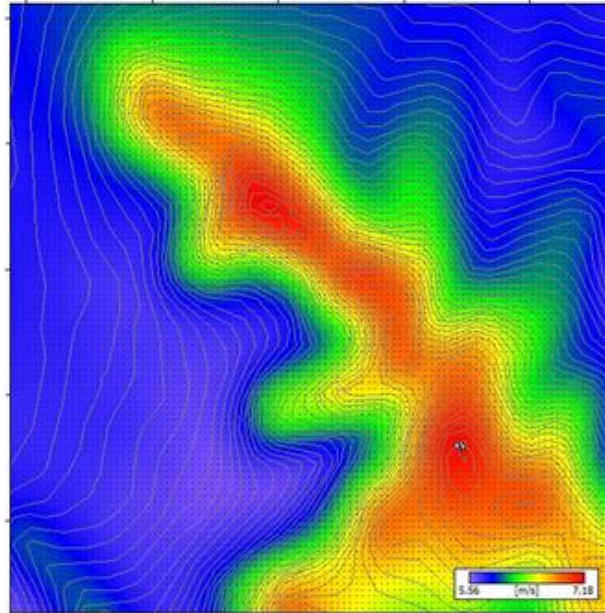


Fig.4. Hartă de vânt a locației studiate

### 2.3 Amplasarea turbinelor

Primul pas pentru amplasarea turbinelor în teren este acela de a alege un model care să corespundă din punct de vedere tehnic cu măsurătorile efectuate. Pentru acest studiu a fost aleasă o turbină de 2.5 MW putere instalată. Caracteristicile generatorului, puterea funcție de viteza vântului și coeficientul de tracțiune funcție de viteza vântului sunt date de către producătorul turbinei.

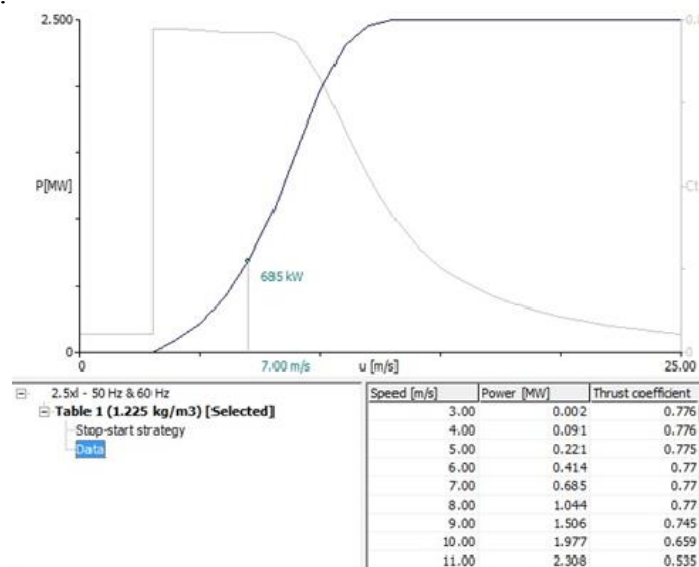


Fig. 5. Caracteristicile generatorului eolian studiat

Se poate observa pe curba din Fig.5 că pornirea turbinei se face la o viteză a vântului de peste 3 m/s, iar puterea maximă generată este la vânt de peste 12 m/s. Coeficientul de tracțiune ( $C_t$ ) este legat de forța de tracțiune, densitatea aerului, diametrul rotorului și viteza

vântului în secțiunea de curgere și se poate vedea că evoluează invers proporțional cu viteza vântului [5,6].

Ulterior efectuării amplasamentului optim, se poate evalua și folosirea unui alt model de generator eolian, astfel putându-se realiza încă o optimizare a parcului eolian studiat.

După ce a fost ales un model de turbină eoliană, ultimul pas este amplasarea turbinelor eoliene conform restricțiilor impuse din zonă, cum ar fi: sate, drumuri, linii electrice sau zone protejate și conform hărții de vânt rezultate din analiza măsurătorilor. Intuitiv folosind o regulă simplă se recomandă ca amplasarea turbinelor să se realizeze sub forma unui caroiaj cu distanțe pe direcția predominantă a vântului între 7 și 9 diametre rotorice, iar pe direcția perpendiculară direcției predominante a vântului între 5 și 7 diametre rotorice. Această regulă va avea efect asupra pierderilor de proximitate dintre turbine, pierderi recomandate a fi sub 5% [7,8].

După realizarea primei variante de amplasament, putem verifica valorile calculate în program. Acestea sunt prezentate în tabelul 1.

Tabel 1 Valori simulate pentru prima variantă de amplasament

Denumire	Viteza medie anuală a vântului	Producție anuală brută de energie [GWh]	Producție anuală netă de energie [GWh]	Pierderi proximitate [%]
Turbina 1	6.7	7377	7000	5.1
Turbina 2	6.6	7090	6585	7.1
Turbina 3	6.3	6500	5853	9.93
Turbina 4	6.9	7702	7258	5.81
Turbina 5	6.2	6415	5831	9.1
Turbina 6	6.2	6423	6028	6.16
Turbina 7	6.3	6425	5853	8.9
Turbina 8	6.1	6253	5871	6.1

După cum se poate observa avem turbine care au valori ale pierderilor de proximitate peste valoarea recomandată de 5% și energiile nete produse scad odată cu creșterea pierderilor. [9]. În figura de mai jos se pot vedea locațiile inițiale ale turbinelor și locația turnului de măsură, care rămâne fix în toate cazurile prezentate.

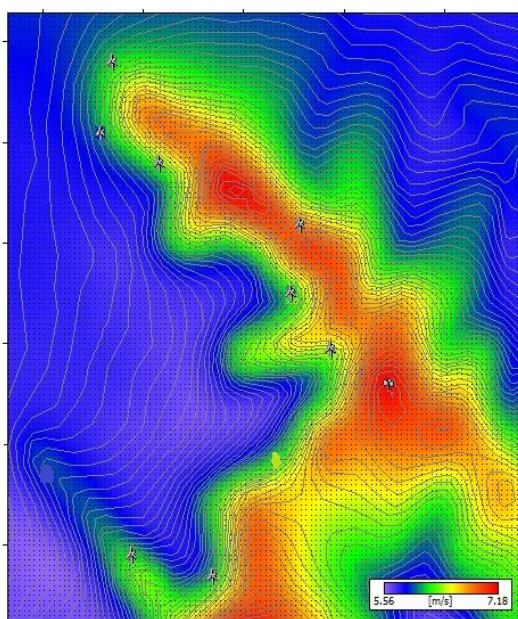


Fig. 6. Amplasarea inițială a turbinelor în teren, cu pierderi mari

Așadar pentru a optimiza amplasamentul se pot muta sau elimina turbinele, astfel încât pierderile de proximitate să fie minime și producția anuală să fie cât mai mare. Acest proces se face manual de către utilizator, eficiența procesului fiind strâns legată de experiența acestuia.

Tabel 2. Valori simulate pentru a doua variantă de amplasament

Denumire	Viteza medie anuală a vântului	Producție anuală brută de energie [GWh]	Producție anuală netă de energie [GWh]	Pierderi proximitate [%]
Turbina 1	6.3	6388	6209	2.8
Turbina 2	6.4	6546	6304	3.7
Turbina 3	6.5	6735	6509	3.35
Turbina 4	6.9	7709	7524	2.4
Turbina 5	6.3	6425	6279	2.3
Turbina 6	6.2	6455	6173	4.4
Turbina 7	6.3	6436	6302	2.2
Turbina 8	6.7	7273	7091	2.5

După reamplasarea turbinelor se poate vedea că a fost obținută o soluție optimă în ceea ce privește diminuarea pierderilor de proximitate și maximizarea producției anuale de energie. Această variantă de amplasare este prezentată în Fig. 6.

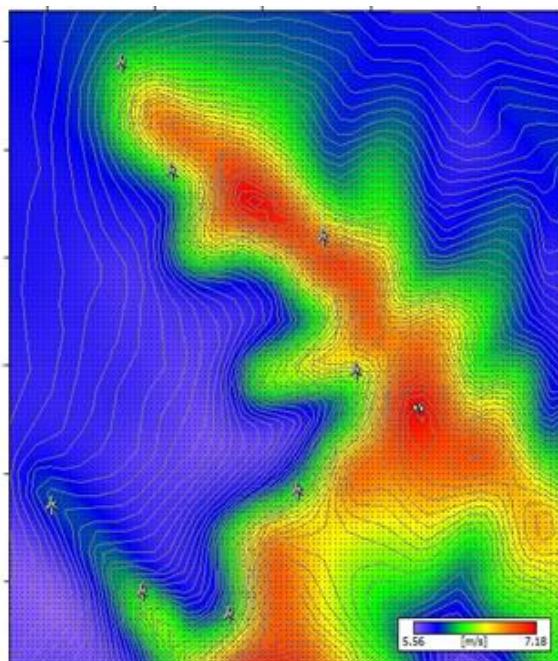


Fig.7 Amplasarea optimă a turbinelor în teren

### 3. CONCLUZII

Punerea în practică a unei strategii energetice pentru valorificarea potențialului surselor regenerabile de energie se înscrie în coordonatele dezvoltării energetice a României și a Uniunii Europene pe termen mediu și lung. Energia eoliană devine una dintre sursele de energie regenerabilă folosite pe scară largă și în România. Pentru ca producția să fie eficientă și implicit rentabilă, este necesar ca generatoarele eoliene să fie dispuse în parcuri eoliene

foarte bine studiate și optimizate. Viteza vântului dintr-o locație are un efect foarte puternic în economia parcului eolian. S-a observat că mici schimbări în viteza vântului pot produce schimbări mari în producția de energie. Aspectul parcului eolian este foarte sensibil în ceea ce privește forma rozei vânturilor. Dacă roza vântului are un aspect cât mai rotund atunci turbinele sunt amplasate la distanțe egale pe toate direcțiile, dar dacă roza indică o direcție predominantă a vântului atunci turbinele vor tinde să fie amplasate mai depărtate pe direcția predominantă a vântului și mai apropiate pe direcția perpendiculară pe direcția predominantă a vântului.

Pentru a calcula producția netă de energie se calculează producția brută din care se scad pierderile. Lista pierderilor de energie a unui parc eolian este foarte mare. Cele mai importante pierderi de luat în calcul sunt pierderile de proximitate, pierderile datorate indisponibilității și pierderile electrice datorate efectului Joule. Parcul eolian studiat are 8 turbine, pe un amplasament dat, optimizat astfel încât turbinele să nu se influențeze reciproc mai mult de 5%. Eficientizarea parcului eolian (spațierea corespunzătoare a turbinelor în teren), poate transforma un parc din nefezabil în fezabil.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] "DIRECTIVA 2009/28/CE A PARLAMENTULUI EUROPEAN ȘI A CONSILIULUI, "Jurnalul Oficial al Uniunii Europene L140/16," 23 aprilie 2009," [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN>. [Accessed 05 Octombrie 2021].
- [2] "Comisia Europeană, "Energie curată pentru toți europenii," 2019. [Online]. Available: [https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans_en). [Accessed 05 octombrie 2021].
- [3] GWEC, "Global Wind Report 2021," Global Wind Energy Council, Brussels, Belgia, 2021.
- [4] WAsP - Wind Atlas Analysis and Application Program, [www.wasp.dk/](http://www.wasp.dk/)
- [5] I. Katic, J. Højstrup and N.O. Jensen, "A Simple Model for Cluster Efficiency"; Rome, Italy; 7-9 October 1986. European Wind Energy Association Conference and Exhibition.
- [6] IEC (2005) „Wind turbines – Part 12-1: Power performance measurements of electricity-producing wind turbines” Comisia Electrotehnică Internațională 61400-12:1
- [7] T. Khan, J. Taweekun, T. Theppaya, “Determination of feasible sites for wind farm using WAsP in Uttaradit, Thailand”, International Conference on Engineering and Technology (ICET 2021)
- [8] W. Saeheng, P. Saengsikhiao, J. Taweekun, “Evaluation of Wind Energy Potential in Rayong Province, Thailand by WAsP Program”, Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences Volume 83, Issue 2 (2021) 1-13
- [9] A. Badea, H. Necula (coordonatori), V. Cenușă, M.-C. Ciobanu, C. Dinca, C. Ghita, C. Ionescu, D.-O. Kisch, C. Marculescu, A. Morega, B. Popa, R. Porumb, C.-A. Safta and I. Tristiu, “SURSE REGENERABILE DE ENERGIE”, București: Agir, 2013