

POTENȚIALUL ENERGETIC EOLIAN AL REPUBLICII MOLDOVA: MODELE, ESTIMĂRI, MĂSURĂRI ȘI VALIDĂRI

I. Sobor

Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Energetică

INTRODUCERE

Pentru un investitor în energetica eoliană, la etapa inițială de implementare a unui proiect, este important să cunoască răspunsurile la următoarele întrebări:

1. Care este potențialul energetic eolian în amplasamentul respectiv?
2. Ce cantitate de energie electrică va fi produsă într-un an de o turbină cu caracteristici tehnice specificate?
3. Care va fi preșul de cost a energiei electrice eoliene?
4. Care este durata de recuperare a investițiilor?

Autorul încearcă să de-a un răspuns exhaustiv, doar la prima întrebare, din următoarele considerente:

- la celelalte trei întrebări nu pot fi obținute răspunsuri adecvate dacă nu este cunoscut potențialul energetic eolian;
- până în prezent în mediul științific, de afaceri și a factorilor de decizie există opinia eronată precum că RM nu posedă de un potențial energetic eolian, care merită să fie exploatat la o scară mare;
- estimările bazate pe măsurările caracteristicilor vântului efectuate în trecut și a celor recente efectuate în regim continuu pe o perioadă de un an, în deosebi validarea acestora, va contribui la schimbarea opiniei menționate.

În lucrare se prezintă o generalizare a cercetărilor efectuate în cadrul proiectului finanțat de Consiliul Suprem pentru Știință și Dezvoltare Tehnologică și parțial publicate în [1-7].

1. MODELE APLICATE PENTRU ESTIMAREA POTENȚIALULUI ENERGETIC EOLIAN

1.1. Metodologia aplicată pentru estimarea potențialului energetic eolian

Pentru a calcula viteza medie a vântului, densitatea de putere, roza vântului și funcția

densitate de probabilitate a vitezei vântului și în consecință, pentru a evalua potențialul energetic eolian, în prezent, se utilizează două modele: Modelul elaborat de țările UE, cunoscut sub denumirea WASP [8,9] – în baza cărui a fost întocmit Atlasul European al Vântului [10], bazat pe teoria curenților de aer, și Modelul american, elaborat de NASA și Forțele Aeriene ale SUA, bazat pe teoria dinamică a climei [11].

Modelul american este elaborat recent și are mai multe posibilități, inclusiv, modelarea climatologiei vântului în teritoriu muntos. Programul de calcul, numit “MesoMap”, cere o capacitate enormă a rețelei de calculatoare – 4 supercalculatoare Cray C90. Din această cauză programul nu se comercializează, compania “AWS truewind” acordă numai servicii în domeniu. Estimarea potențialului energetic eolian al RM costă 50 000 \$ US, efectuarea măsurărilor pe parcursul a 12 luni într-un singur amplasament costă 35 000 \$ US, inclusiv costul aparaturii de măsurare.

Înalta eficiență a programului WASP, raportul optimal preț/calitate, a determinat mai multe state din Europa Centrală și de Est să-l utilizeze pentru estimarea potențialului energetic eolian, întocmirea Atlaselor proprii, similare celui European. Din aceste considerente s-a dat prioritate acestui program. Programul WASP permite două modalități de funcționare:

- Analiza datelor primare despre vânt în vederea obținerii Atlasului Vântului (AV) pentru fiecare stație meteorologică (punct de observație) în parte.
- Utilizarea AV și a curbelor de putere ale agregatelor eoliene în vederea evaluării potențialului energetic eolian în orice punct situat într-o rază de cel mult 50 km de la punctul unde au fost efectuate măsurări.

Pentru a obține AV al punctului de amplasare a unei stații meteorologice sunt necesare următoarele informații inițiale:

1. Date primare despre viteza și direcția vântului pe o perioadă nu mai mică de 10 ani.
2. Descrierea amplasamentului stației meteorologice cu evidențierea: rugozității

împrejurimilor și obstacolelor existente în imediata vecinătate cu anemometrul.

3. Harta digitală a regiunii respective.

1.2. Statistica climatologiei vântului

Cu scopul elaborării AV ale stațiilor meteorologice amplasate pe teritoriul RM au fost procesate datele înregistrărilor sistematice despre vânt culese pe o perioadă de 10 ani de la 17 stații meteorologice [1] și s-a obținut statistica climatologiei vântului pentru fiecare stație meteorologică. Statistica climatologiei vântului se prezintă prin interpretarea grafică (Figura 1) a direcției vântului (roza vânturilor) și a distribuției funcției densitate de probabilitate a vitezei vântului (histograme) și în formă tabelară – ponderea vitezelor vântului pe fiecare sector (în lucrare nu este prezentată). Aproximația funcției densitate de probabilitate se realizează cu funcția Weibull [10].

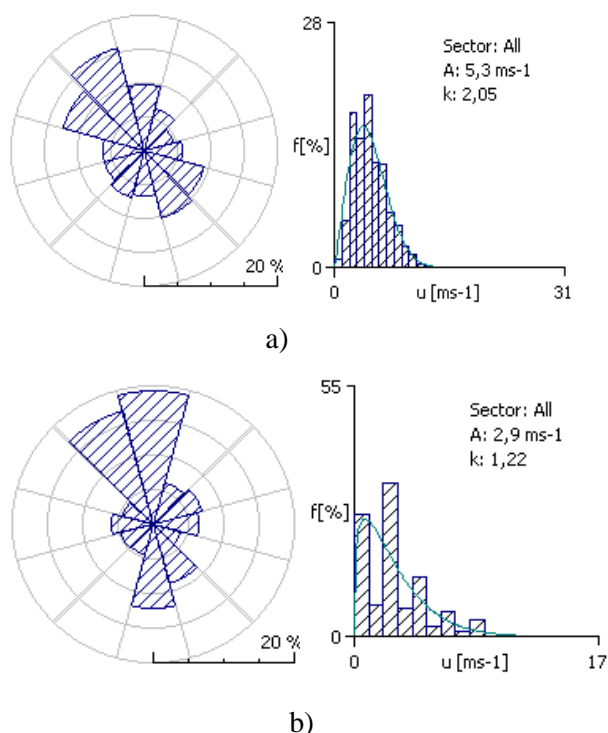


Figura 1. Rezultatele procesării înregistrărilor sistematice despre vânt pe o perioadă de 10 ani la două stații meteorologice: a – Ceadâr-Lunga; b – Ștefan-Vodă

În baza rezultatelor obținute la toate cele 17 stații meteorologice existente s-au făcut concluzii importante pentru analiza ulterioară:

1. Se constată o influență puternică a obstacolelor din jurul turnurilor cu anemometre. Cele mai mari viteze medii anuale ale vântului se constată la Ceadâr-Lunga, Cahul și Bălți. Aici anemometrele sunt amplasate în zonele deschise ale fostelor aeroporturi. Funcțiile densitate de

probabilitate a vitezei vântului oferă posibilitatea de a selecta stațiile meteorologice reprezentative și a exclude din analiza ulterioară a acelor stații, datele primare ale cărora trezesc suspiciuni. Astfel, pentru zona de sud recomandăm ca stații meteorologice reprezentative Ceadâr-Lunga și Cahul; pentru zona de nord – Bălți și Soroca; pentru zona de est – stația Tiraspol.

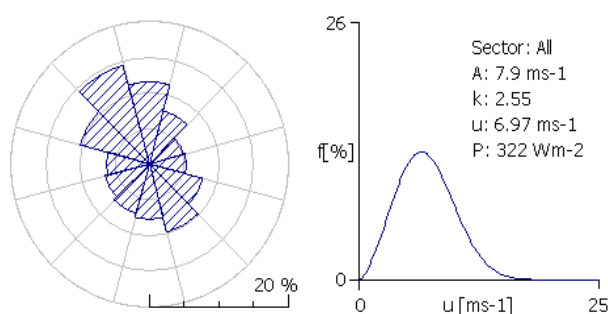
2. Nu pot fi considerate veridice datele primare despre vânt de la stațiile Bravicea, Râbnița, Ștefan-Vodă din cauza contrazicerii formelor histogramelor cu repartiția unei variabile aleatorii (vezi exemplul din figura 1.b). De asemenea, nu recomandăm să fie analizate stațiile unde viteza medie anuală a vântului este mai mică de 3 m/s. Acestea sunt stațiile: Briceni, Chișinău, Dubăsari și Fălești.
3. În partea de sud a RM există zone în care vitezele medii anuale ale vântului la înălțimi de 10 m depășesc 4,5-5 m/s, considerate la nivelul actual de dezvoltare a tehnologiei ca zone de perspectivă pentru dezvoltarea energiei eoliene. Atenționăm cititorul, că astfel de amplasamente sunt și în zona centrală și de nord ale țării. Cu regret, ele nu pot fi confirmate în baza măsurărilor sistematice efectuate în anii precedenți din cauza poluării rezultatelor de efectele de umbră generate de obstacole (stațiile meteorologice Chișinău, Cornești, Briceni, Râbnița).

1.3. Atlasul Vântului

În contextul energiei eoliene noțiunea de Atlas al Vântului are un conținut cu mult mai larg. Atlasul Vântului conține nu numai hărți, grafice, imagini, caracteristice pentru atlasele obișnuite, dar în primul rând, informații numerice în formă tabelară cu privire la viteza vântului și densitatea de putere, în W/m^2 . Atlasul Vântului se întocmește atât pentru prezentarea datelor despre resursele energetice ale vântului dintr-o zonă anumită (stație meteorologică), cât și cu scopul de a furniza date respective pentru a estima potențialul energetic eolian în regiunea înconjurătoare. El este destinat, de asemenea, și pentru identificarea locurilor unde potențialul eolian este mai pronunțat.

Pentru întocmirea Atlasul Vântului se folosește statistica climatologiei vântului a stației meteorologice respective, descrierea numerică a terenului din jurul amplasamentului anemometrului în materie de rugozități și obstacole și harta digitală. Pentru exemplificare, în figura 2, se prezintă Atlasul Vântului calculat cu programul

WAsP pentru amplasamentul stației meteorologice Ciadâr-Lunga. În formă tabelară se prezintă vitezele medii anuale ale vântului și densitățile de putere eoliană pentru cinci înălțimi predefinite (10, 25, 50, 100 și 200 m de asupra nivelului solului) și pentru patru clase de rugozitate raportate la condițiile standard: 0,0; 0,03; 0,1 și 0,4 m. Sus, în partea stângă se prezintă roza vânturilor, iar în partea dreaptă - parametrii medii A și k a distribuției Weibull și funcția densitate probabilistică a vitezei vântului. Atât roza vânturilor, cât și distribuția Weibull pot fi obținute pentru fiecare sector din cele 12 și media pentru toate sectoarele.



Înălțimea deasupra solului, m	Clasa de rugozitate a terenului, m			
	R-0 0,00	R-1 0,03	R-2 0,10	R-3 0,40
10	7.0/322	4.8/125	4.2/83	3.4/40
25	7.6/414	5.8/201	5.2/147	4.4/88
50	8.2/505	6.7/285	6.1/220	5.3/145
100	8.9/656	8.0/458	7.3/352	6.4/235
200	9.8/920	9.9/909	9.0/678	7.9/438

Figura 2. Atlasul Vântului pentru stația meteorologică Ciadâr-Lunga: la numărător – viteza medie anuală a vântului, m/s; la numitor – densitatea de putere eoliană, W/m²

Trebuie de menționat, că AV se referă la un anumit punct – la stația unde s-au efectuat măsurătorile. În baza acestor date se pot calcula aceleași caracteristici pentru oricare amplasament dorit din vecinătate, în raza de până la 50 km. Este evident, că pentru un nou amplasament, unde nu s-au făcut înregistrări meteorologice, sunt necesare date cu privire la obstacole, rugozitate, caracterul reliefului. Această informație se obține în rezultatul investigațiilor pe teren, care se procesează și se adaptează la cerințele programului WAsP.

Este o diferență esențială între informația conținută în AV și statistica climatologiei vântului prezentată mai sus. Cifrele din tabel semnifică viteza medie a vântului și densitatea de putere eoliană pentru diferite înălțimi și diferite clase de rugozitate. Cifrele din prima coloană semnifică

acele viteze și densități de putere care ar fi fost în amplasamentul dat dacă nu ar fi existat rugozitatea terenului și obstacolele care umbresc aparatul de măsură. Altfel spus, acestea sunt datele „curățite” de influența negativă a particularităților terenului. De exemplu, clasa de rugozitate R-0 corespunde nivelului unei întinderi de apă liniștită. Deplasându-ne într-un al punct geografic, de exemplu, în amplasamentul unei eventuale centrale eoliene, cu datele AV calculate pentru stația meteorologică din vecinătate și cu datele ce descriu amplasamentul nou, se calculează viteza medie a vântului și densitatea de putere eoliană pentru cele 5 înălțimi și 4 clase de rugozitate standard.

2. ESTIMAREA POTENȚIALULUI ENERGETIC EOLIAN

În tabelul 1 sunt incluse vitezele medii anuale ale vântului și densitatea de putere eoliană. Datele prezintă rezultatele calculelor AV pentru 5 stații meteorologice, limitându-ne cu trei clase de rugozitate. Clasa de rugozitate R-3 este caracteristică pentru amplasamente urbane sau suburbane și nu prezintă interes pentru amplasarea turbinelor eoliene de mare putere.

Pentru înălțimea de 50 m deasupra suprafeței solului și clasa de rugozitate R-1 (corespunde terenurilor întinse, de exemplu arături sau pășuni cu copaci sau tufișuri rare) se constată:

1. La sud – viteze medii anuale de 6,7 m/s, densitatea de putere eoliană – 285 W/m².
2. În zona centrală - viteze medii anuale de 6,1 m/s, densitatea de putere eoliană – 283 W/m².
3. La nord - viteze medii anuale de 5,6 m/s, densitatea de putere eoliană – 250 W/m².

Un interes deosebit prezintă potențialul energetic eolian tehnic al RM, altfel spus, acel potențial care poate fi exploatat cu mijloacele tehnice existente la etapa actuală. Acest potențial a fost estimat de BERD (Banca Europeană de Reconstrucții și Dezvoltare) în anul 2003, la înălțimea de 50 m deasupra solului și este exprimat în unități de energie electrică, luându-se în considerație factorul de utilizare a puterii instalate a turbinelor eoliene egal cu 0,3. Conform BERD potențialul energetic eolian tehnic constituie 1300 mln kWh/an [12].

Independent de BERD, în același an, Centrul UTM „Energie plus” a efectuat estimarea potențialului energetic eolian tehnic la înălțimea de 70 m deasupra solului. Rezultatele obținute au fost incluse în prima variantă a proiectului Programului Național de utilizare a surselor regenerabile de energie pentru anii 2004 – 2010. Acceptând

factorul de utilizare a puterii instalate a turbinelor eoliene egal cu 0,25 s-a obținut 2000 mln kWh/an.

Tabelul 1. Vitezele medii anuale, m/s (la numărător) și densitatea de putere eoliană, W/m² (la numitor)

Stația meteorologică	Înălțimea deasupra solului, m	Clasa de rugozitate, m		
		R-0 0,00	R-1 0,03	R-2 0,10
Bălți	10	7.0/322	4.8/125	4.2/83
	25	7.6/414	5.8/201	5.2/147
	50	8.2/505	6.7/285	6.1/220
	100	8.9/656	8.0/458	7.3/352
	200	9.8/920	9.9/909	9.0/678
Cahul	10	6,7/331	4,7/132	4,1/87
	25	7,3/423	5,6/210	5,0/153
	50	7,8/510	6,4/292	5,9/226
	100	8,4/655	7,5/445	6,9/345
	200	9,3/900	9,2/829	8,5/632
Ciadâr-Lunga	10	7,0/322	4,8/125	4,2/83
	25	7,6/414	5,8/201	5,2/147
	50	8,2/505	6,7/285	6,1/220
	100	8,9/656	8,0/458	7,3/352
	200	9,8/920	9,9/909	9,0/678
Comrat	10	6,6/430	4,7/176	4,1/116
	25	7,2/549	5,5/274	5,0/201
	50	7,7/654	6,3/373	5,8/290
	100	8,3/820	7,4/533	6,8/422
	200	9,1/1084	8,8/911	8,2/713
Cornești	10	6,3/323	4,5/128	3,9/84
	25	6,9/414	5,3/202	4,8/148
	50	7,4/498	6,1/283	5,6/219
	100	8,0/635	7,1/427	6,6/331
	200	8,8/858	8,7/773	8,0/590

Putem afirma că la înălțimea de 50-70 m deasupra suprafeței solului potențialul tehnic eolian exprimat în energie electrică se estimează la 1300-2000 kWh/an ceea ce constituie 50-75 % din consumul total de electricitate în anul 2005. În termeni de putere eoliană potențialul tehnic constituie 500 – 770 MW. Specialiștii din SUA [13] clasifică vânturile în 7 categorii în dependență de viteza medie anuală la înălțimea de 50 m de la suprafața solului. Conform acestei clasificări potențialul energetic eolian al RM se încadrează în clasele 4-5.

3. MĂSURĂRI ISTORICE ȘI RECENTE ALE VITEZEI ȘI DIRECȚIEI VĂNTULUI

3.1. Măsurări istorice

Pe teritoriul RM, în scopuri sinoptice, s-au efectuat măsurări ale caracteristicilor vântului începând cu

anul 1936 [14]. Măsurările sistematice din trei în trei ore (8 măsurări în 24 ore) s-au efectuat la înălțimi de 10-12 m. Ca rezultat al măsurării vitezei și direcției vântului pentru fiecare perioadă de trei ore se consideră viteza medie (respectiv direcția) determinată pe un interval de 10 minute, adică între 0⁰⁰-0¹⁰, 3⁰⁰-3¹⁰, ș.a.m.d. Aceste date, stocate în arhiva Serviciului Hidrometeo, se numesc date istorice sau primare. Doar pentru o singură stație - stația meteorologică Chișinău datele istorice au fost procesate și publicate în unica sursă de informații despre vânt [14], în care sunt prezentate și date cu privire la funcția densitate de probabilitate a vitezei vântului (Tabelul 2). Această caracteristică climatologică a vântului este foarte importantă pentru energetica eoliană, deoarece energia vântului este proporțională cu cubul vitezei.

Tabelul 2. Funcția densitate de probabilitate a vitezei vântului la stația meteorologică Chișinău.

V, m/s	1-2	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13
F, %	29	39	23	7,0	2,0	0,3	0,1

Dacă admitem viteza lucrativă a agregatului eolian mai mare de 4 m/s și viteza nominală calculată este 12 m/s, vom face concluzia că mai puțin de o treime din an agregatul va funcționa și atunci cu un factor de utilizare a puterii instalate foarte mic. Este evident că această concluzie va fi în defavoarea energiei eoliene. Realitatea e alta:

1. Stația meteorologică Chișinău este amplasată în mijlocul unui cartier din sectorul Botanica, turnul anemometrului este înconjurat din toate direcțiile de clădiri cu 5-12 etaje.
2. Datele măsurărilor istorice despre vânt disponibile în zonele de amplasare a stațiilor meteorologice nu pot servi ca bază pentru a face o analiză tehnico-economică a unui proiect de implementare în domeniul energiei eoliene. Funcția densitate de probabilitate a vitezei vântului este accesibilă doar pentru stația Chișinău.
3. Datele istorice de la stațiile meteorologice reprezentative menționate mai sus pot fi folosite pentru o estimare prealabilă a potențialului energetic eolian în zona în baza atlasului vântului a stației meteorologice respective.

3.2. Măsurări recente

În perioada 2002-2003 Centrul Universitar „Energie Plus” din cadrul Universității tehnice a efectuat măsurări ale caracteristicilor vântului în regim continuu la înălțimea de 50 m deasupra

suprafeței solului pe o perioadă de 12 luni în trei amplasamente - Baurci (în zona de sud), Buțeni și Ratuș (în zona centrală).

Pentru măsurări s-au utilizat sisteme specializate produse de firma olandeză ECOPOWER. Principalele caracteristici ale sistemului ECO21B:

- Precizia – 0,1 - 0,2 m/s, calibrarea individuală asigură o precizie de 0,1 m/s;
- Rezoluția – 0,05 m/s;
- Memorie: două Compact Flach Memory Card 16 Mb;
- Intervalul minimal de eșantionare – 1 sec;
- Intervalul minimal de înregistrare a datelor – 5 minute;
- Gama de măsurare a vitezei: 0 – 50 m/s;

S-a folosit setarea standard: intervalul de eșantionare – 3 secunde, intervalul de înregistrare – 10 minute. Acest regim de măsurare se interpretează astfel. Pe parcursul intervalului de 3 secunde se efectuează o măsurare a vitezei și a direcției vântului, rezultatele se stochează în memoria operativă a loggerului. Astfel, pe intervalul de înregistrare de 10 minute se vor efectua 200 de măsurări a vitezei și respectiv a direcției vântului. Rezultatele obținute se procesează, se determină valoarea maximală, minimală, medie și abaterea standard a vitezei vântului și valorile medii în grade a direcției vântului. Aceste date se înregistrează pe o dischetă specială și ulterior se procesează cu programul WAsP. Rezultatele procesării datelor măsurărilor caracteristicilor vântului sunt prezentate în figura 3:

- Vitezele medii ale vântului constituie: în amplasamentul Buțeni - 6,1 m/s; Baurci – 6,4 m/s; Ratuș – 6,3 m/s.
- Densitatea de putere eoliană: Buțeni – 236 W/m²; Baurci – 289 W/m²; Ratuș – 301 W/m².
- Funcția densitatea de probabilitate a vitezelor lucrative ale vântului (mai mari de 5,0 m/s) pe perioadele respective constituie: Buțeni – 75,6%; Baurci – 77,6%; Ratuș – 74,1%.

Vitezele nominale ale turbinelor moderne variază între 12 și 13 m/s. Constatăm că în amplasamentele în cauză viteza medie anuală a vântului constituie circa 50 % din viteza nominală. În acest caz statisticele europene [15] indică un factor de utilizare a puterii instalate a turbinei de 0,25. Altfel spus, o turbină cu puterea nominală de 1000 kW, instalată în unul din amplasamentele menționate la înălțimea de 50 m deasupra solului, va produce anual 2,2 mln kWh energie electrică. Turbinele moderne cu puterea mai mare de 1 MW se instalează la înălțime de 60-120 m deasupra

suprafeței solului. În acest caz vom obține un factor de utilizare a puterii instalate și mai mare.

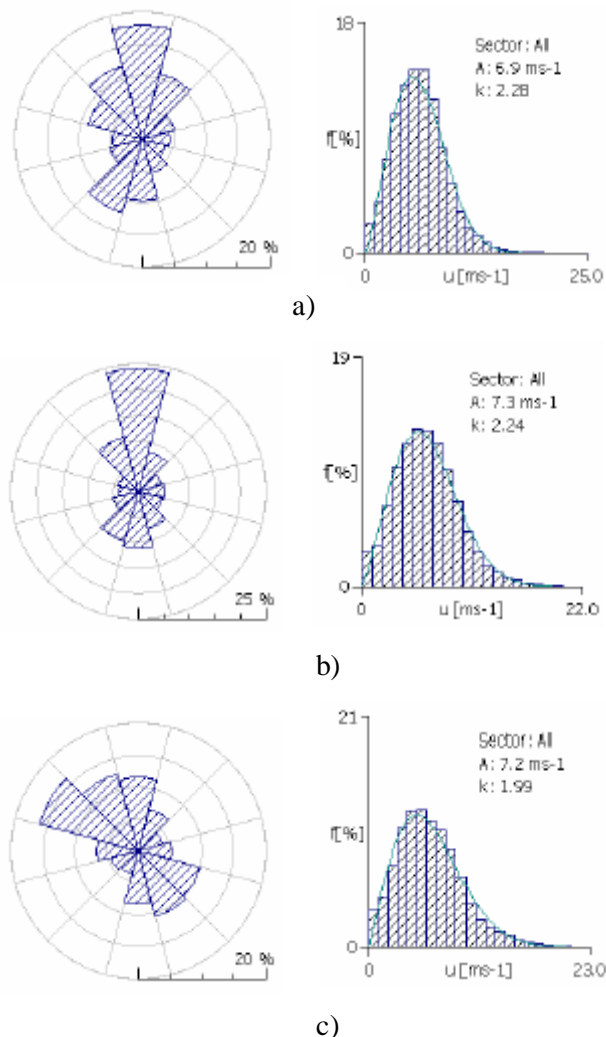


Figura 3. Rezultatele măsurărilor direcției și vitezei vântului la înălțimea de 50 m: a - amplasamentul Buțeni; b – amplasamentul Baurci; c – amplasamentul Ratuș

4. VALIDAREA POTENȚIALULUI ENERGETIC EOLIAN

4.1. Metode de validare a Atlasului European al vântului

Efectuarea măsurărilor caracteristicilor vântului pe o perioadă de minimum un an costă scump. Mai sus s-a menționat că 5 din cele 17 stații meteorologice pot fi considerate ca reprezentative și datele istorice despre vânt pot fi utilizate pentru calculul vitezei și direcției vântului într-un punct de interes unde nu s-au efectuat măsurări. Evident apare întrebarea: care este gradul de certitudine a

rezultatelor calculate? Pentru a răspunde la această întrebare s-au folosit diferite proceduri, luând în considerație atât metoda folosită pentru validarea Atlasului European al Vântului (AEV) cât și informația disponibilă în RM. Validarea AEV s-a efectuat folosind următoarele metode [10]:

1. Prin compararea reciprocă a rezultatelor măsurărilor și calculelor vitezelor medii ale vântului și parametrilor Weibull. Procedura de comparare reciprocă cuprinde următoarele: una din stațiile meteorologice se declară stație prezisă, de exemplu stația SM1 din figura 4. Se calculează viteza medie și parametrii Weibull pentru stația prezisă folosind datele istorice de la celelalte stații din zonă – SM2, SM3 și SM4 din figura 4, numite stații predicătoare. Calculele se repetă de patru ori declarând succesiv ca stație prezisă o altă stație;

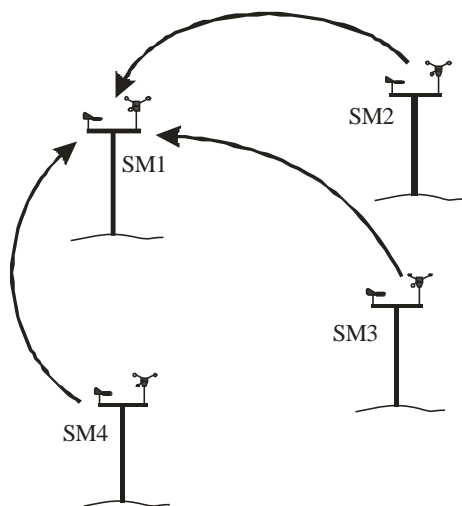


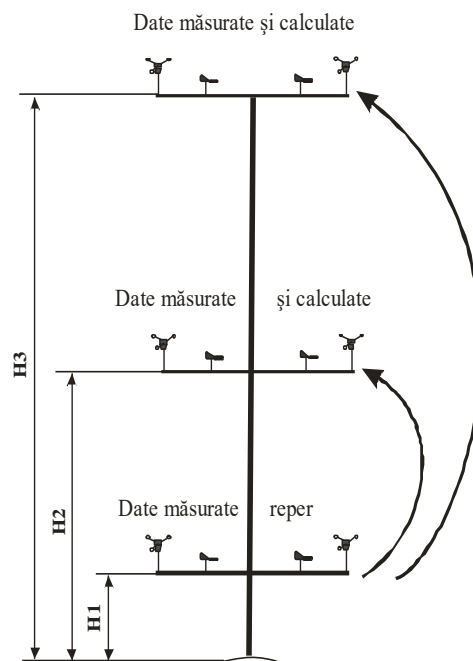
Figura 4. Principiul de validare prin comparații

Figura 5. Principiul de validare prin măsurări la diferite înălțimi

reciproce între stațiile meteorologice: SM1 – stație meteorologică prezisă; SM2, SM3, SM4 – stații meteorologice predicătoare

2. A doua metodă constă în folosirea rezultatelor măsurărilor la înălțimi de 50 m și mai mult a caracteristicilor vântului pe o perioadă de minimum 12 luni. În multe țări din Europa de vest există date despre caracteristicile vântului măsurate la înălțimi de câteva zeci și chiar sute de metri: Olanda – 200 m; Portugalia – 100 m; Finlanda – 220 m; Suedia – 145 m. În acest caz validarea rezultatelor estimate prin calcule se efectuează în modul următor (vezi figura 5): pentru fiecare turn unde au fost efectuate măsurări pe o perioadă de minimum 12 luni la

diferite înălțimi, se culeg datele corespunzătoare înălțimilor de 10-20 m. Aceste date se utilizează ca date reper pentru calcule. Se calculează viteza medie, parametrii Weibull și densitatea



de putere eoliană pentru înălțimi de 50 – 200 m. Se compară rezultatele calculate cu cele măsurate.

Republica Moldova nu dispune de date despre vânt la înălțimi mai mari de 12 m deasupra solului. În această situație, validarea potențialului energetic eolian, poate fi efectuată prin comparații reciproce, măsurări la înălțimi mai mari de 12 m deasupra solului pe o perioadă de minimum 12 luni, folosirea rezultatelor obținute și datelor istorice pe o perioadă de 10 ani de la diferite stații meteorologice pentru calculul potențialului energetic în unul și același punct geografic.

4.2. Validarea potențialului energetic eolian al RM

În tabelul 3 se prezintă rezultatele comparațiilor reciproce dintre 4 stații meteorologice amplasate în zona de sud: Ceadâr-Lunga, Comrat, Cahul și Leova. Turnurile anemometrelor stațiilor Comrat și Leova sunt puternic ecranate de obstacole. Se constată următoarele:

- Cu cât obstacolele din jurul stațiilor respective au mai puțină influență asupra rezultatelor măsurărilor cu atât mai exacte sunt rezultatele prezise. De exemplu, viteza prezisă la stația Ciadâr-Lunga de către stația

Tabelul 3. Comparări reciproce a vitezelor medii și coeficienților Weibull: viteza medie, m/s – cifra de sus; A-cifra din mijloc; k – cifra de jos.

Stația prezisă	Stația predicătoare			
	Ceadâr-Lunga	Comrat	Cahul	Leova
Ceadâr Lunga	4,7	3,6	4,4	3,4
	5,3	4,0	4,9	3,7
	2,05	1,63	1,93	1,37
Comrat	3,6	3,2	3,3	2,6
	4,0	3,6	3,7	2,8
	1,78	1,73	1,74	1,28
Cahul	4,4	3,2	4,3	3,2
	5,0	3,6	4,9	3,5
	2,01	1,64	1,99	1,38
Leova	4,4	3,2	4,1	3,1
	4,9	3,6	4,7	3,4
	2,04	1,61	1,95	1,42

Cahul (amplasată în zona aeroportului și este puțin ecranată) este egală cu 4,4 m/s și diferă cu 7 % de cea măsurată. Viteza prezisă la stația Cahul de către stația reper Ciadâr-Lunga este de 4,4 m/s și diferă de cea măsurată cu 2 %;

- Stațiile puternic ecranate (Comrat și Leova) fiind considerate ca stații reper prezic viteze medii ale vântului cu mult mai mici decât cele măsurate: vitezele prezise la Ciadâr-Lunga de către stațiile Comrat și Leova sunt respectiv cu 31 și 38 % mai mici decât cele măsurate.

Cu datele măsurărilor la înălțimea de 50 m și cu datele istorice s-au calculat parametrii Weibull, viteza vântului și densitatea de putere eoliană la înălțimea de 60 m deasupra solului pentru trei puncte geografice - amplasamente eventuale ale unor centrale eoliene: Capaclia în zona de sud, Bălănești în zona centrală și Dubna în zona de nord. Principiul de validare (figura 6) constă în compararea rezultatelor calculului caracteristicilor vântului pentru unul și același punct folosind ca date inițiale datele istorice de la stațiile meteorologice și datele măsurărilor recente. Rezultatele validării raportate la stația unde au fost făcute măsurări recente sunt prezentate în tabelele 4-6. Constatăm că pentru un amplasament oarecare unde nu au fost făcute măsurări ale caracteristicilor vântului densitatea de putere eoliană poate fi prezisă cu o eroare relativă de 2-12 %, iar viteza medie anuală -1,0-7,5 %. Eroarea este mai mică dacă stațiile reper (predicătoare) sunt amplasate pe locuri deschise și nu sunt ecranate. Ca exemplu pot servi stațiile Cahul, Ciadâr-Lunga și Bălți. Dacă stațiile predicătoare sunt puternic ecranate (Cornești) sau se află în zone deluroase (Buțeni, Ratuș), atunci eroarea de precizie este mai mare.

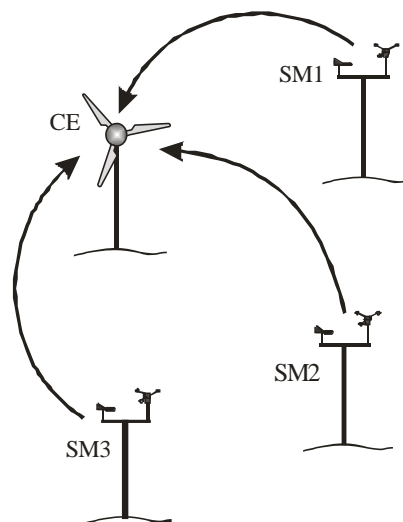


Figura 6. Principiul de validare prin compararea rezultatelor în amplasamentul unei eventuale centrale eoliene: CE-centrala eoliană; SM1, SM2, SM3 – date istorice sau recente de la stațiile meteorologice

Tabelul 4. Rezultatele validării pentru amplasamentul Capaclia.

Stația meteorologică	Viteza vântului, m/s	Densitatea de putere, W/m ²	Parametrii Weibull	
			A, m/s	k
Cahul	7,85	545,7	8,87	2,08
Ceadâr-Lunga	8,27	542,7	9,62	2,52
Baurci	8,2	575,1	9,25	2,26

Ultima procedură de validare constă în compararea vitezelor medii anuale măsurate în trei amplasamente Baurci, Buțeni și Ratuș cu vitezele calculate în aceleași amplasamente, la aceeași înălțime, folosind datele istorice de la cea mai apropiată stație meteorologică. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 7. Observăm, că eroarea relativă este mai mică de 1,0 % dacă stațiile reper sau altfel spus, stațiile predicătoare, sunt amplasate pe terenuri deschise fără obstacole (Ciadâr-Lunga și Bălți) și este de circa 3,0 %, dacă stația reper este amplasată pe teren deluros și cu obstacole (Cornești).

Tabelul 5. Rezultatele validării pentru amplasamentul Bălănești.

Stația meteorologică	Viteza vântului, m/s	Densitatea de putere, W/m ²	Parametrii Weibull	
			A, m/s	k
Buțeni	7,88	501,4	8,89	2,31
Cornești	7,47	508,1	8,42	1,92
Ratuș	7,33	453,8	8,27	2,03

Tabelul 6. Rezultatele validării pentru amplasamentul Dubna.

Stația meteorologică	Viteza vântului, m/s	Densitatea de putere, W/m ²	Parametrii Weibull	
			A, m/s	k
Bălți,	6,7	426,4	7,51	1,69
Ratuș,	7,08	419,6	7,99	1,98

Tabelul 7. Viteza media anuală a vântului măsurată și calculată.

Amplasamentul	Viteza medie, m/s		Stația reper
	Măsurată	Calculată	
Ratuș	6,31	6,31	Bălți
Bușeni	6,06	6,23	Cornești
Baurci	6,44	6,39	Ceadâr-Lunga

5. CONCLUZII

Studiile recente făcute în conformitate cu metodologia aplicată în țările UE confirmă existența în RM a unui potențial energetic eolian, care merită să fie exploatat. La înălțimi de 50-70 m deasupra solului potențialul tehnic eolian exprimat în energie electrică se estimează la 1300 – 2000 mln kWh/an ceia ce constituie 50-75 % din consumul total de electricitate în anul 2005. În termeni de putere eoliană potențialul tehnic constituie 500 – 770 MW.

Pentru un amplasament oarecare unde nu au fost făcute măsurări ale caracteristicilor vântului viteza medie anuală a vântului poate fi estimată cu o eroare relativă de 1,0-7,5 %, iar densitatea de putere eoliană – cu 2-12 %.

RECUNOȘTIȚE

Autorul exprimă sincere mulțumiri Serviciului de Stat HIDROMETEO pentru datele primare despre vânt furnizate, Consiliului Suprem pentru Știință și Dezvoltare Tehnologică pentru susținere financiară în cadrul proiectului 011P, conf.dr.ing. Chiciuc Andrei pentru ajutorul acordat la efectuarea calculelor folosind programul WAsP.

Bibliografie

1. *Todos P., Sobor I., Chiciuc A. Studiul datelor statistice meteorologice cu privire la caracteristicile vântului pe teritoriul RM. Lucrările Conf. Int. SIELMEN 2001, Chișinău, 4-6 octombrie 2001, V.II, p.23-26.*

2. *Todos P., Sobor I., Chiciuc A., Grosu M. Processing Results of Wind Raw data on the territory of the Republic of Moldova. Buletinul Institutului Politehnic din Iași. Tomul XLVIII (LII), Fasc. 5C. Electrotehnică, Energetică, Electronică, Iași,- 2002 p. 301 – 306.*

3. *Todos P., Sobor I., Ungureanu D., Chiciuc A., Pleșca A. Energia regenerabilă: Studiu de fezabilitate. Ch.: Min. Ecologiei, Construcțiilor, și Dezvoltării Teritoriului; PNUD Moldova, 2002. - 158 p.*

4. *Todos P., Sobor I., Chiciuc A., Grosu M. Cu privire la potențialul energetic eolian al Republicii Moldova. “70 de ani ai Universității Agrare de Stat din Moldova”. Simpozion Științific Internațional. 7-8 oct. 2003.- Ch.: Centrul ed. al UASM. 2003. Inginerie agrară, pag.155-157.*

5. *Todos P., Sobor I., Chiciuc A., Grosu M. Prefeasibility study for wind power production in Republic of Moldova. Bul. Inst. Politehnic din Iași. Tomul L(LIV), Fasc. 5A. Electrotehnica, Energetica, Electronica, p.240- 245. Iași,-2004*

6. *Todos P., Sobor I., Chiciuc A. Surse regenerabile de energie în RM: realitate și perspective. Energetica, nr.1, 2004, p.14-18.*

7. *Sobor I. Este energia regenerabilă mai scumpă? Energetica Moldovei-2005, conf. int. 21-24 sept. 2005 - Chisinau: Rapoarte. Pp.579-583.*

8. *Mortensen Niels G., Landberg Lars, Ib Troen and Petersen Erik L. Wind Atlas Analysis and Application Program (WAsP). Vol.1: Getting Started. RISO, Roskilde, Denmark: - 1998.*

9. *Mortensen Niels G., Landberg Lars, Ib Troen and Petersen Erik L. Wind Atlas Analysis and Application Program (WAsP). Vol.2: User's Guide. RISO, Roskilde, Denmark. - 1993.*

10. *Ib Troen, Petersen Erik L. European Wind Atlas. Directorate General for Science, Research and Development. Brussels. - 1989.*

11. www.awstruwind.com. Accesat la 30.04.07

12. <http://www.ewea.org/index.php?id=91> Wind Energy: The facts. An analyses of wind energy in the EU-25. Accesat la 30.04.07

13. *Wind turbine Tehnology: fundamental concepts of wind turbine engineering. Editor David A. Spera. ASME press, New York. - 1994*

14. *Nauchno-prikladnoj spravochnik po klimatu SSSR. Seriya 3. Mnogoletnie dannye. Chasti 1-6, Vypusk 11, Moldavskaja SSR. Gidrometeoizdat. L., -1990.*

15. *Renewable Energy: power for a sustainable future. Edited by Godfrey Boyle. Oxford University Press. Oxford: - 2004.*

Recomandat spre publicare: 20.04.2007.