



A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2012

ASUPRA VALORIFICĂRII ENERGIEI VÂNTULUI ÎN ROMÂNIA

Ilare BORDEAȘU, Rodica BĂDĂRĂU,
Ionel Doru BACIU, Constantin BORDEAȘU

SUR LA VALORIFICATION DE L'ÉNERGIE ÉOLIENNE EN ROUMANIE

Réorientation des Etats membres de l'UE, dirigée par des énergies propres, a déterminé les facteurs roumains, de décision, à reconsidérer leur position sur l'allocation des fonds pour étudier et utiliser de l'énergie éolienne; la Roumanie ayant l'un de les plus importants potentiel d'énergie éolienne en Europe. À cet égard, l'ouvrage vient à présente des éléments importants sur le potentiel de l'énergie de Roumanie, avec l'exemplification pour l'emplacement de Sulina. Les données contenues dans l'ouvrage ayant conduit à la nécessité de développer le secteur de l'énergie éolienne, comme source d'énergie alternative de l'avenir.

Cuvinte cheie: vânt, energie eoliană, curbe de frecvență, agregate eoliene

Mots-clés: courbes de fréquence de l'énergie éolienne du vent, du vent, les agrégats

1. Introducere

Vântul a fost utilizat ca sursă de energie încă din secolul VII d.Cr., când au apărut primele mori de vânt în Persia, turbinele eoliene reprezentând astfel una dintre cele mai vechi forme de energie alternativă utilizată în lume. Evoluând din morile de vânt folosite pentru

pomparea apei și irigații la generatoarele electrice de astăzi, turbinele eoliene au ajutat omenirea timp de secole. Se estimează că pe la 1840, în Anglia și Tara Galilor funcționau în jur de 10.000 de mori de vânt.

Azi, fermele eoliene sunt tot mai întâlnite în întreaga lume. Ele sunt construite pe înălțimi, în câmpii, pe coastă sau în larg. Cel mai des, ca soluție constructivă, turbinele de vânt au câteva componente simple – pinioane care orientează paletetele turbinei în vânt și un generator legat de axul turbinei – însă există și variante complicate.

În prezent, fermele eoliene asigură electricitate pentru comunități mici sau suplimentează sursele principale. Costul unui generator eolian scade continuu, iar tehnologia ar putea face din aceasta o alternativă de sursă semnificativă de energie electrică. Motivul utilizării energiei eoliene: avantajele mari (este accesibilă pe teritorii întinse ale globului, este gratuită, suprafețele ocupate sunt relativ mici, se poate utiliza complementar cu energia solară, este o energie nepoluantă și este nelimitată în timp), dezavantajele determinate de natură (nu este constantă în timp) și puterea pe care o poate genera (de ordinul megawaților).

2. Potențialul eolian în România

România are cel mai mare potențial pentru energia eoliană din Europa Centrală și de Est și ar putea atrage **investiții în energia din surse regenerabile de 18,2 miliarde euro până în 2020** [2-4], [9-10], dintre care 4 miliarde euro în ferme de mori de vânt [1], [5], [7]. Regiunile *Moldova* și *Dobrogea* sunt considerate cele mai bune pentru dezvoltarea fermelor de vânt. În mod special, **regiunea de sud-est a Dobrogei**, a fost numită, în mai multe studii specializate, *a doua regiune ca potențial din Europa*.

Potențialul eolian al României este estimat la 14.000 MW putere instalată, respectiv **23.000 GWh, producție de energie electrică pe an**. *Actualmente* se estimează că țara noastră dispune, deocamdată, de doar **15-25 MW instalați în turbine eoliene**.

Evident în România, producția de energie electrică, cu proveniență eoliană, este determinată în primul rând de regimul vânturilor și cât și de particularitățile suprafeței active (munți, șes etc).

În zona montană:

- viteze medii anuale scad cu altitudinea de la 8 – 10 m/s pe înălțimile carpatice (2000-2500 m) până la 6 m/s în zonele cu altitudini de 1800 – 2000 m;

- pe versanții adăpostiți vitezele anuale scad la 2-3 m/s;

- în depresiunile intramontane acestea sunt de 1-2 m/s.

În interiorul arcului carpatic, vitezele medii anuale oscilează între 2 – 3 m/s,

În exteriorul Carpaților, în Moldova, acestea sunt de 4 – 5 m/s, (mediile anuale cele mai mari remarcându-se în partea de est a țării, în Câmpia Siretului inferior (5 – 6 m/s), pe litoralul Mării Negre (6 – 7 m/s), în Dobrogea și Bărăgan (4 – 5 m/s)).

Strategia de valorificare a surselor regenerabile de energie în România își are baza legală în H.G. nr. 443 din 10.04.2003 [1], [8], privind promovarea producției de energie electrică din surse regenerabile de energie, urmată de H.G. nr. 1535 din 18.12.2003 (ponderea energiei electrice produse din surse regenerabile de energie la consumul național brut de energie electrică trebuia să ajungă la 30 % până în 2010) [8].

Conform Strategiei de valorificare a surselor regenerabile de energie, în România s-au identificat **cinci zone eoliene distincte (I-V)**, tabelul 1, în funcție de potențialul energetic existent, de condițiile de mediu și topografice.

Tabelul 1

Zona topogeo/ (Viteză, putere specifică)	Montană înaltă (m/s; W/mp)	Mare deschisă (m/s; W/mp)	Zona litorală (m/s; W/mp)	Terenuri plate (m/s; W/mp)	Dealuri și podişuri (m/s;W/mp)
I	11,0; 1800	9,0; 800	8,5 ; 700	7,5; 500	6,0 ; 250
II	10,0-11,5 1200-1800	8,0 – 9,0 300 – 800	7,0 – 8,0 400 – 700	6,5 – 7,5 300 – 500	5,0 – 6,0 150 – 250
III	8,5-10,0 700-1200	7,0 – 8,0 400 – 600	6,0 – 7,0 250 – 400	5,5 – 8,5 200 – 300	4,5 – 5,0 100 - 150
IV	7,0-8,5 400-700	5,5 – 7,0 200 – 400	5,0 – 6,0 150 – 250	4,5 – 5,5 100 - 200	3,5 – 4,5 50 – 100
V	Sub 7,0-400	Sub 5,5; 200	Sub 5,0; 150	Sub 4,5; 100	Sub 3,5; 50

Vânturile dominante peste Delta Dunării și Marea Neagră, tabelul 2, sunt cele din **NV, N și NE** totalizând **43,8 %**.

Tabelul 2

Media anilor	Direcția vântului [%] [%]									Total %
	N	NE	E	SE	S	SV	V	NV	Calm	
1947-- 1956	13	18, 2	6,5	12,8	10,9	10,7	4,6	12,6	10,8	100

De altfel, toate vânturile din sectorul nordic au și intensitatea cea mai mare; uneori ele ating în scara 0-12 a lui Beaufort o intensitate

de gradul 10, având o viteză de peste 21,6 m/s. Tocmai această frecvență destul de ridicată a vânturilor, din zona Deltei Dunării, au condus la cercetări minuțioase necesare construirii unor agregate aeroelectrice prin care să se convertească energia eoliană din această zonă în energie electrică. Astfel de cercetări au fost derulate și în cadrul Universității "Politehnica" din Timișoara, în perioada 1980-1990 [1].

În figura 1 se prezintă harta eoliană a României care s-a elaborat luând în considerare potențialul energetic al surselor eoliene la înălțimea medie de 50 m, pe baza datelor și informațiilor meteorografice colectate începând din 1990.

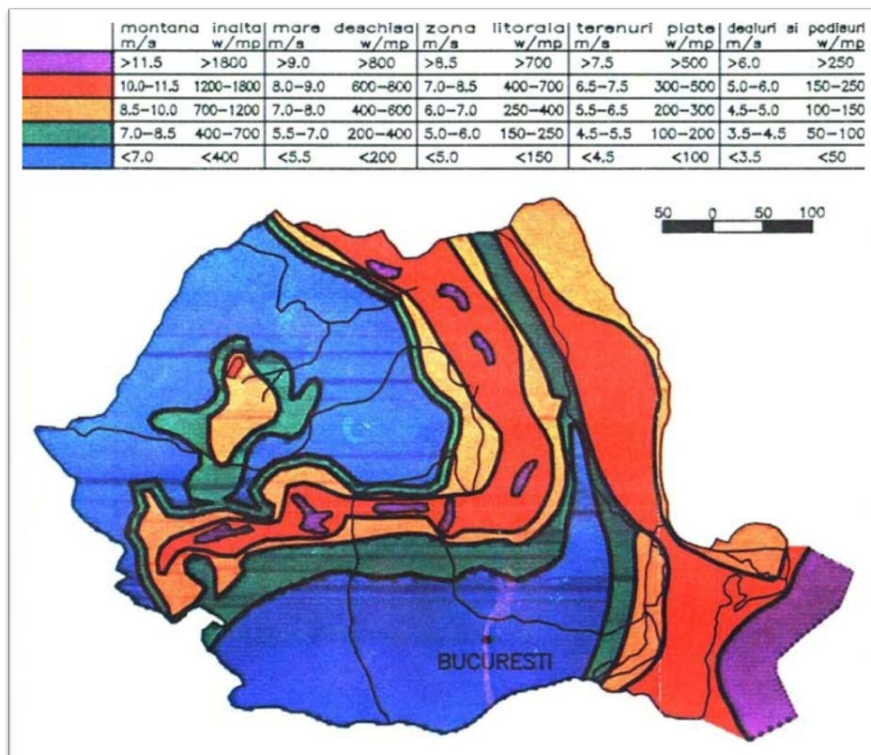


Fig.1 Resursele de vânt ale României la 50 de m înălțime pentru diferite condiții topografice [1], [8]

În zona *litoralului*, inclusiv mediul off-shore, pe termen scurt și mediu, potențialul energetic amenajabil este de circa **2.000 MW**, cu o cantitate medie de energie electrică de **4.500 GWh/an**.

3. Amplasamentul Sulina

Delta Dunării este aşezată la întretăierea paralelei de 45° latitudine Nord cu meridianul de 29° longitudine Est [1], [6]. Incluzând zonele de lacuri care o înconjoară pe laturile sale, Delta Dunării are o suprafaţă de 5640 km² din care 4470 km² sunt pe teritoriul ţării noastre.

Întreaga deltă se prezintă ca o câmpie aproape plană, ușor înclinată spre răsărit, având panta extrem de mică de numai 0,006 %, vegetaţia fiind alcătuită în principal din stufuri care alcătuiesc desişuri şi din sălcii.

Pe această câmpie apa are întâietate asupra solului şi acoperă temporar cam 80-90 % din toată suprafaţa. Prezenţa mării face ca extremele de temperatură să fie moderate. Din observaţiile făcute la Sulina a rezultat o temperatură medie anuală de 10,9 °C [8].

Mediile lunare ale temperaturii variază astfel:luna iunie 22 °C; luna iulie 24,4 °C; luna august 25 °C, iar ale apei după cum urmează: luna iunie 20,2 °C; luna iulie 22,4 °C şi luna august 21,8 °C [8].

Toamna este în general călduroasă, răcindu-se spre sfârşit. Iarna există vânturi puternice şi lungi având uneori durata de 3 şi respectiv 9 zile [8].

În cadrul proiectelor de cercetare în domeniul energiei eoliene, realizate de Universitatea "Politehnica" din Timişoara, în perioada 1980-1990, de departe amplasamentul Sulina a constituit principalul obiectiv.

Folosind datele meteorologice pentru amplasamentul Sulina, tabelul 3, înregistrate la înălţimea de referinţă ($h = 10$ m) şi extinse la 30 m, respectiv 40 m, care s-au construit curbele de asigurare, figura 2. După construcţia curbelor de asigurare s-au citit valorile frecvenţei sub forma diferenţei a două citiri succesive pentru a putea construi curba de frecvenţă.

Şi această curbă de frecvenţă a fost construită pentru înălţimile $h = 10, 30$ şi 40 m.

Calculul vitezelor la înălţimile de 30m şi 40 m s-a făcut cu relaţia:

$$v_h = v_{10} \left[\frac{h}{h_{10}} \right]^\alpha \quad (1)$$

- $\alpha = 0,15$ – coeficientul ce pune în vedere neuniformitatea terenului.

- v_{10} – viteza măsurată la înălțimea de referință.
- $h_{10}=10$ m – înălțimea de referință, la care s-au efectuat măsurătorile meteorologice.
- h - înălțimea la care se fac calculele.
- v – viteza calculată la înălțimea h .

La construirea acestor curbe s-a considerat anul în care există posibilitatea ca vântul să atingă viteza de 70 m/s, iar durata rafalei, caracterizată de această viteză, am presupus-o de 15 minute. Curba s-a construit astfel încât la $v = 70$ m/s durata totală să fie de 8760 ore pe an. Variația între $v = 24$ m/s și $v = 70$ m/s s-a presupus liniară.

Tabelul 3

Frecvența f %		1,62	12,3	50,2	84,4	97,6	99,26	≈100
f [ore/an]		142	1077	4397	7393	8549	8695	
h=10 m	V [m/s]	0	≤2	≤6	≤10	≤16	≤18	≤28
h=30 m	v [m/s]	0	2,35	7,07	11,79	18,86	21,22	33
h=40 m	v [m/s]	0	2,46	7,38	12,3	19,6	22,1	34,4

Pe baza relației (2), pentru $\rho = 1,342$ kg/m³ și $t = -10$ °C, s-a determinat energia unitară, disponibilă pentru amplasamentul Sulina, centralizată în tabelul 4:

$$E_{UC} = \frac{E_C}{S} = \frac{\rho}{2} v^3 \Delta t \quad [\text{kWh/m}^2 \cdot \text{an}] \quad (2)$$

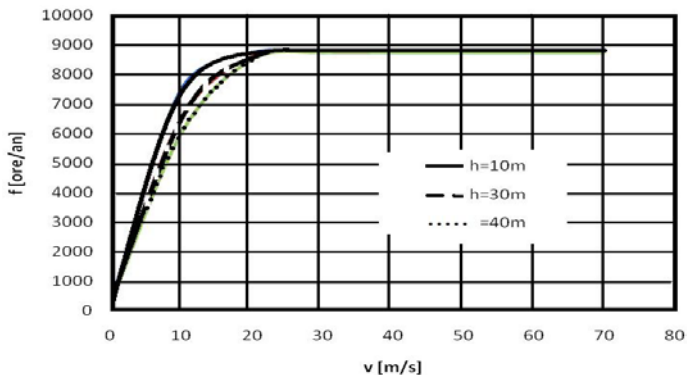


Fig. 2 Curbele de asigurare

Tabelul 4

v m/s	E _{UCp2} kWh/m ² an			v m/s	E _{UCp2} kWh/m ² an		
	h=10 m	h=30 m	h=40 m		h=10m	h=30 m	h=40m
0	0	0	0	36	1,4	1,4	1,4
5	70,8	62,1	58,7	41	2,1	2,1	2,1
10	308,9	396,4	429,4	46	2,9	2,9	2,9
15	303,1	396,4	419,7	51	4,0	4,0	4,0
20	118,1	390,6	419,7	56	5,3	5,3	5,3
25	6,3	75,8	198,2	61	6,9	6,9	6,9
30	0,8	0,8	58,3	66	8,7	8,7	8,7
35	1,3	1,3	1,3				

Datele din tabelul 4 certifică potențialul aeroenergetic ce poate fi valorificat în amplasamentul Sulina.

4. Concluzii

Potențialul energetic al României trebuie exploatat, mai ales în zona Deltei Dunării și Litoralului Mării Negre.

De asemenea, există potențial de exploatat și în zona Banatului, mai ales, în zona Semenicului.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Bej - *Turbine de Vânt*, Timișoara 2003.
- [2] Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., *Wind Energy Handbook*, West Sussex England, 2001.
- [3] Manwell, J.F., McGowan, J.G., Rogers, A.L., *Wind Energy Explained. Theory, Design and Application*, University of Massachusetts, USA, 2002.
- [4] Edward, J., Shaughnessy, Ira M., Katz, James P., Schaffer *Introduction to Fluid Mechanics*, Oxford, England, 2005.
- [5] * * * Romania Wind Energy Association - <http://www.rwea.ro/>
- [6] * * * <http://www.windpower.org>
- [7] * * * www.windday.eu
- [8] * * * http://www.agir.ro/univers-ingineresc/energia_eoliana
- [9] * * * http://www.coriolis-energy.com/wind_energy/wind_technology.html