



Centrul Meteorologic
(Direcția meteorologie și climatologie)

**EVALUAREA RESURSELOR CLIMATICE EOLIENE PE TERITORIUL
REPUBLICII MOLDOVA PRIN PRISMA SCHIMBĂRILOR CLIMATICE**

INTRODUCERE

Sursele regenerabile de energie (energia eoliană, energia solară, energia hidroelectrică, energia oceanelor, energia geotermală, biomasa și biocombustibilii) constituie alternative la combustibilii fosili care contribuie la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră, la diversificarea ofertei de energie și la reducerea dependenței de piețele volatile și incerte ale combustibililor fosili, în special de petrol și gaze [2].

Resursele climatice eoliene ale Republicii Moldova au fost studiate și descrise în publicații științifice fundamentale, realizate în ultimele decenii prin prisma potențialului energetic [6, 8, 9] sau a caracteristicilor spațio-temporale [7]. În prezenta lucrare ne-am propus o evaluare a modificărilor resurselor climatice eoliene prin prisma schimbărilor climatice, o analiză a evoluției în timp a principalilor indicatori – **direcția, viteza vântului și calmul**.

MATERIALE ȘI METODE

Observații asupra vântului se efectuează la toate stațiile meteorologice din țară (tab. 1). Conform recomandărilor OMM (Organizația Meteorologică Mondială), analiza și sinteza datelor s-a realizat pentru intervale de timp de 30 ani, începând cu anul 1961 [3]. În cazul lipsei datelor pentru unii ani sau unele luni dintr-un an, s-a aplicat metoda de restabilire a datelor prin folosirea mediei aritmetice pentru perioada analizată a șirului.

Tabelul 1
Stații meteorologice, datele cărora au fost folosite în studiu

Stația	Perioada de observații, ani	Stația	Perioada de observații, ani
Briceni	1961-2020	Codrii	1996-2020
Soroca	1961-1983, 1985, 1988-1993, 2007-2020	Bălțata	1961-2020
Camenca	1961-2020	Chișinău	1961-2020
Râbnița	1963-2020	Tiraspol	1961-2020
Bălți	1961-2020	Leova	1961-2020
Fălești	1961-2020	Ștefan-Vodă	1981-2020
Bravicea	1961-2020	Comrat	1961-2020
Cornești	1961-2020	Ceadâr-Lunga	1961-1964, 1975-2020
Dubăsari	1961-2020	Cahul	1961-2020

Analiza și înțelegerea caracteristicilor de bază a vântului sunt bazate pe datele măsurătorilor.

Calitatea datelor măsurătorilor este un subiect dificil, care depinde, pe de o parte de echipament și termenii observațiilor, pe de altă parte, de specificul peisagistic al amplasării platformei meteorologice și modificările lui în timp [6, 7].

De exemplu până în anul 1966 viteza vântului se măsoară în 4 termeni – la fiecare 6 ore, din 1966 și până în prezent – în 8 termeni, la fiecare 3 ore. Până în anii '60, '70 instrumentul cu care se măsoară direcția și viteza vântului era girueta fixată la 10 m de-asupra solului, apoi măsurătorile se realizează cu anemometrul, iar în prezent cu senzori specializați. Aceste aspecte sunt de importanță deoarece probabilitatea înregistrării rafalelor extreme de vânt este în funcție de termenii măsurătorilor, precum și valorile vitezelor măsurate cu girueta sunt supraestimate față de cele măsurate cu anemometrul.

Prelucrarea statistică și verificările omogenității șirurilor, calculul parametrilor statistici de bază, s-a realizat folosind pachetul matematic din Excel.

Modelările spațiale ale parametrilor care descriu regimul eolian în țară nu au oferit rezultate satisfăcătoare, în special din cauza insuficienței numărului de stații cu date calitative. Unele stații au fost reamplasate pe parcursul perioadei de studiu (Chișinău, Ceadâr-Lunga, Tiraspol), altele atestă lacune observaționale în perioada de funcționare (Soroca), unele nu au șir suficient de lung cu ani de observații (Codrii, Ștefan-Vodă), însă problema cea mai mare privind omogenizarea datelor constă în modificarea terenurilor aferente stației – acoperirea cu vegetație și construcții. Aceste afirmații sunt confirmate și în publicațiile recente de specialitate [6, p. 33].

Din aceste considerente, pentru evaluarea tendințelor de modificare a regimului eolian al Republicii Moldova au fost selectate doar stațiile la care datele observaționale satisfac la maxim condițiile naturale sau unde nu s-a modificat substanțial structura terenurilor aferente – Briceni, Camenca, Râbnița, Fălești, Bravicea, Cornești, Dubăsari, Bălțața, Leova, Comrat, Cahul.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Pe teritoriul Republicii Moldova, regimul vântului (care se caracterizează prin doi parametri extrem de variabili în timp și spațiu – direcția din care bate vântul și viteza lui [1, 10]), este determinat atât de particularitățile circulației generale ale atmosferei, cât și de cele ale suprafeței subiacente.

Direcția vântului. Circulația atmosferică pe teritoriul Republicii Moldova în perioada analizată nu a suferit mari schimbări. Cercetările meteorologice indică influența majoră a centrelor barice sezoniere descrise suficient de bine în literatura de specialitate [4, 7, 10]: ciclonele Mediteraneane de iarnă, depresiunea Mării Negre de iarnă și ciclonele Sud-Asiatice de vară. Rezultatele analizei statistice indică că aceste tendințe, pe parcursul perioadei analizate, s-au modificat neesențial. Prin urmare, predomină vânturile din două direcții opuse – nord-vest și sud-est. Însă analiza comparativă a modificărilor în direcția vântului, prezentate în tab. 2, denotă mici modificări, care au loc în direcțiile nord, nord-vest și, la unele stații, sud.

Tabelul 2
Modificările frecvenței direcției medii anuale a vântului pe rumburi, 1991-2020 față de 1961-1990 (%),

Stația	N	NE	E	SE	S	SV	V	NV
Briceni	5.0	-0.2	0.3	-0.9	4.1	-1.2	-2.8	-7.3
Camenca	2.0	0.8	0.2	-2.4	0.2	0.2	2.9	-4.0
Râbnița	-3.7	2.3	-0.7	1.8	-4.3	0.0	2.0	2.9
Fălești	-1.0	-0.9	0.3	0.1	-0.2	1.4	0.0	0.4
Bravicea	-1.0	-0.2	0.0	-0.3	-1.8	2.0	0.9	0.4
Cornești	-1.8	0.9	-1.5	2.2	-0.8	1.0	-0.6	0.6
Dubăsari	1.9	2.7	0.2	-0.1	-3.3	-0.3	0.0	-0.9
Bălțața	-1.9	1.8	-0.6	-0.7	-0.5	0.9	-2.3	3.4
Leova	4.4	0.2	-0.6	-2.1	-0.5	0.4	0.2	-1.9
Comrat	-2.2	-0.9	1.0	-0.7	-0.7	0.1	2.7	0.8
Cahul	-1.6	0.8	0.2	-1.8	0.0	1.1	1.1	0.1

Astfel, cele mai mari modificări în frecvența vântului (anii 1991-2020 față de 1961-1990) se atestă la stația meteorologică Briceni, unde frecvența vânturilor nordice au crescut cu 5,0%, sudice – cu 4,1% iar cele din nord-vest au scăzut cu 7,3%. La stația meteorologică Râbnița, frecvența vânturilor nordice este în scădere cu 3,7%, iar a celor nordice cu 4,3%. În partea centrală a țării, la stația meteorologică Bălțata, frecvența vânturilor nordice a scăzut cu 1,9%, iar cele din nord-vest au crescut cu 3,4%. În partea sudică a țării, cele mai mari modificări în frecvența vânturilor se atestă la stația meteorologică Leova, unde frecvența vânturilor nordice este în creștere cu 4,4%, a celor sudice – în scădere cu 1,9% (fig.1, anexa 1).

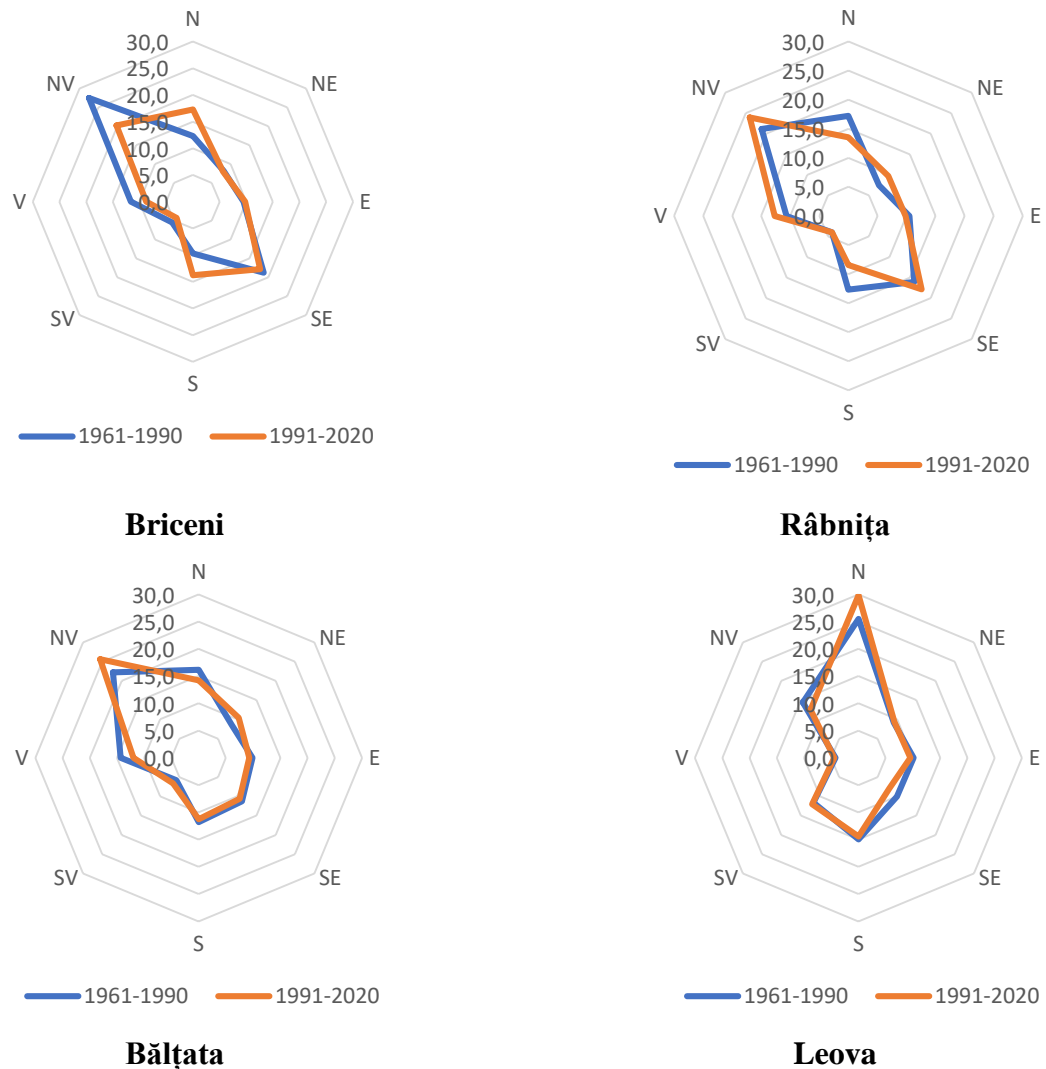


Figura 1.
Modificările rozei vânturilor, 1991-2020 față de 1961-1990

Aceste modificări pot fi explicate prin schimbarea mișcării maselor de aer de orientare latitudinală către cea meridională [12].

Fenomenul dat se confirmă și în investigațiile științifice mai timpurii, care constată permutarea fluctuațiilor nord-atlantice spre est ce provin din diferența normală de presiune dintre maximumul Azoric și minimumul Islandic [13].

Considerăm că, circulația atmosferei este un proces extrem de dinamic însă este prematur doar în baza a 60 ani de observații analizați, de dedus cauzele modificării ei, chiar dacă unele tendințe sunt observabile.

Viteza vântului. Se consideră [10] că, viteza medie a vântului reprezintă o valoare stabilă, puțin variabilă din an în an. Însă, rezultatele cercetărilor recente, apărute în literatura de specialitate, indică că tendințele micșorării vitezei medii a vântului în Europa de sud-est, în particular în emisfera de nord sunt evidente [11, 14, 15, 16].

În acest context deosebită atenție merită rezultatele cercetărilor obținute în România [15]: „Tendința lineară de evoluție a vitezei medii anuale indică scăderi medii pe perioada 1961-2007 mai mari de 1 m/s pentru nordul Carpaților Orientali, Podișul Moldovei și nordul Câmpiei Bărăganului și al Podișului Dobrogei. Aceleași regiuni au valorile cele mai relevante din punct de vedere al scăderii vitezei vântului și la scară anotimpuală, cu valori ce ajung la -2...-3 m/s la mai multe stații meteorologice din jumătatea de est a țării.”

Viteza medie anuală a vântului în țară variază, predominant, în funcție de varietatea regiunilor peisagistice din Republica Moldova și datorită specificului amplasării stației meteorologice. În prezent viteza medie anuală a vântului oscilează de la 1,4 m/s la stația meteorologică Bravicea, până la 3,5 m/s la stația meteorologică Cahul (tab. 3). Cele mai mari viteze medii ale vântului se atestă în sudul țării (Cahul, Comrat). Este evidentă rolul altitudinii: pe forme de relief mai înalte, viteza medie anuală a vântului este mai mare (Cornești, Bălțata), iar în depresiuni – mai mică (Bravicea).

În perioada rece a anului vitezele sunt mai mari (de la 1,5 m/s la Bravicea, până la 3,8 m/s la Cahul), decât în perioada caldă (1,2 m/s și 3,2 m/s respectiv). În raport procentual vitezele medii ale vântului în perioada rece a anului per ansamblu pe țară sunt cu 22% mai mari decât în perioada caldă (10,9% la Comrat și 29,7% la Camenca). De menționat că, decalajul dintre vitezele medii din perioada de iarnă față de cele de vară crește latitudinal, de la nord spre sud. Deci, vitezele medii a vântului în sudul țării sunt mai stabile pe parcursul anului.

În aspect sezonier vara este anotimpul cu vitezele medii ale vântului cele mai mici, care variază de la 1,1 m/s (Bravicea), până la 3,1 m/s (Cahul). În raport procentual vitezele medii de vară sunt cu 14,2% mai mici față de cele medii anuale (7,0 % la Comrat și 19,6% la Camenca).

Primăvara vitezele medii ale vântului sunt cele mai mari – 1,7 m/s la Bravicea și 3,9 m/s la Cahul. În raport procentual vitezele medii de primăvară sunt mai mari față de cele medii anuale cu 13,5% în mediu pe țară (9,9% la Cahul și 22,3% la Bravicea).

Tabelul 3
Viteza medii a vântului, m/s, 1991-2020

Stația	Anuală	Perioada caldă a anului, (V-IX)	Perioada rece a anului, (X-IV)	Iarna	Primăvara	Vara	Toamna
Briceni	2,2	1,9	2,4	2,4	2,5	1,8	2,1
Camenca	2,5	2,1	2,7	2,7	2,8	2,0	2,4
Râbnița	1,9	1,7	2,1	2,1	2,2	1,7	1,8
Fălești	2,2	1,9	2,3	2,3	2,4	1,8	2,1
Bravicea	1,4	1,2	1,5	1,5	1,7	1,1	1,2
Cornești	2,4	2,1	2,6	2,5	2,7	2,0	2,4
Dubăsari	1,9	1,7	2,1	2,1	2,2	1,7	1,8
Bălțata	2,4	2,2	2,6	2,5	2,8	2,2	2,3
Leova	2,5	2,2	2,7	2,7	2,9	2,2	2,4
Comrat	2,5	2,4	2,6	2,6	2,8	2,4	2,4
Cahul	3,5	3,2	3,8	3,8	3,9	3,1	3,4

Anterior s-a menționat tendința regională de micșorare a vitezelor medii a vântului.

Analiza dinamicii acestor valori în timp confirmă această afirmație și pentru teritoriul Republica Moldova unde vitezele medii ale vântului au tendințe de scădere (tab. 4, 5, fig. 2).

Comparând vitezele medii anuale din perioada anilor 1961-1990 cu cele din 1991-2020, constatăm că viteza medie anuală a vântului a scăzut cu 0,6m/s în mediu pe țară sau 21,6% (tabelele 4 și 5).

Deosebit de dramatică este scăderea vitezelor medii anuale la stația meteorologică Leova 1,5 m/s (37,9%).

De rând cu datele înregistrate la stația meteorologică Leova, micșorări considerabile a vitezei medii anuale ale vântului se atestă la stațiile Râbnița, Camenca și Cornești (0,7, 0,8 m/s sau 26,9%, 34,8% și 24,2% consecutiv).

Cel mai puțin s-a modificat viteza medie în sudul țării: Comrat (0,2 m/s sau 8,8%) și Cahul (0,4 m/s sau 8,8%).

Compararea modificării vitezelor medii din perioada caldă și rece a anului (1961-1990 față de 1991-2020) nu atestă mari deosebiri una față de alta – vitezele medii au scăzut cu 0,6 m/s și 0,7 m/s respectiv (21,7% și 21,6%).

Deosebit de mult s-au micșorat vitezele în perioada rece a anului, comparativ cu cele medii anuale – în mediu cu 0,8 m/s pe țară (1991-2020 față de 1961-1990) sau cu 24,3%.

Vara micșorarea vitezelor medii a vântului pe țară sunt de 0,6 m/s sau 19,4%.

Tabelul 4
Modificările vitezei medii a vântului, m/s, 1991-2020 față de 1961-1990 (în direcția micșorării)

Stația	Anuală	Perioada caldă a anului, (V-IX)	Perioada rece a anului, (X-IV)	Iarna	Primăvara	Vara	Toamna
Briceni	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,6	0,3
Camenca	0,6	0,5	0,6	0,7	0,6	0,5	0,4
Râbnița	0,7	0,6	0,8	0,9	0,7	0,6	0,6
Fălești	0,6	0,5	0,6	0,7	0,6	0,5	0,4
Bravicea	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,6
Cornești	0,8	0,7	0,8	1,0	0,8	0,6	0,6
Dubăsari	0,4	0,4	0,5	0,5	0,3	0,4	0,4
Bălțata	0,6	0,5	0,6	0,7	0,6	0,5	0,4
Leova	1,5	1,3	1,7	1,9	1,6	1,3	1,2
Comrat	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2	0,1
Cahul	0,4	0,2	0,5	0,6	0,4	0,2	0,2

Tabelul 5
Modificările vitezei medii a vântului, %, 1991-2020 față de 1961-1990 (în direcția micșorării)

Stația	Anuală	Perioada caldă a anului, (V-IX)	Perioada rece a anului, (X-IV)	Iarna	Primăvara	Vara	Toamna
Briceni	18,9	22,6	16,6	19,7	13,6	25,1	13,4
Camenca	18,7	18,1	19,1	21,8	18,1	19,2	13,2
Râbnița	26,9	26,3	27,2	30,5	24,9	26,8	23,2
Fălești	21,6	22,1	21,3	23,2	20,1	22,6	17,4
Bravicea	34,8	37,4	33,3	35,0	29,9	37,7	34,1
Cornești	24,2	24,5	24,0	28,1	21,9	23,8	19,7
Dubăsari	18,0	18,1	18,0	19,9	13,0	18,2	17,6
Bălțata	18,7	17,7	19,3	21,5	18,1	17,2	14,9
Leova	37,9	37,0	38,4	41,8	35,2	36,8	33,8
Comrat	8,8	8,6	8,9	12,1	9,9	9,4	3,3
Cahul	9,4	6,6	11,1	13,7	8,5	7,3	6,8

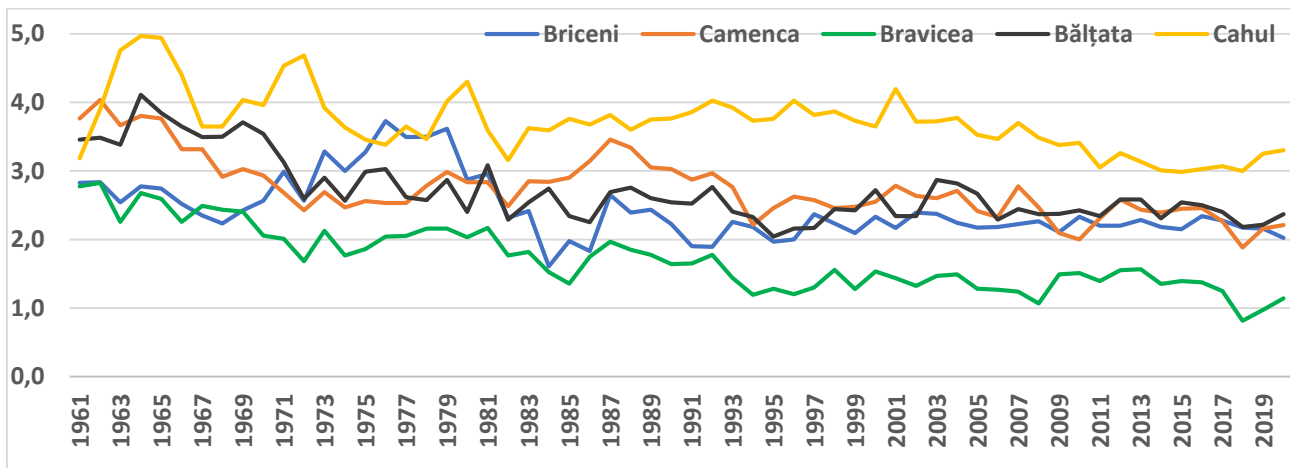


Figura 2.

Dinamica modificării vitezelor medii anuale a vântului (m/s) la unele stații reprezentative (1961-2020)

În distribuția frecvenței vitezelor vântului pe gradații (tab. 6, fig. 3) menționăm că în Republica Moldova, în prezent (perioada 1991-2020), în mediu predomină vânturile cu viteze de 2-3 m/s – 42,1%, fiind urmate de cele cu viteze mai mici – sub 1 m/s – 35,8 m/s. Evident, pe măsura creșterii vitezelor – frecvența este în scădere (tab. 6).

Tabelul 6

Frecvența vitezelor vântului pe gradații, %, 1991-2020

Stația	Viteza vântului, m/s											
	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-20	21-24	25-28
Briceni	37,8	44,4	13,4	3,3	0,7	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Camenca	32,1	42,2	18,2	5,5	1,7	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Râbnița	37,6	46,2	12,7	2,7	0,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fălești	30,6	54,9	12,2	1,8	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bravicea	58,1	32,9	7,3	1,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cornești	29,4	49,7	16,7	3,4	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dubăsari	45,0	40,4	11,6	2,3	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bălțata	39,6	31,3	20,1	6,9	1,6	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Leova	36,1	39,5	16,4	5,6	1,7	0,4	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Comrat	32,3	41,2	19,4	5,8	1,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cahul	15,3	40,3	28,4	11,1	3,6	0,8	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0

Notă: În cazul înscrierii "0,0", valoarea indicată este foarte mică, de ordin sutimi, etc. și nu este indicată în tabel.

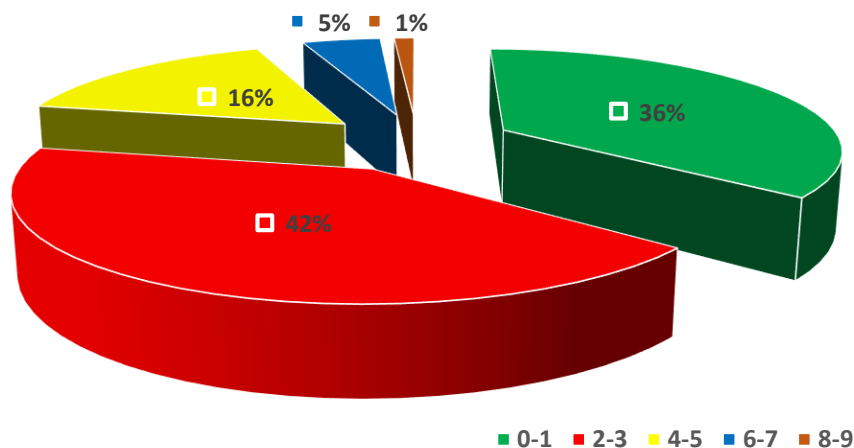


Figura 3.

Distribuția frecvenței vântului pe gradații de viteze, %. Perioada 1991-2020.

Micșorarea generală a vitezei vântului în Republica Moldova poate fi dezbinată detaliat de-a lungul perioadei analizate și prin prisma frecvenței conform gradațiilor de viteză (tab. 7, 8). De menționat că, pe fondalul micșorării vitezei medii a vântului, frecvența vitezelor mici este în creștere. Astfel, comparând frecvența vitezelor vântului din perioada 1961-1990 cu 1991-2020, se observă că frecvența vitezelor sub 1,0 m/s este în creștere cu 3,5%, pe când frecvența din diapazonul 2-3 m/s – cu 7,4%. În raport procentual, această creștere constituie 14,6% și 21,4% consecutiv.

Începând cu diapazonul de viteze de cca 4 m/s, diferența dintre frecvența vitezelor din perioadele comparate este în scădere dramatică. Cu cât diapazonul vitezelor este mai mare, cu atât diferența frecvenții lor devine tot mai mare față de perioada anilor 1961-1991. Astfel, în raport procentual frecvența vitezelor de 4-5 m/s a scăzut cu 20,3% în mediu pe țară, 6-7 m/s – cu 48,8%, 8-9 m/s – cu 65,2%, 10-11 m/s – cu 75,9%, iar de la 21 m/s – peste 100% (tab. 8).

Tabelul 7
Modificările frecvenței vitezei vântului pe gradații, %, 1991-2020 față de 1961-1990

Stația	Viteza vântului, m/s											
	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-20	21-24	25-28
Briceni	4,0	9,0	-6,2	-4,2	-1,4	-0,7	-0,3	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Camenca	1,2	8,2	-4,1	-3,3	-1,3	-0,6	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Râbnita	0,6	14,2	-6,9	-4,9	-2,0	-0,7	-0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Fălești	-2,9	13,0	-4,6	-3,4	-1,1	-0,5	-0,3	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0
Bravicea	7,7	4,0	-5,7	-3,8	-1,4	-0,3	-0,5	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0
Cornești	6,3	6,7	-6,1	-3,8	-1,8	-0,8	-0,3	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0
Dubăsari	3,2	2,4	-1,8	-1,9	-0,9	-0,5	-0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Bălțața	2,1	3,8	0,6	-2,6	-2,2	-0,9	-0,5	-0,1	-0,2	0,0	0,0	0,0
Leova	19,0	6,8	-7,6	-8,7	-5,0	-2,9	-0,9	-0,4	-0,2	-0,1	0,0	0,0
Comrat	-0,1	7,0	-2,1	-2,7	-1,5	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Cahul	-2,4	6,4	2,9	-3,2	-2,1	-1,2	-0,3	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0

Notă: În cazul înscrierii "0,0" valoarea indicată este foarte mică, de ordin sutimi, etc. și nu este indicată în tabel.

Tabelul 8
Modificările procentuale a frecvenței vitezei vântului pe gradații, 1991-2020 față de 1961-1990

Stația	Viteza vântului, m/s											
	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-20	21-24	25-28
Briceni	11,7	25,5	-31,5	-56,0	-67,4	-73,6	-80,1	-63,2	-70,8	-44,3	-100	-100
Camenca	3,9	24,2	-18,3	-37,7	-44,0	-67,2	-58,4	-77,0	-73,8	-100	-100	-100
Râbnita	1,6	44,4	-35,0	-64,4	-77,5	-81,0	-93,4	-94,9	-94,7	-95,0	-100	-100
Fălești	-8,7	31,1	-27,5	-65,0	-75,3	-83,1	-98,4	-94,3	-100	-96,3	-100	-100
Bravicea	15,3	13,9	-43,9	-74,4	-84,9	-82,3	-95,6	-56,9	-100	-100	-100	-100
Cornești	27,3	15,6	-26,9	-52,8	-73,9	-88,6	-91,7	-91,4	-97,9	-100	-100	-100
Dubăsari	7,7	6,3	-13,6	-45,0	-65,7	-77,7	-84,3	-94,1	-96,5	-100	-100	-100
Bălțața	5,5	13,8	3,0	-27,0	-57,4	-66,8	-85,7	-84,2	-96,4	-91,1	-100	-100
Leova	111	20,6	-31,7	-61,0	-74,8	-88,2	-75,4	-82,8	-92,9	-97,2	-100	-100
Comrat	-0,3	20,5	-9,6	-31,6	-59,3	-66,4	-78,9	-72,4	-96,2	-100	-100	-100
Cahul	-13,7	19,0	11,2	-22,3	-36,7	-60,2	-50,0	-36,3	-52,2	-78,6	-100	-100

De menționat că, în aspect spațial se evidențiază sudul țării, unde vitezele peste 4 m/s scad mai puțin, față de restul stațiilor, confirmând astfel o stabilitate relativă în modificarea vitezelor vântului în această regiune.

Aici stația meteorologică Leova iarăși reprezintă o excepție condiționată de specificul peisajului din regiune.

Calmul. Frecvența medie anuală a calmului variază în spațiu în funcție de specificul fizico-geografic și de particularitățile regionale ale circulației atmosferice [1, 10]. Cea mai mare frecvență a calmului se observă în partea de nord-est a țării și în depresiuni (Râbnița – 25,8%, Bravicea – 39,6%, tab. 9).

Frecvența cea mai mică a calmului este specifică sudului țării și locurilor înalte, deschise (Cahul – 5,1%, Cornești – 9,7%, tab. 9). În perioada rece a anului frecvența calmului este puțin mai mare decât în perioada caldă (cu 4,3% în mediu pe țară) păstrându-se aceleași proprietăți de distribuire în spațiu, ca și la media anuală (tab. 9).

Tabelul 9
Modificările frecvenței calmului, %, 1991-2020 față de 1961-1990

Stația	Calm (an, (1991-2020))	Diferența	Calm (V-IX, 1991-2020)	Diferența	Calm (X-IV, 1991-2020)	Diferența
Briceni	14.3	-5.5	17.9	-7.4	14.1	-5.8
Camenca	18.8	-1.8	22.6	-2.9	16.0	-1.1
Râbnița	25.8	0.3	30.9	0.7	22.1	-0.2
Fălești	9.1	-5.3	10.8	-5.7	7.9	-5.0
Bravicea	39.6	2.4	44.4	3.8	36.2	1.4
Cornești	9.7	2.7	10.7	3.1	9.0	2.4
Dubăsari	18.77	-3.5	22.7	-3.0	15.9	-4.2
Bălțata	24.1	0.1	27.3	1.2	21.9	-0.6
Leova	13.1	6.7	13.8	6.0	12.6	7.2
Comrat	12.51	-9.8	12.9	-11.1	12.2	-9.2
Cahul	5.1	-2.7	5.4	-4.1	5.0	-1.7

În comparație cu perioada 1961-1990 frecvența calmului suportă modificări vizibile în direcția micșorării ei. Aceste modificări se observă deosebit de bine în aspect procentual (tab. 10). Chiar dacă la unele stații aceste modificări sunt foarte mici (Râbnița – 1,1%, Bălțata – 0,6%, Bravicea – 6,1% față de media pentru anii 1961-1990) și au un caracter de creștere, la multe stații din țară se observă o scădere considerabilă a frecvenței calmului. Deosebit de mari aceste tendințe sunt în sudul țării, unde la Comrat frecvența medie anuală a calmului s-a micșorat cu 78,5%, față de anii 1961-1990, la Cahul – cu 53,6%. În nordul țării aceste tendințe, la fel sunt vizibile, dar mai puțin exprimate – la Briceni frecvența medie a calmului a scăzut cu 38,5% față de anii 1961-1990. Analiza pentru perioada caldă și rece a anului denotă aceleași tendințe.

În mediu pe țară frecvența medie anuală a calmului a scăzut cu 15,5% față de anii 1961-1990, în perioada caldă a anului – cu 17,6, în perioada rece – cu 14,9.

Tabelul 10
Modificările procentuale a frecvenței calmului, %, 1991-2020 față de 1961-1990

Stația	Calm (an, (1991-2020))	Diferența	Calm (V-IX, 1991-2020)	Diferența	Calm (X-IV, 1991-2020)	Diferența
Briceni	14.3	-38.5	17.9	-41.3	14.1	-41.2
Camenca	18.8	-9.8	22.6	-12.7	16.0	-6.8
Râbnița	25.8	1.1	30.9	2.3	22.1	-1.0
Fălești	9.1	-58.2	10.8	-52.4	7.9	-63.8
Bravicea	39.6	6.1	44.4	8.5	36.2	3.8
Cornești	9.7	27.5	10.7	28.8	9.0	26.4
Dubăsari	18.77	-18.9	22.7	-13.3	15.9	-26.4
Bălțata	24.1	0.6	27.3	4.5	21.9	-2.9
Leova	13.1	51.1	13.8	43.4	12.6	57.2
Comrat	12.51	-78.5	12.9	-85.5	12.2	-75.5
Cahul	5.1	-53.6	5.4	-75.5	5.0	-33.3

Considerăm că, scăderea per ansamblu a frecvenței calmului este însoțită de scăderea vitezelor medii anuale ale vântului, ceea ce se confirmă prin corelarea acestor parametri (fig. 3). Gradul de corelare, R^2 , variază în limitele 0,6-0,7, care este în limitele admisibile.

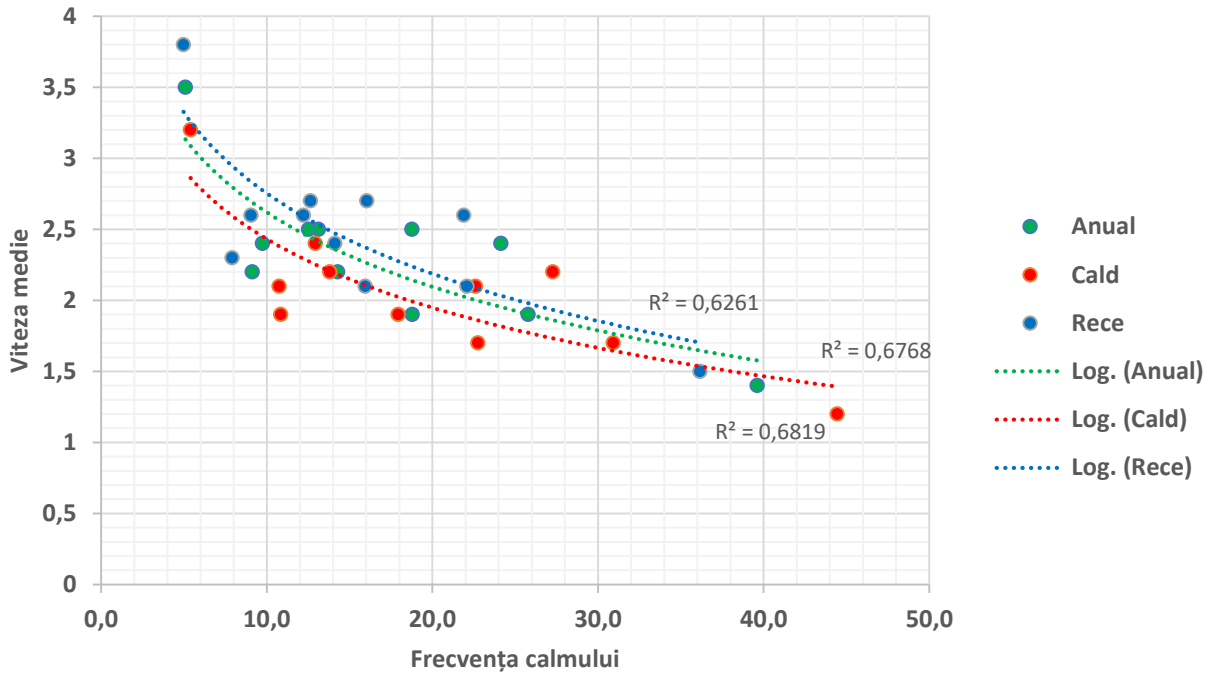


Figura 3.
Funcția vitezelor medii anuale ale vântului de calm, perioada 1991-2020.

Aceasta se confirmă și prin distribuția frecvențelor vitezelor mici ale vântului în raport cu frecvența calmului: cu cât frecvența calmului este mai mare cu atât este mai mare și frecvența vânturilor slabe (sub 1 m/s, fig. 4).

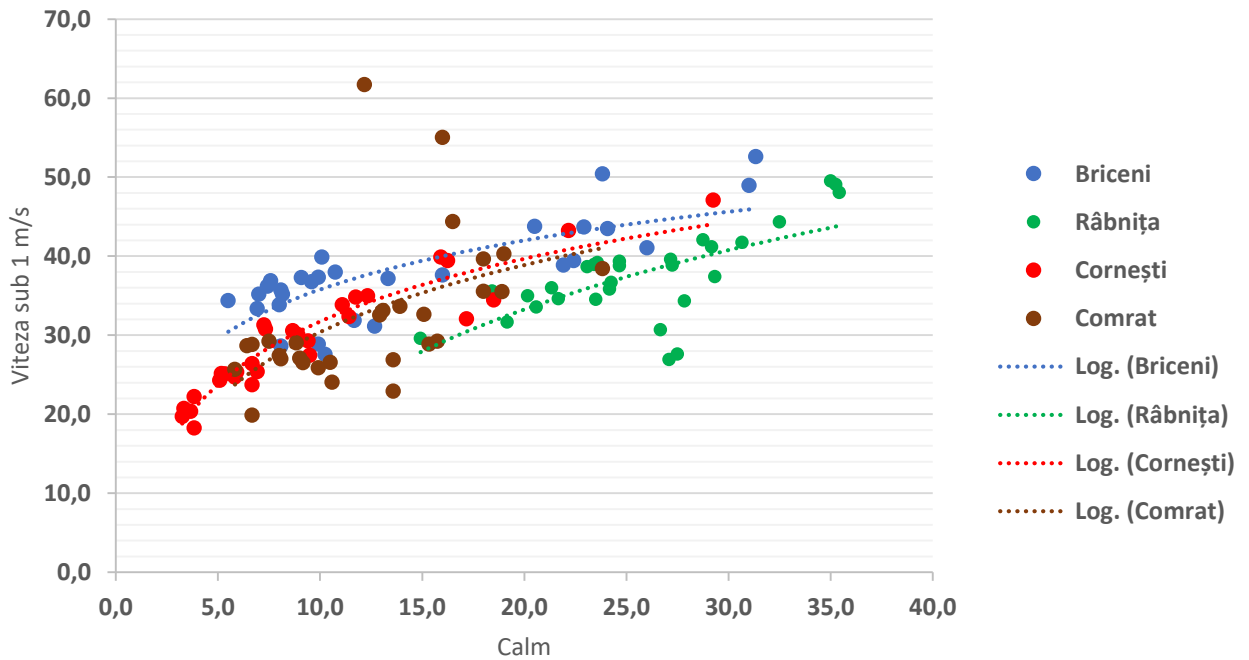


Figura 4.
Funcția frecvenței vitezelor mici ale vântului (sub 1 m/s) față frecvența calmului, perioada 1991-2020.

În general analiza frecvenței calmului, îndeosebi corelarea ei cu alți indicatori caracteristici ai vântului, necesită studii dedicate.

CONCLUZII

1. Analiza comparativă a modificărilor în direcția vântului, denotă mici modificări, care au loc în direcțiile nord, nord-vest și, la unele stații, sud. Aceste modificări pot fi explicate prin schimbarea mișcării maselor de aer de orientare latitudinală către cea meridională. Considerăm că, circulația atmosferei este un proces extrem de dinamic însă este prematur doar în baza a 60 ani de observații analizați, de dedus cauzele modificării ei, chiar dacă unele tendințe sunt observabile.
2. Pentru teritoriul Republica Moldova sunt caracteristice tendințele de micșorare a vitezelor medii anuale ale vântului. Comparând vitezele medii anuale din perioada anilor 1961-1990 cu cele din anii 1991-2020, constatăm că viteza medie anuală a vântului a scăzut cu 0,6 m/s în mediu pe țară sau 21,6%. Deosebit de mult s-au micșorat vitezele în perioada rece a anului, comparativ cu cele medii anuale – în mediu cu 0,8 m/s pe țară (1991-2020 față de 1961-1990) sau cu 24,3%.
3. Pe fondalul micșorării vitezei medii a vântului, frecvența vitezelor mici este în creștere. Astfel, comparând frecvența vitezelor vântului din perioada anilor 1961-1990 cu perioada anilor 1991-2020, se observă că frecvența vitezelor sub 1,0 m/s este în creștere cu 3,5%, iar frecvența din diapazonul 2-3 m/s – cu 7,4%. În raport procentual această creștere constituie 14,6% și 21,4% respectiv.
4. Începând cu diapazonul de viteze peste 4 m/s diferența dintre frecvența vitezelor din perioadele comparate este în scădere dramatică. Cu cât diapazonul vitezelor este mai mare, cu atât diferența frecvenții lor devine tot mai mare față de perioada anilor 1961-1991. Astfel, în raport procentual frecvența vitezelor 4-5 m/s a scăzut cu 20,3% în mediu pe țară, 6-7 m/s – cu 48,8%, 8-9 m/s – cu 65,2%, 10-11 m/s – cu 75,9%, iar de la 21 m/s – peste 100%. În partea de sud a țării, vitezele de cca 4 m/s scad mai puțin, față de celelalte stații meteorologice, confirmând astfel o stabilitate relativă sub aspect de modificare a vitezelor vântului în această regiune.
5. În comparație cu perioada anilor 1961-1990, frecvența calmului suportă modificări vizibile în direcția micșorării ei. În mediu pe țară frecvența medie anuală a calmului a scăzut cu 15,5%, față de anii 1961-1990, în perioada caldă a anului – cu 17,6, în perioada rece – cu 14,9.
6. Pe fondalul scăderii vitezelor medii ale vântului, îndeosebi a celor peste 4 m/s, considerăm că este evidentă o tendință de micșorare a potențialului eolian în mediu pe țară, deoarece cu cât sunt mai multe acalmii cu atât mai frecvente sunt vitezele mici ale vântului, cu mici excepții în partea de sud a Republicii Moldova.

BIBLIOGRAFIE

1. Clima României, București, Editura Academiei Române, 2008, 365 p.
2. Fișe descriptive despre Uniunea Europeană. Parlamentul European. Energia din surse regenerabile. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/ro/sheet/70/energia-din-surse-regenerabile>
3. WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals, 2017 edition, 29 p., https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4166
4. Климат України. Київ, Видавництво Раєвського, 2003, 343 стр.
5. Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации. Санкт-Петербург, Гидрометеиздат, 2008, 320 ст.
6. Rachier V. Evaluarea potențialului energetic eolian al Republicii Moldova. Teză de doctor în științe tehnice, Chișinău, 2016, 248 p.
7. Mleavaia Galina. Caracteristica spațio-temporală a regimului eolian pe teritoriul Republicii Moldova. Teză de doctor în științe geonomice, Chișinău, 2016, 143 p.
8. Energie regenerabilă: Studiu de fezabilitate / Petru Todos, Ion Sobor, Dumitru Ungureanu, ... ; red. șt. Valentin Arion. – Ch.: Min. Ecologiei, Construcțiilor și Dezvoltării Teritoriului; PNUD Moldova, 2002 (Tipogr. "Reclama"). – 158 p.
9. Ambros T. ș.a. Surse regenerabile de energie. Manual, Chișinău: Editura "Tehnica-Info", 1999 – 434 p.
10. Ласе Г.Ф., Климат Молдавской ССР. Л., Гидрометеиздат, 1978,374 с.
11. Juliane Weber, Fabian Gotezens, Dirk Witthaut. Impact of strong climate change on the statistics of wind power generation in Europe. Energy Procedia 153 (2018) p. 22–28.
12. Constantinov T., Nedelcov M., Coșcodan M., Daradur M., Mleavaia G., Cojocari R. Tendința de schimbare a resurselor energetice eoliene pe teritoriul Republicii Moldova. Analele Științifice ale Universității de Stat din Moldova. Seria "Științe chim.-biol.". Chișinău: CEP USM, 2006. p. 361-364. ISSN 1811-2617
13. Ulbrich U. and Christoph., M: 1999. A shift of the NAO and increasing storm track activity over Europe due to anthropogenic greenhouse gas forcing. Clim. Dyn. 15,551-559.
14. Крашенинникова С.Б., Крашенинникова М.А. Оценка изменчивости скорости ветра в причерноморском регионе России на основе выбранных моделей проекта СМIP5. ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. СЕРИЯ 5. ГЕОГРАФИЯ. 2019. № 6, с. 60-66.
15. Busuioc A., Caian M., Bojariu R., Boroneanț C., Cheval S., Baciu M., Dumitrescu A. Scenarii de schimbare a regimului climatic în România pe perioada 2001-2030. București, Administrația națională de meteorologie, 25 p.
16. Barthelmie, R.J.; Pryor, S.C. Climate Change Mitigation Potential of Wind Energy. Climate 2021, 9, 136. <https://doi.org/10.3390/cli9090136>.

Anexa 1
Modificările rozei vânturilor pe parcursul perioadelor de analiză 1961-1990 și 1991-2020

