

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

Cu titlu de manuscris

C.Z.U.: 621.9:697(478)(043)

MANGOS OCTAVIAN

**CONTRIBUȚII LA VALORIFICAREA POTENȚIALULUI ENERGETIC
EOLIAN AL REPUBLICII MOLDOVA**

Specialitatea: 221.02. „Tehnologii de conversie a energiei și resurse regenerabile
(energie eoliană)”

Rezumatul tezei de doctor în științe inginerești

Chișinău, 2024

Teza a fost elaborată la Departamentul Inginerie Electrică, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică, Universitatea Tehnică a Moldovei

Conducător științific:

SOBOR Ion, prof. univ., dr., Universitatea Tehnică a Moldovei.

Referenți oficiali:

1. **MANOLEA Gheorghe**, prof. univ., dr. ing., Universitatea din Craiova, România.
2. **LUCACHE Dorin**, prof. univ., dr. ing., Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” Iași, România.
3. **TODOS Petru**, prof. univ., dr., Universitatea Tehnică a Moldovei.

Componența comisiei de susținere publică a tezei de doctorat:

1. **DULGHERU Valeriu**, prof. univ., dr., hab., Universitatea Tehnică a Moldovei.
2. **GUTU-CHETRUȘCA Corina**, lect. univ., dr., Universitatea Tehnică a Moldovei.
3. **CIUPERCĂ Rodion**, conf. univ., dr., Universitatea Tehnică a Moldovei.

Susținerea tezei va avea loc la data de **05.09.2024**, ora **09:00**, în ședința comisiei de susținere publică a tezei de doctorat din cadrul Universității Tehnice a Moldovei: str. 31 August 1989, nr. 78, blocul de studii nr. 2, sala 2-222.

Teza de doctor și autoreferatul pot fi consultate la Biblioteca Universității Tehnice a Moldovei și pe pagina web a ANACEC.

Rezumatul a fost expediat la 11.07. 2024

Secretar științific al comisiei de examinare a tezei de doctorat

GUTU-CHETRUȘCA Corina, lect. univ., dr.



Conducător științific

SOBOR Ion, prof. univ., dr.



Autor

MANGOS Octavian



I. REPERELE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

Actualitatea și importanța problemei abordate.

În zilele noastre, consumul de energie se intensifică în fiecare an în majoritatea țărilor. Resursele de energie, apă dar și de alimente, sunt cheia pentru satisfacerea nevoilor umane de bază. Astfel, cererea globală pentru acestea, crește rapid, în următoarele decenii se așteaptă o creștere a consumului de energie, datorită urbanizării la scară globală.

Utilizarea energiei definește începutul civilizației umane de când omul a stăpânit focul pentru confort și gătit, astfel civilizația umană a evoluat pentru a ajunge la centrale nucleare, automobile, avioane, computerul personal și internetul. De-a lungul secolelor, societatea umană a evoluat folosind din ce în ce mai mult energia, în care consumul de energie este necesar pentru funcționarea societății contemporane, prosperitatea națiunilor și supraviețuirea civilizației noastre. Energia este produsă și este utilizată sub diferite forme: avioanele și automobilele folosesc combustibili lichizi cu hidrocarburi; centralele electrice convertesc în primul rând energia din cărbune, gaze naturale, nucleară în energie electrică; iar o gospodărie contemporană folosește electricitate și gaz natural pentru confortul casnic, divertisment și pregătirea hranei. Deoarece majoritatea activităților societății noastre se bazează pe utilizarea energiei, în ultimele trei secole au fost dezvoltate rețele de furnizare a energiei: energia electrică este furnizată către consumatori prin rețele electrice de transport și distribuție; energia termică, cât și gazul natural sunt livrate printr-un sistem complex de conducte și navele care traversează zilnic oceanele pentru a furniza petrolul rafinării. Impactul economic al aprovizionării cu energie și al comerțului de energie este extrem de important pentru toate statele. Majoritatea din acestea se confruntă cu securitatea aprovizionării cu energie, multe tratate și acorduri internaționale sunt încheiate pe resurse energetice ca o problemă principală.

Principali factori care stau la baza creșterii cererii de energie sunt creșterea populației și urbanizarea, creșterea economică și schimbările climatice. Până în 2030 se preconizează creșterea consumului global de energie cu 50 %. Acest lucru va agrava în mod substanțial lipsa de energie din lume, în special în regiunile și țările cu deficit de energie și/sau de apă. Această creștere continuă nu va putea exista pe termen lung, ceea ce impune gestionarea corectă, a acestor resurse, într-un mod durabil.

Gospodăriile, consumă cantități considerabile de resurse (apă, alimente și energie) pentru a satisface cererea zilnică a locuitorilor. Gospodăria este o unitate de cerere și poate fi, de asemenea, cea mai potrivită unitate pentru influențarea practicilor de consum. O mare parte a consumului de energie și apă poate fi atribuită utilizărilor casnice.

Astfel, consumul de energie pentru necesitățile de apă caldă menajeră ale gospodăriilor, dar și altor sectoare, constituie o parte semnificativă a balanței energetice. La general, consumurile casnice de apă și energie electrică sunt de obicei legate și studierea acestei relații poate identifica oportunități de eficientizare a consumului ceea ce implică o abordare integrată a acestor două componente.

Contribuția de energie pentru încălzirea apei în sectorul casnic este mare. Sectorul rezidențial este un mare consumator atât de energie, cât și de apă. La nivel mondial, consumul de apă caldă menajeră a crescut de-a lungul ultimelor decenii, ceea ce a implicat și un consum crescut de energie electrică pentru încălzirea apei, care reprezintă aproximativ 40 % din consumul total. Cea mai mare parte a consumului de energie electrică este utilizat pentru iluminat, încălzirea apei, gătit și aer condiționat.

În acest sens, valorificarea surselor regenerabile de energie, la general și valorificarea potențialului eolian, în particular, devine o preocupare primordială atât la nivel mondial cât și la cel național. Dacă la nivel mondial unul dintre motivele principale este dorința diminuării emisiilor de gaze cu efect de seră, atunci la nivel național se adaugă și necesitatea stringentă de diversificare a surselor de energie și micșorarea dependenței de import. Pentru valorificarea potențialului eolian, apare necesitatea studiului potențialului energetic și ale caracteristicilor vântului pentru identificarea amplasamentelor pentru eventuale centrale eoliene și evaluarea capacităților posibile de instalat.

În prezent, energia generată de turbinele eoliene și de alte sisteme de conversie a energiei regenerabile, sunt exclusiv orientate spre producerea energiei electrice. La nivel global piața turbinelor eoliene de putere mică se dezvoltă într-un ritm accelerat. Majoritatea absolută a turbinelor eoliene moderne de putere mică se utilizează pentru producerea energiei electrice. Aceasta se datorează faptului că energia electrică poate fi convertită în alte forme de energie, cum ar fi mecanică, termică, chimică, radiație electromagnetică etc. Însă transformarea energiei electrice produse din surse regenerabile în energie termică, este o metodă mai puțin eficientă, datorită pierderilor atât mecanice, cât și electrice, în lanțul de transformare: energie mecanică – energie electrică – energie termică.

În acest context, trebuie menționat faptul cât de rațional ar fi de a converti energia eoliană direct în energie termică, luând în considerație faptul că energia termică poate fi ușor obținută din energie electrică, care, la rândul său, se obține cu ajutorul unui generator electric antrenat de aceeași turbină eoliană. Totul constă în particularitățile de instalare a turbinelor eoliene de putere mică pentru producerea de energie electrică. Pentru exploatarea eficientă a turbinelor eoliene de putere mică, acestea pot fi folosite în trei categorii de sisteme de conectare: sistem off-grid (regim

autonom), sistem on-grid (cu conectare la rețea) sau în sistem mixt. Pentru un sistem off-grid instalația eoliană trebuie dotată cu acumulatori electrice și respectiv un invertor pentru menținerea calității energiei electrice. Sistemul off-grid oferă independență totală față de rețeaua electrică națională, însă aceasta implică costuri mari pentru acumulatorii electrice. Un sistem on-grid presupune că instalația eoliană trebuie conectată la rețea și să lucreze în regim sincron cu rețeaua electrică, în acest caz instalația se dotează cu un invertor respectiv. Sistemul on-grid, la rândul său, presupune costuri mai mici pentru instalație, însă are o dependență totală de rețeaua electrică, în caz când dispare tensiunea din rețea, consumatorul nu mai este alimentat cu energie electrică, chiar dacă turbina eoliană ar produce energie electrică. Sistemul mixt este conectat la rețeaua electrică și care include și acumulatori electrice pentru stocarea energiei electrice. Acest sistem necesită cea mai mare investiție inițială.

Mai mult decât atât, tariful unei unități de energie electrică este mai mare decât tariful unei unități de energie termică. Totodată, populația rurală are nevoie de energie termică pentru încălzirea spațiilor locative, în procese tehnologice și prepararea apei calde. În viitorul apropiat acești potențiali consumatori de energie termică nu vor fi conectați la sisteme termice centralizate sau de cartier.

Ca urmare, pentru producerea energiei termice pe larg sunt utilizate gazele naturale și alți combustibili fosili, care au un efect negativ asupra mediului prin emisii de gaze cu efect de seră în atmosferă. Evident, apare necesitatea de a reduce utilizarea combustibililor fosili în acest scop, prin dezvoltarea și implementarea sistemelor de conversie a energiilor regenerabile. Astfel, generatoarele termice cu curenți turbionari pot avea un potențial considerabil.

La rândul său, termogeneratorul cu magneți permanenți este un generator termic pentru transformarea directă a lucrului mecanic, care poate fi generat de un organ de lucru eolian, în energie termică prin intermediul curenților turbionari. Astfel, încălzirea prin inducție electromagnetică se bazează pe pătrunderea câmpului electromagnetic în materiale conductoare aflate într-un câmp magnetic variabil în timp. Ulterior, curenții turbionari, determinați de tensiunile electromotoare induse, conduc la încălzirea materialelor conductoare prin efectul Joule.

Principalele caracteristici ale încălzirii prin inducție electromagnetică sunt:

- transmiterea energiei electromagnetice de la magneții permanenți, care creează câmpul magnetic excitant, la obiectul de încălzit, fără contact direct;
- utilizarea rațională a energiei pentru generarea de căldură, inclusiv în unele procese în care înlocuiește încălzirea cu combustibil.

Conversia directă a energiei eoliene în energie termică ar putea fi o soluție alternativă pentru variantele menționate mai sus. Aceasta are următoarele avantaje:

1. Generatorul de energie termică poate fi de minimum 2,5 ori mai ieftin decât generatorul electric de aceeași putere. Aceasta se bazează pe următoarele argumente: nu se folosesc materiale active scumpe ca cupru pentru înfășurări, oțel electrotehnic, izolație electrică, lac pentru îmbibare; doar magneții permanenți necesari pentru generatorul termic sunt încă costisitori. Tehnologia de producție este asemănătoare cu cea de producție a generatoarelor, dar decade necesitatea ștanțării, bobinării, îmbibării cu lac, etc.
2. Generatorul de energie termică nu conține piese care se uzează (cu excepția rulmenților). Durata de exploatare poate depăși 20 de ani.
3. Potențialul energetic eolian poate fi utilizat la maxim: generatorul termic funcționează în toată gama de variație a vitezei vântului. Acumulatorul de energie – rezervor cu apă – este mai ieftin decât acumulatele electrice și nu necesită cheltuieli de întreținere.

Scopul și obiectivele tezei.

Scopul tezei constă în evaluarea potențialului eolian pentru entitățile administrativ-teritoriale de nivelul doi (raioane) pentru producerea energiei termice și electrice, cercetarea și proiectarea unui termogenerator eolian pentru conversia directă a energiei eoliene în energie termică, care ar asigura sectorul rezidențial cu energie termică și care ar conduce la atingerea obiectivelor Republicii Moldova privind valorificarea energiilor regenerabile.

Obiectivele stabilite pentru atingerea scopului tezei sunt următoarele:

- analiza sectorului electroenergetic în ultimii 10 ani, inclusiv a producției de energie electrice (EE) din surse regenerabile (e-SRE);
- determinarea perspectivei utilizării energiei termice regenerabile (t-SRE) în gospodăriile casnice din sectorul rural al Republicii Moldova;
- realizarea studiului potențialului energetic și ale caracteristicilor vântului la înălțimi de 50 și 100 m deasupra nivelului solului;
- identificarea amplasamentelor pentru eventualele centrale eoliene și evaluarea capacităților posibile de instalat în entitățile administrativ-teritoriale de nivelul doi (raioane);
- cercetarea și proiectarea unui termogenerator eolian de mică putere.

Noutatea și originalitatea științifică a lucrării constă în identificarea problemelor și căilor posibile de rezolvare privind perspectiva utilizării energiei termice regenerabile (t-SRE) în gospodăriile casnice din sectorul rural și elaborarea metodei de calcul pentru un termogenerator eolian de mică putere și producerii de energie termică pentru sectorul rezidențial. Problema

științifică importantă soluționată constă în cercetarea și proiectarea termogeneratorului eolian pentru conversia directă a energiei eoliene în energie termică pentru producerea de apă caldă menajeră în localitățile rurale.

Importanța teoretică și valoarea aplicativă a lucrării.

Prezenta teză aduce contribuții științifice într-un domeniu de interes relativ nou – conversia directă a energiei eoliene în energie termică, se propune o nouă schemă a termogeneratorului eolian cu magneți permanenți, pentru care s-a obținut brevet de invenție. De asemenea, în baza studiului potențialului energetic și caracteristicilor vântului, s-au obținut hărțile potențialului energetic eolian pentru entitățile administrativ-teritoriale de nivelul doi în baza cărora s-a evaluat capacitățile eoliene teoretice posibile de instalat pentru fiecare raion. Rezultatele obținute contribuie la atingerea obiectivelor naționale privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile, de asemenea contribuie și la îmbunătățirea situației în sectorul rural în ceea ce privește alimentarea cu apă caldă prin conversia directă a energiei eoliene în energie termică.

Ipoteza de cercetare.

Conversia directă a energiei eoliene în energie termică poate contribui la:

- Valorificarea potențialului eolian la înălțimi mai mici de 50 m;
- Utilizarea mai eficientă a potențialului energetic eolian în vederea producerii energiei termice în comparație cu producerea energiei electrice;
- Îmbunătățirea situației în sectorul rural în ceea ce privește alimentarea cu apă caldă.

Sinteza metodologiei de cercetare și justificarea metodelor de cercetare alese.

Pentru realizarea studiului a fost folosită Metoda Atlasului Vântului însoțită de programul specializat Wind Atlas Analysis and Application Program, datele despre viteza și direcția vântului măsurate de UTM și harta orografică a RM. Pentru fiecare raion s-au calculat și prezentat hărțile vitezei medii anuale ale vântului și densității puterii eoliene la înălțimea de 50 și 100 m deasupra nivelului solului, s-a efectuat clasificarea teritoriului fiecărui raion în funcție de valoarea densității de putere și s-a calculat puterea eoliană teoretică posibil de instalat

Pentru analiza încălzirii prin inducție în generatorul termic eolian cu magneți permanenți, s-a efectuat studiul caracteristicilor câmpului magnetic generat de magneții permanenți. S-a realizat calculul simplificat al parametrilor și caracteristicilor termogeneratorului cu magneți permanenți în baza cărora au fost realizate simulări utilizând software SOLIDWORKS Electromagnetic Simulation, pentru simularea câmpurilor electromagnetice și simularea procesului de încălzire prin inducție, care implică calculul parametrilor câmpului electric/magnetic, curenților turbionari, determinarea temperaturilor materialelor la încălzirea prin inducție.

Aprobarea rezultatelor obținute.

Rezultatele de bază ale investigației realizate au fost expuse și aprobate în cadrul mai multor seminare, simpozioane și conferințe de nivel național și internațional:

- International Conference on Electromechanical and Energy Systems” SIELMEN-2019. 10-11 Octombrie 2019;
- Conferința Internațională Zilele Academiei de Științe Tehnice din România 2019 Ediția a XIV-a, octombrie 2019 Chișinău;
- „Conferința tehnico - științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor”, UTM, 26 - 29 martie 2019;
- „Conferința tehnico - științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor”, UTM, aprilie 2020;
- „Conferința tehnico - științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor”, UTM, 23 – 25 martie 2021;
- „International Conference on Electromechanical and Energy Systems” SIELMEN-2021. 7-8 Octombrie 2021;
- „Conferința tehnico - științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor”, UTM, 29 - 31 martie 2022;
- „Conferința Națională de Acționări Electrice” (CNAE), ediția XX, Timișoara | 12-13 Mai 2022;
- International Fair of Innovation and Creative Education for Youth (ICE-USV), July, 10 – 12, 2022, Suceava, Romania;
- International Conference On Electrical Engineering And Systems (ICEES). 21 – 23 September 2022, Reșița, Romania;
- „International Conference on Electromechanical and Energy Systems” SIELMEN-2023. 12-13 Octombrie 2023.

Sumarul compartimentelor tezei.

Teza include introducerea, 4 capitole structurate în paragrafe, adnotarea în limbile română, engleză și rusă, lista abrevierilor utilizate, concluzii generale și recomandări, lista bibliografică în număr de 96 titluri, 7 anexe. Numărul total de pagini al lucrării este 133 (până la bibliografie), conținând 113 figuri și 25 tabele.

Cuvinte cheie: potențial eolian, termogenerator eolian, modele 3D, SOLIDWORKS Flow Simulation, energie termică regenerabilă (t-SRE).

II. CONȚINUTUL TEZEI

În **Introducere** sunt prezentate aspectele generale privind actualitatea temei și necesitatea utilizării conversiei directe a energiei eoliene în energie termică pentru producerea de apă caldă menajeră, scopul și obiectivele tezei, noutatea și originalitatea științifică a lucrării, importanța teoretică și valoarea aplicativă a lucrării, ipoteza de cercetare, metodologiei de cercetare precum și sumarul compartimentelor tezei.

În **Capitolul 1 – Producerea energiei electrice și termice eoliene la nivel mondial și național: starea actuală** s-a realizat o analiză a capacităților eoliene instalate la nivel mondial, s-a efectuat de asemenea analiza sectorului electroenergetic la nivel național în ultimii 10 ani privind producția de energie electrice din surse regenerabile (e-SRE). În același timp s-a analizat structura gospodăriilor casnice și s-a evaluat necesarul de energie termică pentru încălzirea apei menajere în perspectiva utilizării energiei termice eoliene. Pentru determinarea consumului de energie termică la încălzirea apei menajere s-au determinat normele de consum de apă pentru case locative.

Normele de consum pe apă potabilă sunt determinate în conformitate cu normele consumului de apă pentru clădirile de locuit și cele publice, specificate în Regulamentul Igienic, aprobat de Consiliul de expertiză al Ministerului Sănătății și Protecției Sociale prin procesul-verbal nr. 5 din 31.10.1996, Regulamentul privind achiziționarea, proiectarea, instalarea, recepția și exploatarea aparatelor de evidentă a consumurilor de apă, aprobat prin Hotărârea de Guvern nr.1228 din 13.11.2007, Regulamentul privind folosirea sistemelor comunale de alimentare cu apă și de canalizare, aprobat prin Hotărârea de Guvern nr. 656 din 27.05.2002 și Regulamentului de organizare și funcționare a serviciilor publice de alimentare cu apă și de canalizare din municipiul Chișinău aprobat prin Decizia Consiliului Municipal Chișinău nr.5/4 din 25.03.2008.

Pentru normele de consum sunt aprobate peste 20 de categorii de consum pentru o persoană, în dependență de dotarea cu servicii a locuinței (apă potabilă, canalizare, apă caldă, duș, cadă de baie, veceu, încălzitor cu gaze, etc). Spre exemplu în prezent, pentru apartamentele dotate cu sistem de alimentare cu apă potabilă, apă caldă, sistem de canalizare, dotate cu veceu, lavoare, cu cadă de baie de lungimea 1500 mm și mai mare, și cu duș, valoarea normei de consum la apă rece este de 0,195 m³/zi pentru o persoană, pentru apă menajeră - 0,105 m³/zi pentru o persoană, conform normativelor aprobate.

Regulile și normele igienice prezintă directiva normativă a Republicii Moldova, ce stabilește cerințele igienice (normative) cu privire la proiectarea, construirea și exploatarea apeductelor destinate aprovizionării populației cu apă potabilă inofensivă și favorabilă după calitățile organoleptice, fizico-chimice și microbiologice.

Regulile și normele igienice se extind asupra proiectării, construirii și exploatării apeductelor exterioare și interioare de apă potabilă, ale blocurilor locative și clădirilor publice, construite deja sau reconstruite, ale clădirilor de producere și auxiliare de la întreprinderile industriale, aflate și amplasate atât în centrele populate existente cât și în cele din nou construite, și de asemenea conțin cerințe igienice principale cu privire la menținerea și exploatarea rețelelor de apeduct ce aduc apă pentru scopuri potabile și pentru fabricarea produselor alimentare.

Normele necesarului de apă la un locuitor/litri/pe zi/pentru apeductele centrelor populate, blocurilor locative și clădirilor publice, clădirilor auxiliare și de producere a întreprinderilor industriale trebuie să fie stabilite în fiecare caz aparte în dependență de gradul de amenajare, condițiile climaterice și alte condiții locale, astfel în baza documentelor normative din domeniu, enumerate mai sus, inclusiv și pentru respectarea normelor igienice, au fost determinate norme de consum pentru casele locative din mediul rural, tabelul 1.

Tabelul 1. Norme de consum de apă pentru casele locative

| Nr. d/o | Consumatori | Unitate de raportare | Norma consumului de apă, litri | |
|----------------------|--|----------------------|--------------------------------|--------------------|
| | | | Total | Inclusiv apă caldă |
| Case locative | | | | |
| 1 | Cu sistem de alimentare cu apă potabilă, fără sistem de canalizare, fără closet, fără cadă de baie sau duș | La 1 pers. / zi | 90 | 36 |
| 2 | Cu sistem de alimentare cu apă potabilă, sistem de canalizare, fără closet, fără cadă de baie sau duș | La 1 pers. / zi | 95 | 40 |
| 3 | Cu sistem de alimentare cu apă potabilă, apă caldă, fără sistem de canalizare, dotate cu closet, lavoare, cu cadă de baie mică sau duș | La 1 pers. / zi | 100 | 45 |
| 4 | Cu sistem de alimentare cu apă potabilă, apă caldă, sistem de canalizare, dotate cu closet, lavoar, cadă de baie mică sau duș | La 1 pers. / zi | 250 | 105 |

De menționat faptul că în conformitate cu rezultatele studiilor efectuate anterior în diferite țări europene conform rapoartelor de consum de apă caldă menajeră și variațiile lunare, se evidențiază numeroase diferențe în consumul de apă caldă menajeră, precum și tendința de a se schimba în timp datorită creșterii globale a prețurilor la energie, schimbărilor tehnologice, introducerii contorizării individuale, precum și a unei largi varietăți de alți factori care pot apărea la nivel local sau regional. Astfel, raportul mediu anual de consum de apă caldă menajeră este de 42 % din consumul total de apă în gospodărie.

Într-un alt studiu efectuat pentru modelarea consumului de apă caldă menajeră în gospodărie și energiei necesare pentru încălzirea apei, se presupune că din totalul de apă utilizată într-o gospodărie, circa 50 % necesită încălzirea acesteia, utilizată pentru baie, duș, lavoare, spălat vase, rufe și pentru gătit.

Conform normelor de consum de apă potabilă și de apă caldă din stipulate în documentele normative naționale, este de menționat faptul că raportul dintre consumul de apă rece și apă caldă, pentru toate categoriile de consumatori, este aproximativ egal cu 45 %.

Cantitatea de energie termică necesară pentru încălzirea 1 m³ de apă poate fi determinată în conform cu documentației tehnice normative. În absența dispozitivelor de măsurare a temperaturii apei reci, valoarea cantității specifice de energie termică pentru încălzirea 1 m³ de apă până la temperatura necesară cu scopul prestării serviciilor de apă caldă menajeră poate fi admisă egală cu 0,055 Gcal/m³.

În tabelul 2 sunt prezentate rezultatele calculului cantității specifice de energie termică $q_{\text{încălzită}}$ pentru încălzirea apei până la temperatura de 50 – 55 °C.

Tabelul 2. Cantitatea specifică de energie termică pentru încălzirea 1 m³ apă

| Temperatura apei reci, °C | Cantitatea specifică de energie termică, $q_{\text{încălzită}}$ Gcal/m ³ , la temperatura de încălzire | |
|---------------------------|---|----------------|
| | 50 °C | 55 °C |
| 4 | 0,04545 | 0,05027 |
| 5 | 0,04446 | 0,04929 |
| 6 | 0,04348 | 0,04830 |
| 7 | 0,04249 | 0,04732 |
| 8 | 0,04150 | 0,04633 |
| 9 | 0,04050 | 0,04534 |
| 10 | 0,03952 | 0,04436 |
| 11 | 0,03853 | 0,04337 |
| 12 | 0,03755 | 0,04239 |
| 13 | 0,03656 | 0,04140 |
| 14 | 0,03557 | 0,040415 |
| 15 | 0,03458 | 0,03943 |
| 16 | 0,03359 | 0,03844 |
| 17 | 0,03261 | 0,03746 |
| 18 | 0,03162 | 0,03647 |
| 19 | 0,03063 | 0,03549 |

Valorile recomandate sunt calculate pe baza datelor acceptate în conformitate cu documentația tehnică normativă și fără a lua în considerare pierderile de energie termică din conductele sistemului de alimentare cu apă caldă menajeră.

Temperatura medie de alimentare cu apă este considerată conform tabelului 2, acesta este un model flexibil pentru a se potrivi cu orice diferență de temperatură a apei rece – caldă, având în vedere diferite condiții climatice din diferite regiuni în funcție de anotimpuri și climă. Temperatura medie a apei calde se admite egală cu 55 °C.

Consumul de apă caldă pe cap de locuitor se admite în conformitate cu datele prezentate în tabelul 1. Valorile calculate ale necesarului de energie pentru apa caldă menajeră după tipul și repartizarea gospodăriilor, sunt prezentate în tabelul 3.

Tabelul 3. Valori calculate ale necesarului de energie pentru apa caldă menajeră în funcție de dotări

| Necesarul de energie pentru încălzirea apei, kWh/zi | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|-------------|-------------|-------------|--------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Temperatura apei reci, °C | Cantitatea specifică de energie termică, Gcal/m ³ , la temperatura de încălzire | Cu sistem de alimentare cu apă potabilă, fără sistem de canalizare, fără closet, fără cadă de baie sau duș | | | | | Cu sistem de alimentare cu apă potabilă, sistem de canalizare, fără closet, fără cadă de baie sau duș | | | | |
| | | Norma consumului de apă, litri la 1 pers. / zi | | | | | Norma consumului de apă, litri la 1 pers. / zi | | | | |
| | | 36 | | | | | 40 | | | | |
| | | Numărul de persoane | | | | | Numărul de persoane | | | | |
| | | 55 °C | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 4 | 0.05027 | 2.10 | 4.21 | 6.31 | 8.41 | 10.52 | 2.34 | 4.67 | 7.01 | 9.35 | 11.68 |
| 5 | 0.04929 | 2.06 | 4.12 | 6.19 | 8.25 | 10.31 | 2.29 | 4.58 | 6.87 | 9.17 | 11.46 |
| 6 | 0.0483 | 2.02 | 4.04 | 6.06 | 8.08 | 10.10 | 2.25 | 4.49 | 6.74 | 8.98 | 11.23 |
| 7 | 0.04732 | 1.98 | 3.96 | 5.94 | 7.92 | 9.90 | 2.20 | 4.40 | 6.60 | 8.80 | 11.00 |
| 8 | 0.04633 | 1.94 | 3.88 | 5.82 | 7.75 | 9.69 | 2.15 | 4.31 | 6.46 | 8.62 | 10.77 |
| 9 | 0.04534 | 1.90 | 3.79 | 5.69 | 7.59 | 9.49 | 2.11 | 4.22 | 6.32 | 8.43 | 10.54 |
| 10 | 0.04436 | 1.86 | 3.71 | 5.57 | 7.42 | 9.28 | 2.06 | 4.12 | 6.19 | 8.25 | 10.31 |
| 11 | 0.04337 | 1.81 | 3.63 | 5.44 | 7.26 | 9.07 | 2.02 | 4.03 | 6.05 | 8.06 | 10.08 |
| 12 | 0.04239 | 1.77 | 3.55 | 5.32 | 7.09 | 8.87 | 1.97 | 3.94 | 5.91 | 7.88 | 9.85 |
| 13 | 0.0414 | 1.73 | 3.46 | 5.20 | 6.93 | 8.66 | 1.92 | 3.85 | 5.77 | 7.70 | 9.62 |
| 14 | 0.040415 | 1.69 | 3.38 | 5.07 | 6.76 | 8.45 | 1.88 | 3.76 | 5.64 | 7.52 | 9.39 |
| 15 | 0.03943 | 1.65 | 3.30 | 4.95 | 6.60 | 8.25 | 1.83 | 3.67 | 5.50 | 7.33 | 9.17 |
| 16 | 0.03844 | 1.61 | 3.22 | 4.82 | 6.43 | 8.04 | 1.79 | 3.57 | 5.36 | 7.15 | 8.94 |
| 17 | 0.03746 | 1.57 | 3.13 | 4.70 | 6.27 | 7.84 | 1.74 | 3.48 | 5.22 | 6.97 | 8.71 |
| 18 | 0.03647 | 1.53 | 3.05 | 4.58 | 6.10 | 7.63 | 1.70 | 3.39 | 5.09 | 6.78 | 8.48 |
| 19 | 0.03549 | 1.48 | 2.97 | 4.45 | 5.94 | 7.42 | 1.65 | 3.30 | 4.95 | 6.60 | 8.25 |
| Temperatura apei reci, °C | Cantitatea specifică de energie termică, Gcal/m ³ , la temperatura de încălzire | Cu sistem de alimentare cu apă potabilă, apă caldă, fără sistem de canalizare, dotate cu closet, lavoare, cu cadă de baie mică sau duș | | | | | Cu sistem de alimentare cu apă potabilă, apă caldă, sistem de canalizare, dotate cu closet, lavoar, cadă de baie mică sau duș | | | | |
| | | Norma consumului de apă, litri la 1 pers. / zi | | | | | Norma consumului de apă, litri la 1 pers. / zi | | | | |
| | | 45 | | | | | 105 | | | | |
| | | Numărul de persoane | | | | | Numărul de persoane | | | | |
| | | 55 °C | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 4 | 0.05027 | 2.63 | 5.26 | 7.89 | 10.52 | 13.15 | 6.13 | 12.27 | 18.40 | 24.54 | 30.67 |
| 5 | 0.04929 | 2.58 | 5.16 | 7.73 | 10.31 | 12.89 | 6.02 | 12.03 | 18.05 | 24.06 | 30.08 |
| 6 | 0.0483 | 2.53 | 5.05 | 7.58 | 10.10 | 12.63 | 5.89 | 11.79 | 17.68 | 23.58 | 29.47 |
| 7 | 0.04732 | 2.47 | 4.95 | 7.42 | 9.90 | 12.37 | 5.77 | 11.55 | 17.32 | 23.10 | 28.87 |
| 8 | 0.04633 | 2.42 | 4.85 | 7.27 | 9.69 | 12.12 | 5.65 | 11.31 | 16.96 | 22.62 | 28.27 |
| 9 | 0.04534 | 2.37 | 4.74 | 7.11 | 9.49 | 11.86 | 5.53 | 11.07 | 16.60 | 22.13 | 27.66 |
| 10 | 0.04436 | 2.32 | 4.64 | 6.96 | 9.28 | 11.60 | 5.41 | 10.83 | 16.24 | 21.65 | 27.07 |
| 11 | 0.04337 | 2.27 | 4.54 | 6.80 | 9.07 | 11.34 | 5.29 | 10.59 | 15.88 | 21.17 | 26.46 |
| 12 | 0.04239 | 2.22 | 4.43 | 6.65 | 8.87 | 11.08 | 5.17 | 10.35 | 15.52 | 20.69 | 25.86 |
| 13 | 0.0414 | 2.17 | 4.33 | 6.50 | 8.66 | 10.83 | 5.05 | 10.10 | 15.16 | 20.21 | 25.26 |
| 14 | 0.040415 | 2.11 | 4.23 | 6.34 | 8.45 | 10.57 | 4.93 | 9.86 | 14.80 | 19.73 | 24.66 |
| 15 | 0.03943 | 2.06 | 4.12 | 6.19 | 8.25 | 10.31 | 4.81 | 9.62 | 14.44 | 19.25 | 24.06 |
| 16 | 0.03844 | 2.01 | 4.02 | 6.03 | 8.04 | 10.05 | 4.69 | 9.38 | 14.07 | 18.76 | 23.45 |
| 17 | 0.03746 | 1.96 | 3.92 | 5.88 | 7.84 | 9.80 | 4.57 | 9.14 | 13.71 | 18.29 | 22.86 |
| 18 | 0.03647 | 1.91 | 3.81 | 5.72 | 7.63 | 9.54 | 4.45 | 8.90 | 13.35 | 17.80 | 22.25 |
| 19 | 0.03549 | 1.86 | 3.71 | 5.57 | 7.42 | 9.28 | 4.33 | 8.66 | 12.99 | 17.32 | 21.65 |

În **Capitolul 2** – *Studiul potențialului energetic și ale caracteristicilor vântului pentru entitățile administrativ – teritoriale de nivelul doi* s-au realizat hărțile potențialului eolian determinat pentru fiecare raion în care sunt indicate toate localitățile și suplimentar, în formă tabelară, sunt prezentate numărul de celule, ariile amplasamentelor cu densitatea de putere eoliană egală sau mai mare de $150 W/m^2$ și capacitatea eoliană în MW care teoretic ar putea fi instalată în raionul respectiv.

În studiul dat s-a pus accentul pe determinarea potențialului energetic și ale caracteristicilor vântului pentru entitățile administrativ – teritoriale de nivelul doi (raioane). Studiul s-a elaborat în cadrul programului de stat 20.80009.7007.10. „Studiul potențialului energetic eolian și solar al Republicii Moldova și elaborarea sistemelor de conversie pentru consumatori dispersați”.

Pentru realizarea studiului a fost folosită Metoda Atlasului Vântului însoțită de programul specializat Wind Atlas Analysis and Application Program, datele despre viteza și direcția vântului măsurate de Universitatea Tehnică a Moldovei și harta orografică a Republicii Moldova. Pentru fiecare raion s-au calculat și prezentat hărțile vitezei medii anuale ale vântului și densității puterii eoliene la înălțimea de 50 și 100 m deasupra nivelului solului, s-a efectuat clasificarea teritoriului fiecărui raion în funcție de valoarea densității de putere și s-a calculat puterea eoliană teoretică posibil de instalat.

În hărțile prezentate în lucrare, potențialul eolian este determinat pentru fiecare raion, în care suprafața unei celule este de 100×100 m, sunt indicate toate localitățile și suplimentar, în formă tabelară, sunt prezentate numărul de celule, ariile amplasamentelor cu densitatea de putere eoliană egală sau mai mare de $150 W/m^2$ și capacitatea eoliană în MW care teoretic ar putea fi instalată în raionul respectiv. La baza clasificării teritoriului fiecărui raion, sunt hărțile digitale ale densității de putere eoliana pentru o anumită înălțime. Hărțile reprezintă suma unui anumit număr de dreptunghiuri sau celule, numite în programul WAsP „Resource grid”. Respectiv, s-au identificat numărul celulelor ce au densitatea de putere cuprinsă în limitele de la $150 W/m^2$ până la $400 W/m^2$ pentru înălțimea de 100 m. Cunoscând aria unei celule egală cu $0,01 km^2$ și numărul de celule ce revine fiecărui interval, s-au calculat ariile suprafețelor în care densitatea de putere eoliană se încadrează în unul din intervale menționate. În ipoteza utilizării turbinelor eoliene cu puterea unitară egală cu 3.0 MW pe un km^2 în zonele cu potențial energetic cuprins între 150 și $400 W/m^2$, s-a calculat puterea teoretică totală posibil de instalat pentru fiecare raion.

Potențialul energetic eolian determinat, este unul teoretic, care este destul de mare, însă posibilitatea de utilizare poate fi de zeci sau chiar sute de ori mai mică, ca fiind restricții tehnice care limitează potențialul real. Pentru aprecierea corectă a datelor prezentate în hărți, acestea trebuie citite având în vedere faptul că scara coloră diferă de la o hartă la alta.

În rezultatul studiului realizat pentru **Regiunea de dezvoltare Nord**, s-au constatat următoarele:

1. În ipoteza utilizării în zonele cu potențial energetic cuprins între 300 și 400 W/m² a turbinelor eoliene cu puterea unitară egală cu 3,0 MW, puterea teoretică totală posibil de instalat în raioanele analizate din RDN ar putea atinge circa 365 MW. Cea mai mare putere teoretică ar putea fi instalată în raionul Sângerei – 144 MW, urmat de raionul Florești cu 90 MW și raionul Fălești – 51 MW.
2. Pentru toate raioanele analizate din Regiunea de Dezvoltare Nord, densitatea de putere eoliană posibil de instalat este 5 MW/km².
3. Cele mai mari viteze medii anuale ale vântului se constată în raionul Fălești. La înălțimea de 100 m deasupra suprafeței solului viteza medie anuală a vântului este egală cu 7,44 m/s, densitatea de putere eoliană ajungând până la - 404 W/m².
4. Cele mai mici viteze medii anuale ale vântului se constată în raionul Edineț. La înălțimea de 100 m deasupra suprafeței solului viteza medie anuală a vântului este egală cu 6,57 m/s, densitatea de putere eoliană - 289 W/m².

În figura 1 este prezentată în formă grafică puterea eoliană teoretică posibil de instalat pentru toate raioanele analizate din RDN, în ipoteza utilizării în zonele cu potențial energetic cuprins între **300 și 400 W/m²** a turbinelor eoliene cu puterea unitară egală cu 3,0 MW.

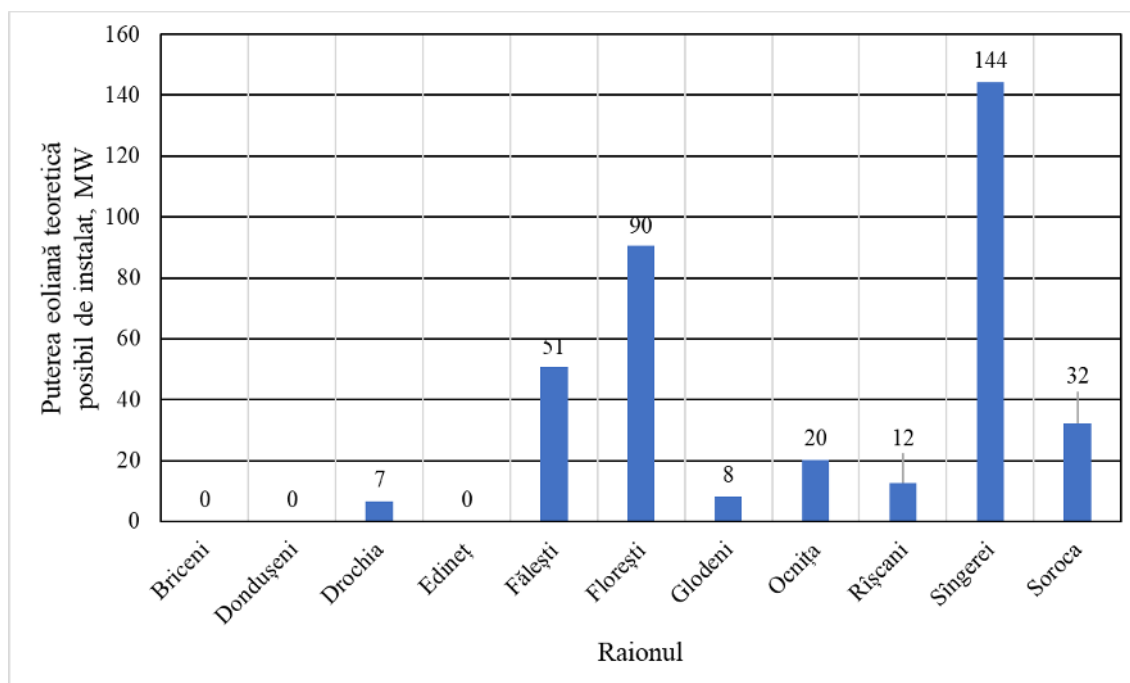


Figura 1. Puterea eoliană teoretică posibil de instalat în raioanele din RDN, în zonele cu potențial energetic cuprins între 300 și 400 W/m²

În rezultatul studiului realizat pentru **Regiunea de dezvoltare Centru**, s-au constatat următoarele:

1. În ipoteza utilizării în zonele cu potențial energetic cuprins între 300 și 400 W/m² a turbinelor eoliene cu puterea unitară egală cu 3,0 MW, puterea teoretică totală posibil de instalat în raioanele analizate din RDC ar putea atinge circa 196 MW. Cea mai mare putere teoretic ar putea fi instalată în raionul Nisporeni – 76 MW, urmat de raionul Telenești cu 41 MW și raionul Hâncești – 36 MW.
2. Pentru raioanele analizate din Regiunea de Dezvoltare Centru, densitatea de putere eoliană posibil de instalat diferă puțin și este cuprinsă între 3,2 MW/km² (Strășeni) și 4,9 MW/km² (Anenii Noi).
3. Cele mai mari viteze medii anuale ale vântului se constată în raionul Nisporeni. La înălțimea de 100 m deasupra suprafeței solului viteza medie anuală a vântului este egală cu 7,46 m/s, densitatea de putere eoliană - 398 W/m².
4. Cele mai mici viteze medii anuale ale vântului se constată în raioanele Ialoveni, Rezina, Șoldănești și Dubăsari. La înălțimea de 100 m deasupra suprafeței solului viteza medie anuală a vântului este egală cu 6,7 m/s, densitatea de putere eoliană - 286 W/m².

În figura 2 este prezentată în formă grafică puterea eoliană teoretică posibil de instalat pentru toate raioanele analizate din RDC, în ipoteza utilizării în zonele cu potențial energetic cuprins între **300 și 400 W/m²** a turbinelor eoliene cu puterea unitară egală cu 3,0 MW.

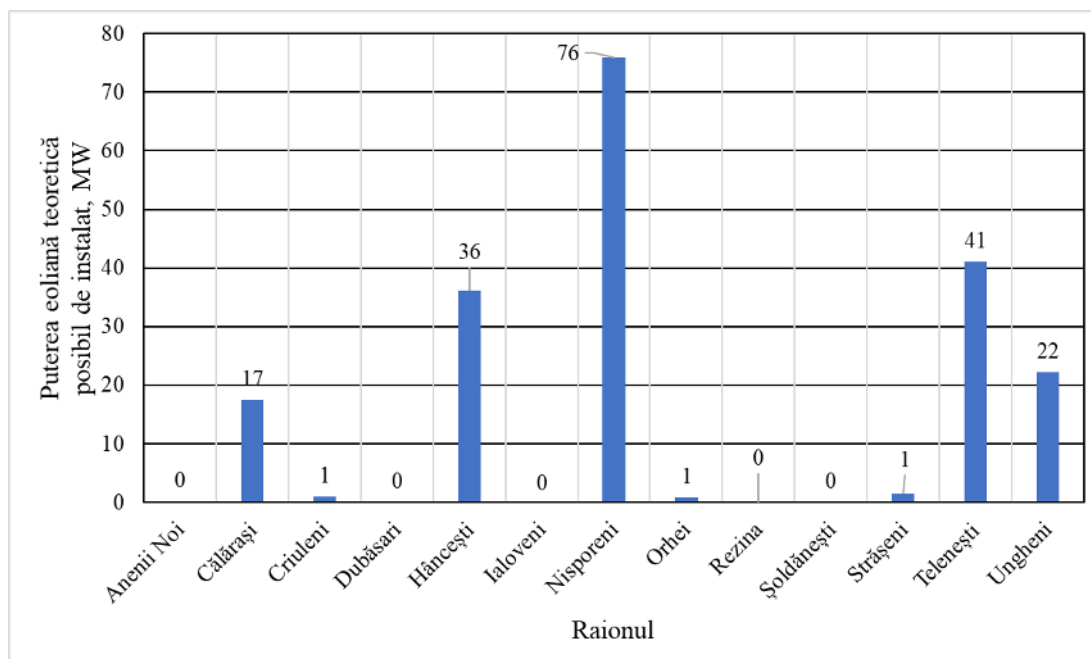


Figura 2. Puterea eoliană teoretică posibil de instalat în raioanele din RDC, în zonele cu potențial energetic cuprins între 300 și 400 W/m²

În rezultatul studiului realizat pentru **Regiunea de dezvoltare Sud și UTA Găgăuzia**, s-au constatat următoarele:

1. În ipoteza utilizării în zonele cu potențial energetic cuprins între 300 și 400 W/m² a turbinelor eoliene cu puterea unitară egală cu 3,0 MW, puterea teoretică totală posibil de instalat în raioanele analizate mai sus ar putea atinge circa 617 MW. Cea mai mare putere ar putea fi instalată în raionul Cimișlia – 172 MW, urmat de raionul Căușeni cu 107 MW și raionul Leova – 104 MW.
2. Pentru toate raioanele analizate din Regiunea de Dezvoltare Sud, densitatea de putere eoliană posibil de instalat este 5 MW/km².
3. Cele mai mari viteze medii anuale ale vântului se constată în raionul Cimișlia. La înălțimea de 100 m deasupra suprafeței solului viteza medie anuală a vântului este egală cu 7,11 m/s, densitatea de putere eoliană - 380 W/m².
4. Cele mai mici viteze medii anuale ale vântului se constată în raionul Taraclia. La înălțimea de 100 m deasupra suprafeței solului viteza medie anuală a vântului este egală cu 6,72 m/s, densitatea de putere eoliană - 315 W/m².

În figura 3 este prezentată în formă grafică puterea eoliană teoretică posibil de instalat pentru toate raioanele analizate din RDS, în ipoteza utilizării în zonele cu potențial energetic cuprins între **300 și 400 W/m²** a turbinelor eoliene cu puterea unitară egală cu 3,0 MW.

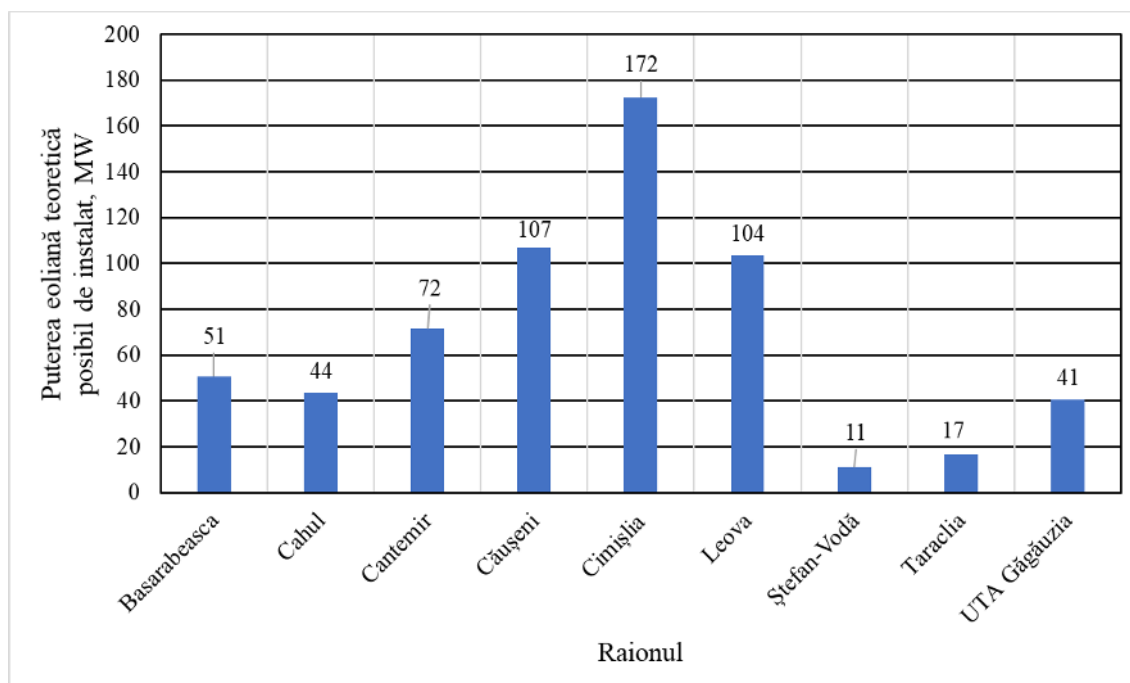


Figura 3. Puterea eoliană teoretică posibil de instalat în raioanele din RDS, inclusiv UTA-Găgăuzia, în zonele cu potențial energetic cuprins între 300 și 400 W/m²

În **Capitolul 3** – *Conversia directă a energiei eoliene în energie termică* s-a realizat calculul parametrilor și caracteristicilor a termogeneratorului cu magneți permanenți. Sunt prezentate rezultatele simulărilor efectuate în SOLIDWORKS Electromagnetic Simulation pentru studiul câmpului magnetic al generatorului și respectiv determinarea temperaturilor cămășilor (indusului) în funcție de viteza de rotație a rotorului. De asemenea s-au efectuat simulări în SOLIDWORKS Flow Simulation pentru determinarea variației temperaturii în conducta de refulare a termogeneratorului în funcție de debit și pentru determinarea variației presiunii lichidului în conducta de admisie în funcție de debit.

Generatorul termic se referă la mașinile de conversie a energiei mecanice în lucru util în general și, în caz particular, la generatoarele termice pentru transformarea directă a lucrului mecanic, generat de un organ de lucru eolian, în energie termică prin intermediul curenților turbionari. În domeniul generatoarelor termice sunt identificate două direcții de dezvoltare esențial diferite. Astfel, conversia energiei mecanice dezvoltată, spre exemplu, de rotorul unei turbine eoliene poate fi transformată în căldură având la bază:

- principiul lui Joule, folosit pentru a demonstra echivalentul mecanic al căldurii;
- principiul lui Foucault, bazat pe inducția electromagnetică, cu curenți turbionari.

În calitate de prototip s-a ales soluția tehnică care conține un generator termic format din două componente principale – inductorul cu magneți permanenți, și indusul executat din material magnetic masiv, în care se induc curenți turbionari.

Problema tehnică care este rezolvată prin modificări constructive ale generatorului termic (figura 4), constă în sporirea eficienței de conversie a energiei mecanice a unei turbine eoliene, în energie termică. Soluționarea problemei formulate este atinsă prin faptul că generatorul termic eolian, care conține un inductor cu magneți permanenți, antrenat de rotorul unei turbine eoliene, care se rotește concentric în raport cu cămașa indusului prin care circulă un lichid caloportor, iar indusul, la rândul său, este format din două cămăși orientate concentric – una interioară și cealaltă exterioară delimitate print-un spațiu liber în care este plasat inductorul din material neferomagnetic, pe suprafața cilindrică a căruia sunt frezate caneluri longitudinale în care sunt montați magneții permanenți.

Conform variantei a 2-a, inductorul generatorului este fabricat din material neferomagnetic pe suprafața cilindrică a acestuia sunt frezate caneluri cu părțile laterale concave, în care sunt montați și fixați magneții permanenți cu suprafețele laterale convexe.

Conform variantei a 3-a, cămașa interioară și cea exterioară a indusului pot fi conectate între ele atât consecutiv, pentru asigurarea circulației lichidului caloportor într-un singur flux, cât și pot fi conectate paralel, pentru asigurarea circulației prin fluxuri separate a lichidului caloportor.

Rezultatul tehnic constă în majorarea esențială a suprafeței de interacțiune dintre magneții permanenți și indus și în consecință crește eficiența conversiei energiei eoliene în căldură.

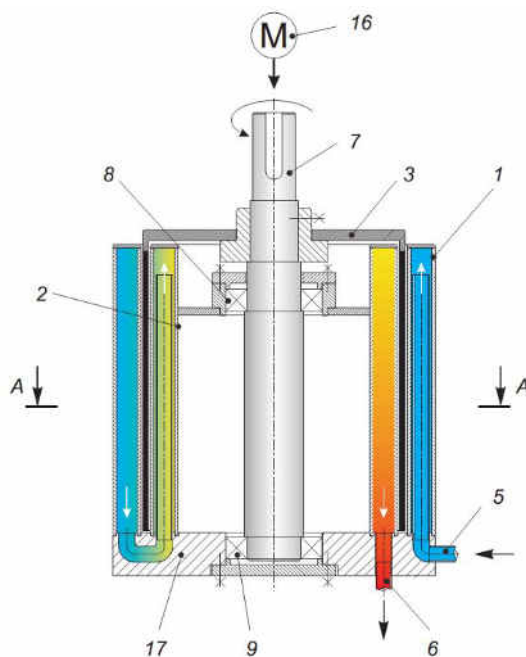


Figura 4. Vederea de ansamblu a generatorului termic în secțiune longitudinală

Simularea câmpului magnetic al termogeneratorului cu magneți permanenți. Pentru realizarea studiului câmpului magnetic al termogeneratorului cu magneți permanenți s-au efectuat simulări utilizând software SOLIDWORKS Electromagnetic Simulation, care permite simularea câmpurilor electromagnetice; calculul parametrilor câmpului electric/magnetic, curenților turbionari, parametrilor mecanici de forță și cuplu etc. SOLIDWORKS Simulation este un mediu virtual pentru testarea și analiza unui model, permite evaluarea performanței acestuia pentru îmbunătățirea modelului. Pentru aceasta, software-ul folosește o metodă numerică numită Analiza prin Metoda Elementelor Finite (în engleză – Finite Element Method – FEM).

În continuare sunt prezentate imaginile distribuției câmpului magnetic generat de magneții permanenți, prin cilindrele indusului termogeneratorului. Scopul simulărilor constă atât în analiza distribuției câmpului magnetic și determinarea caracteristicilor acestuia, cât și pentru ajustarea și optimizarea parametrilor de geometrie a termogeneratorului în vederea obținerii unor caracteristici mai bune. Simulările s-au realizat în regim dinamic, aplicând la rotorul termogeneratorului diferite viteze de rotație. În figura 5 sunt prezentate imaginile distribuției câmpului magnetic prin cilindrele indusului termogeneratorului la viteza de rotație de 100 *rot/min*.

Conform rezultatelor simulării, se pot observa zonele în cilindrele indusului, în care valorile inducției magnetice sunt mai mari. Valorile maxime ale inducției magnetice, observate în regim dinamic, sunt de 1,62 – 1,72 T.

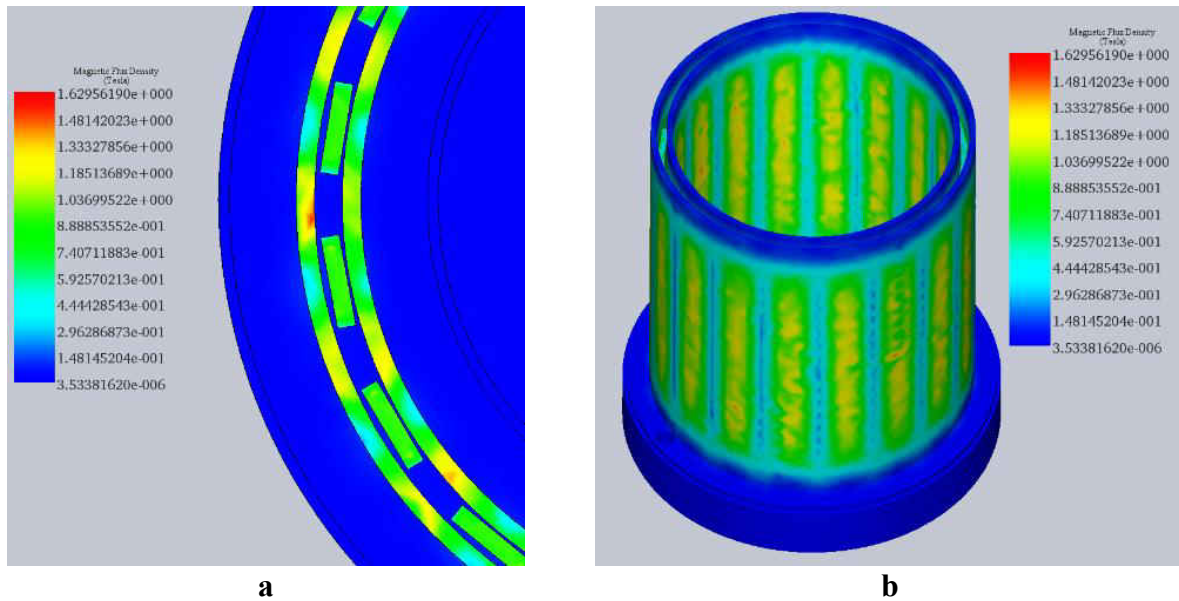


Figura 5. Distribuția câmpului magnetic în cilindrele indusului.
a) vederea în secțiune; b) vederea generală

Ulterior s-au realizat simulări pentru determinarea temperaturilor cămășilor (indusului) în funcție de viteza de rotație a rotorului. În tabelul 4 sunt prezentate rezultatele simulării încălzirii prin inducție a materialului indusului, temperaturile cilindrului intern și extern prezentate separat, în condițiile simulării când temperatura mediului ambiant $T_a = 20\text{ }^\circ\text{C}$ și temperatura inițială a materialului $T_i = 20\text{ }^\circ\text{C}$, pentru viteza de rotație a rotorului de la 34 până la 600 *rot/min*.

Tabelul 4. Valorile temperaturii materialului indusului în funcție de viteza de rotație a rotorului termogeneratorului

| Viteza de rotație, $n, \text{rot/min}$ | Frecvența, f, Hz | Temperatura cilindrului intern, $T_{ci}, \text{ }^\circ\text{C}$ | Temperatura cilindrului extern, $T_{ce}, \text{ }^\circ\text{C}$ |
|---|------------------------------|---|---|
| 34 | 5 | 20,58 | 20,66 |
| 67 | 10 | 22,17 | 22,47 |
| 134 | 20 | 29,96 | 31,30 |
| 200 | 30 | 36,86 | 39,08 |
| 267 | 40 | 50,40 | 54,35 |
| 334 | 50 | 55,87 | 60,50 |
| 400 | 60 | 71,98 | 78,68 |
| 467 | 70 | 75,69 | 82,88 |
| 534 | 80 | 85,94 | 94,47 |
| 600 | 90 | 88,25 | 97,10 |

În figura 6 este prezentată în formă grafică variația valorilor temperaturii materialului indusului în funcție de viteza de rotație a rotorului termogeneratorului, separat pentru fiecare cilindru al indusului. Respectiv, caracteristica este direct proporțională și poate fi descrisă astfel: odată cu creșterea vitezei de rotație a rotorului termogeneratorului, va crește și temperatura materialului indusului, oțel în cazul dat. Aceasta are loc datorită faptului că pierderile magnetice în indus, utile în cazul dat, sau altfel spus, cantitatea de energie indusă în materialul indusului, crește odată cu frecvența curenților turbionari induși.

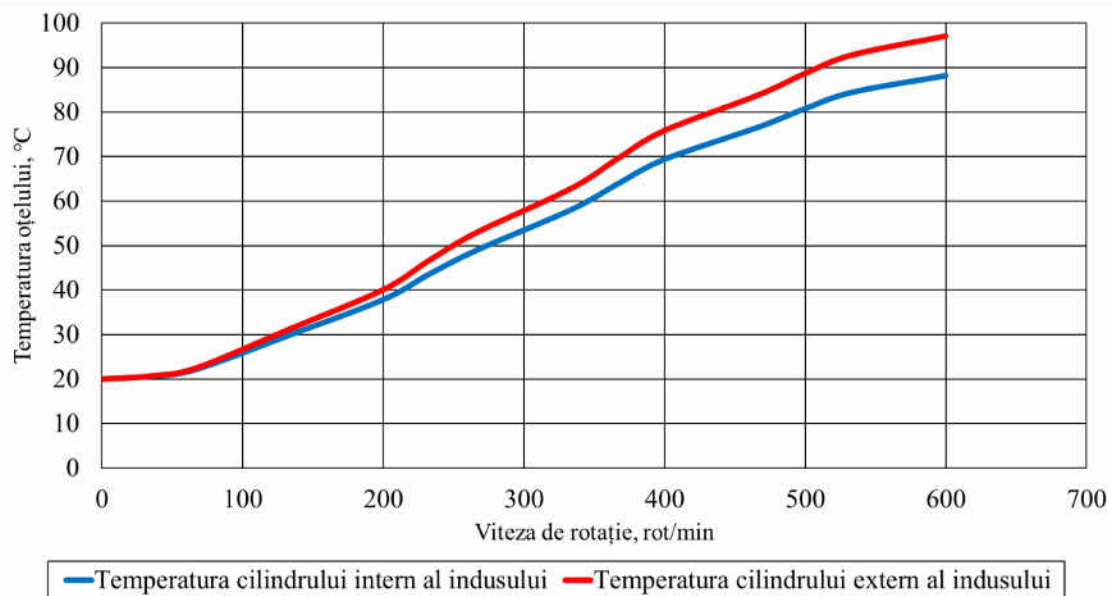


Figura 6. Variația temperaturii materialului indusului în funcție de viteza de rotație a rotorului termogeneratorului.

Ulterior s-au elaborat trei modele constructive ale termogeneratorului, utilizând software SOLIDWORKS, pentru analiza caracteristicilor termodinamice a generatorului termic cu privire la studiul circulației lichidului caloportor prin cămășile generatorului termic.

Modelele elaborate au aceleași principii constructive și de funcționare descrise în lucrare, diferența constă în modul de admisie și circulație a lichidului caloportor prin cămășile termogeneratorului. Fiecare model elaborat s-a studiat atât la conectarea cămășilor în serie, cât și în paralel. Modelele elaborate sunt:

- Termogeneratorul cu admisie directă, cu cămășile conectate în serie/paralel, la care admisia lichidului este direct din baza generatorului, lichidul caloportor circulă liber prin canalele circulare ale cămășilor;
- Termogeneratorul cu admisie directă printr-o țevă montată în canalul exterior al termogeneratorului și conectată în serie/paralel cu o țevă din canalul interior;
- Termogeneratorul cu admisie direcționată, cu cămășile conectate în serie/paralel, la care este montată o spirală din foaie de metal în interiorul cămășilor termogeneratorului, astfel fluxul lichidului caloportor este direcționat prin toată suprafața cămășilor.

Simularea fluxului lichidului caloportor prin cămășile termogeneratorului s-a realizat cu software SOLIDWORKS Flow Simulation, scopul simulărilor constă în analiza fluxului lichidului prin termogenerator și determinarea variației temperaturii lichidului caloportor în conducta de refulare în funcție de debit $T_2(Q)$, pentru fiecare model constructiv la diferite temperaturi impuse a cămășilor $T_0=40\text{ }^\circ\text{C}$; $T_0=60\text{ }^\circ\text{C}$ și $T_0=80\text{ }^\circ\text{C}$.

Analiza circulației fluxului lichidului, s-a realizat pentru următoarele condiții de intrare: temperatura lichidului în conducta de admisie $T_1=11\text{ }^\circ\text{C}$, temperatura impusă a cămășilor: $T_0=40\text{ }^\circ\text{C}$; $T_0=60\text{ }^\circ\text{C}$ și $T_0=80\text{ }^\circ\text{C}$, temperatura mediului ambiant $T_a=20\text{ }^\circ\text{C}$, pierderile de energie termică exterioare neglijabile $P_{th}=0$ și variația debitului lichidului prin cămășile termogeneratorului de la 10 l/h până la 3500 l/h.

Conform rezultatelor simulării, în toate cazurile, pentru modelul constructiv al termogeneratorului cu admisie directă și modelul cu admisie directă prin țeavă internă, la conectarea cămășilor atât în serie cât și în paralel, se observă că în cămășile termogeneratorului se formează zone cu circulație redusă a lichidului caloportor, figura 7 (vezi zona evidențiată). Respectiv, circulația lichidului este neuniformă, ceea ce determină încălzirea neuniformă a lichidului în cămăși. Aceste zone sunt neactive în procesul de transfer de căldură în termogenerator sau cu un transfer scăzut de căldură, altfel spus, se reduce suprafața activă de lucru în termogenerator.

În modelul constructiv cu admisie direcționată, la conectarea cămășilor atât în serie cât și în paralel, circulația lichidului caloportor este mai uniformă, respectiv și încălzirea lichidului este mai uniformă, suprafața activă de lucru în termogenerator este maximă, figura 8.

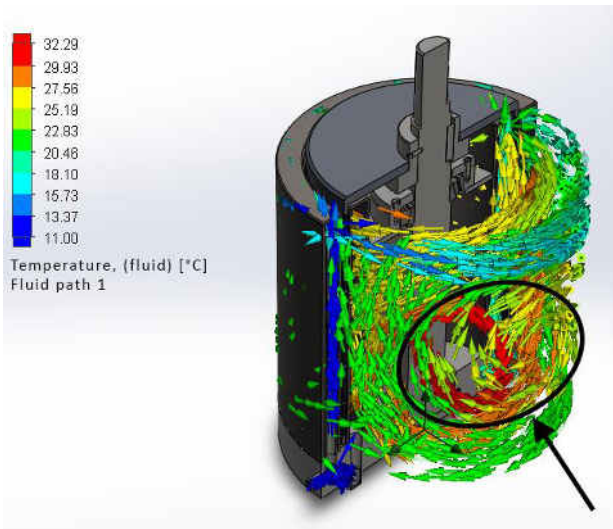


Figura 7. Fluxul lichidului prin termogeneratorul cu admisie directă prin țeavă internă cu cămășile conectate în serie, $T_0=60\text{ }^\circ\text{C}$

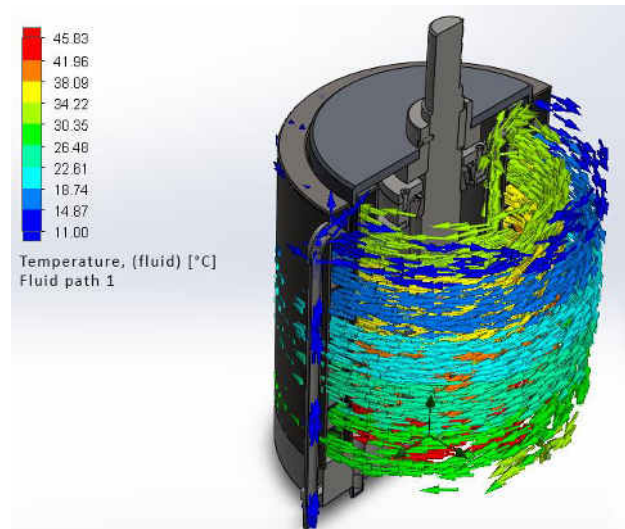


Figura 8. Fluxul lichidului prin termogeneratorul cu admisie direcționată și cămășile conectate în serie, $T_0=60\text{ }^\circ\text{C}$

În tabelul 5 sunt prezentate rezultatele simulărilor privind circulația lichidului caloportor prin cămășile termogeneratorului, pentru temperatura impusă a cămășilor interne și externe egală cu $T_0=60\text{ }^\circ\text{C}$, temperatura lichidului în conducta de admisie – $T_1=11\text{ }^\circ\text{C}$, temperatura mediului ambiant $T_a=20\text{ }^\circ\text{C}$, pierderile de energie termică exterioare neglijabile $P_{th}=0$ și variația debitului lichidului prin cămășile termogeneratorului de la 10 l/h până la 3500 l/h.

Tabelul 5. Variația temperaturii lichidului caloportor în conducta de refulare în funcție de debit $T_2(Q)$, $T_0=60\text{ }^\circ\text{C}$

| Temperatura lichidului în conducta de refulare în funcție de debit, la $T_0=60\text{ }^\circ\text{C}$; $T_i=11\text{ }^\circ\text{C}$; $T_a=20\text{ }^\circ\text{C}$; $P_{th}=0$ | | | | | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------|
| Debit, l/h | Temperatura T_2 , $^\circ\text{C}$ | | | | | |
| | Model cu cămășile conectate în serie | | | Model cu cămășile conectate în paralel | | |
| | cu admisie directă | cu admisie directă prin țevă internă | cu admisie direcționată | cu admisie directă | cu admisie directă prin țevă internă | cu admisie direcționată |
| 10 | 58,50 | 58,47 | 59,98 | 58,29 | 58,60 | 59,69 |
| 50 | 51,19 | 50,20 | 59,57 | 46,35 | 45,21 | 59,19 |
| 100 | 45,47 | 44,09 | 58,01 | 39,89 | 38,50 | 56,82 |
| 500 | 31,63 | 30,24 | 47,91 | 25,24 | 24,75 | 36,41 |
| 1000 | 27,50 | 27,50 | 44,86 | 23,04 | 21,65 | 33,46 |
| 1500 | 25,68 | 26,77 | 43,35 | 21,82 | 20,54 | 31,55 |
| 2000 | 25,10 | 26,43 | 42,34 | 21,71 | 20,17 | 30,39 |
| 2500 | 24,34 | 26,19 | 41,60 | 21,75 | 19,90 | 29,58 |
| 3000 | 24,00 | 25,96 | 41,02 | 21,40 | 19,64 | 28,97 |
| 3500 | 23,93 | 25,84 | 40,59 | 21,26 | 19,59 | 28,47 |

Caracteristica termică pentru toate modelele constructive, pentru toate cazurile a temperaturii cămășilor, la conectarea cămășilor atât în serie cât și în paralel, are aceeași formă a curbei, care poate fi caracterizată astfel: odată cu creșterea debitului lichidului prin termogenerator, temperatura lichidului în conducta de refulare scade, figura 9. Aceasta are loc datorită faptului că la un debit mai mare, lichidul caloportor nu reușește să se încălzească, respectiv temperatura lichidului este mai mică.

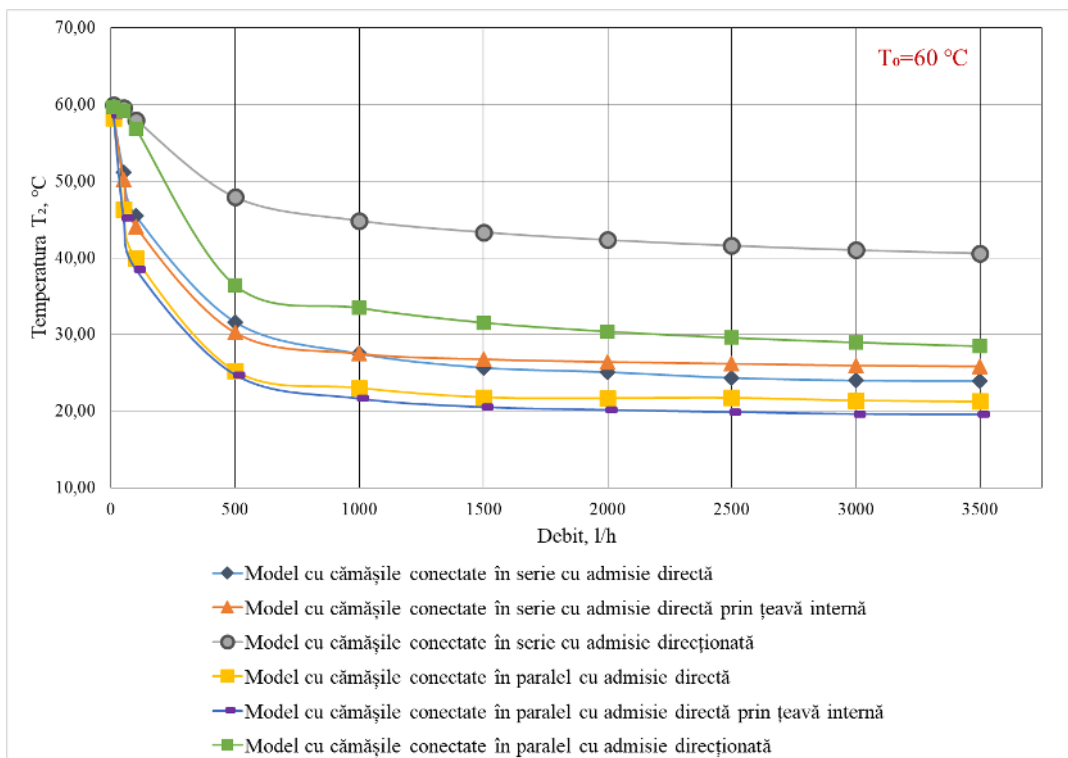


Figura 9. Variația temperaturii lichidului caloportor în conducta de refulare a termogeneratorului în funcție de debit $T_2(Q)$, $T_0=60\text{ }^\circ\text{C}$

În **Capitolul 4** – *Studii privind perspectivele utilizării energiei termice eoliene* s-a efectuat un calcul pentru estimarea producerii de energie termică de o turbină eoliană dotată cu un generator termic cu magneți permanenți. Este prezentată o metodă de calcul pentru determinarea caracteristicilor vântului pentru diferite înălțimi în baza hărților potențialului energetic eolian elaborate. În același timp s-a realizat calculul pentru determinarea caracteristicilor unei turbine eoliene moderne.

Există mai multe motive de ce sistemele de conversie a energiei eoliene ar trebui să fie folosite mai larg pentru producerea energiei termice în scopul obținerii apei calde sau încălzirii spațiilor rezidențiale. Argumentele principale sunt următoarele:

1. Structura consumului de energie a Republicii Moldova: din consumul total de resurse energetice în anul 2021, echivalent cu 2853 mii t.e.p., doar 12% s-a consumat în formă de energie electrică, celelalte resurse care constituie 88% s-au consumat sub alte forme de energie, utilizate inclusiv pentru încălzirea spațiilor locative, în procese tehnologice, prepararea hranei și încălzirea apei.
2. Echipamentul eolian pentru producerea energiei termice este mai simplu mai ieftin decât în cazul producerii energiei electrice.
3. Problema acumulării și folosirii energiei termice în perioadele fără vânt se rezolvă simplu. Raportul dintre costul unui acumulator electric și a unui termic de aceeași capacitate este mai mare de 10, iar durata de exploatare a acumulatorului termic este mai mare.
4. Cel mai important argument constă în utilizarea eficientă a potențialului energetic eolian. Puterea unui flux de aer este proporțională cu cubul vitezei vântului. Sistemul de conversie a energiei eoliene trebuie să funcționeze eficient în întreaga gamă de variație a vitezei vântului, de exemplu, de la 3 până la 20 m/s. Puterea nominală a sistemelor eoliene de putere mică corespunde vitezei vântului de 11-12 m/s. Altfel spus, la viteza vântului de 20 m/s un sistem de conversie a energiei eoliene în energie electrică ar trebui să aibă un factor de suprasarcină de 5-6. În realitate, acest factor este egal cu 1,2-1,3, fiind limitat, în primul rând, de generatorului electric cu magneți permanenți (GMP). La rândul său factorul de suprasarcină a GMP este limitat de proprietățile materialelor izolatoare și conductoare.

Rezultă, că pentru viteze ale vântului mai mari decât cea nominală trebuie limitată puterea eoliană convertită în energie electrică, în consecință, scade brusc eficiența conversiei energiei mecanice în energie electrică. Este rațional de utilizat un alt tip de generator – din energie mecanică direct în energie termică cu un factor mai mare de suprasarcină. Un astfel de generator poate fi generatorul termic cu curenți turbionari.

Pentru calculul producerii cantității anuale de energie termică sunt necesare următoarele date de intrare: caracteristica de putere a turbinei eoliene $P(V)$ și funcția distribuției de probabilitate a vitezei vântului, $f(V)$. Ultima poate fi calculată cu funcția Weibull pentru care s-au determinat coeficienții A și k pentru înălțimile 10 și 20 m, în punctul de interes. În figura 10 sunt prezentate caracteristicile $P(n, V)$ ale turbinei eoliene și caracteristica $P_m(n)$ a generatorului termic cu curenți turbionari și în figura 11 este prezentată caracteristica $P(V)$ a turbinei eoliene de mică putere AeroCraft 1002H: diametrul rotorului $D = 2,4 \text{ m}$, puterea nominală $P = 1 \text{ kW}$, viteza vântului $V = 9 \text{ m/s}$ pentru cazul în care turbina este dotată cu un generator termic.

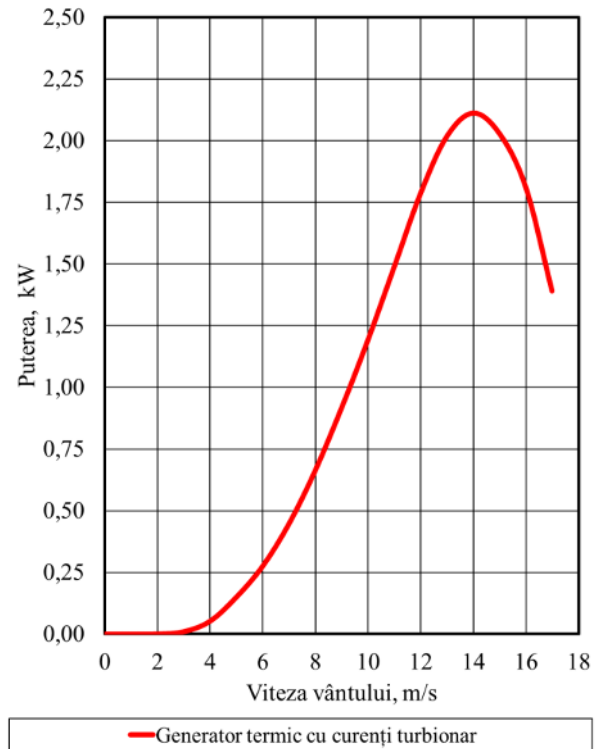
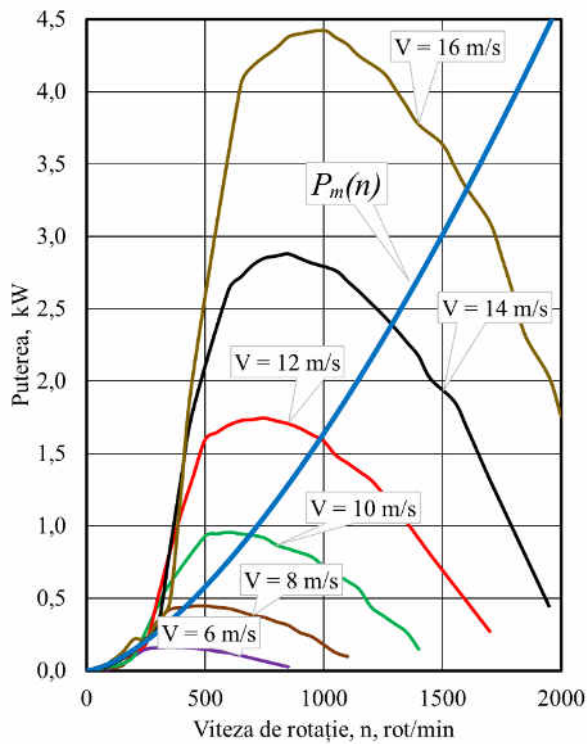


Figura 10. Caracteristicile turbinei $P(n, V)$ și a termogeneratorului $P_m(n)$

Figura 11. Caracteristica de putere $P(V)$ a turbinei eoliene

În tabelul 6 este prezentată caracteristica de putere a turbinei eoliene pentru cazul în care turbina este dotată cu un generator termic.

Tabelul 6. Caracteristica de putere $P(V)$ a turbinei eoliene

| | | | | | | | | | | |
|--------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| V | m/s | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| $P(V)$ | W | 0,04 | 0,81 | 10,11 | 52,67 | 149,97 | 275,43 | 447,26 | 663,66 | 917,07 |
| V | m/s | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| $P(V)$ | W | 1191,48 | 1488,50 | 1785,96 | 2017,44 | 2112,20 | 2029,33 | 1811,39 | 1391,29 | 723,96 |

Cu ajutorul distribuției Weibull (1), cunoscând valorile coeficienților A și k , determinați pentru punctul de interes la înălțimile respective, s-a calculat distribuția de probabilitate a vitezei vântului $f(V_i)$ în punctul de interes pentru înălțimea 10 și 20 m.

$$f(V) = \frac{k}{A} \cdot \left(\frac{V}{A}\right)^{k-1} \cdot \exp\left(-\left(\frac{V}{A}\right)^k\right) \quad (1)$$

În tabelele 7 – 8 sunt prezentate valorile numerice ale funcției densitate de probabilitate a vitezei vântului. Pentru valori mai mari de 14 m/s, $f(V_i)$ este foarte mică și se neglijează. Din punctul de vedere a climatologiei vântului aceasta semnifică că în punctul de interes, la înălțimile respective, vânturile cu viteze mai mari de 14 m/s se atestă extrem de rar. În figurile 12 – 13 sunt prezentate distribuțiile Weibull.

Tabelul 7. Rezultatele calculului funcției $f(V_i)$, $H = 10$ m

| | | | | | | | | | | |
|----------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| V_i | m/s | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| $f(V_i)$ | % | 11,74 | 20,78 | 23,08 | 19,28 | 12,79 | 6,89 | 3,05 | 1,11 | 0,34 |
| V_i | m/s | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| $f(V_i)$ | % | 0,08 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | |

Tabelul 8. Rezultatele calculului funcției $f(V_i)$, $H = 20$ m

| | | | | | | | | | | |
|----------|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| V_i | m/s | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| $f(V_i)$ | % | 7,25 | 15,15 | 19,83 | 19,86 | 16,11 | 10,83 | 6,08 | 2,87 | 1,14 |
| V_i | m/s | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| $f(V_i)$ | % | 0,38 | 0,11 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | | | | |

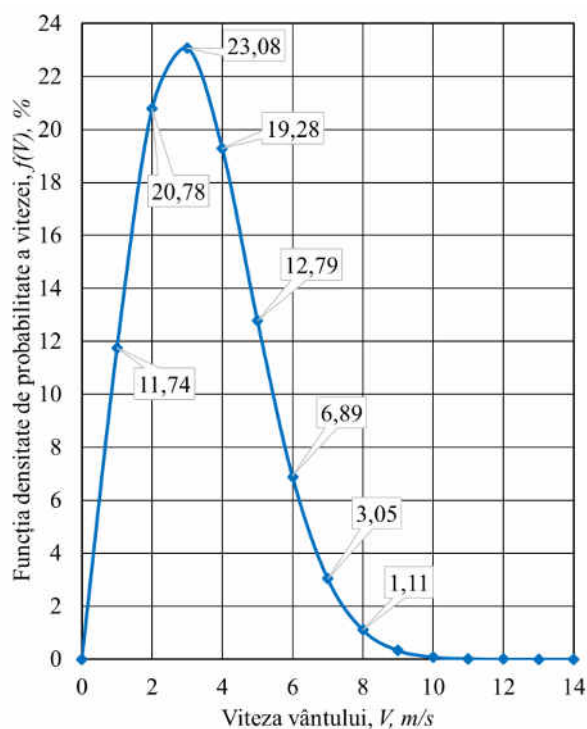


Figura 12. Distribuția Weibull a funcției de probabilitate a vitezei vântului, $H = 10$ m

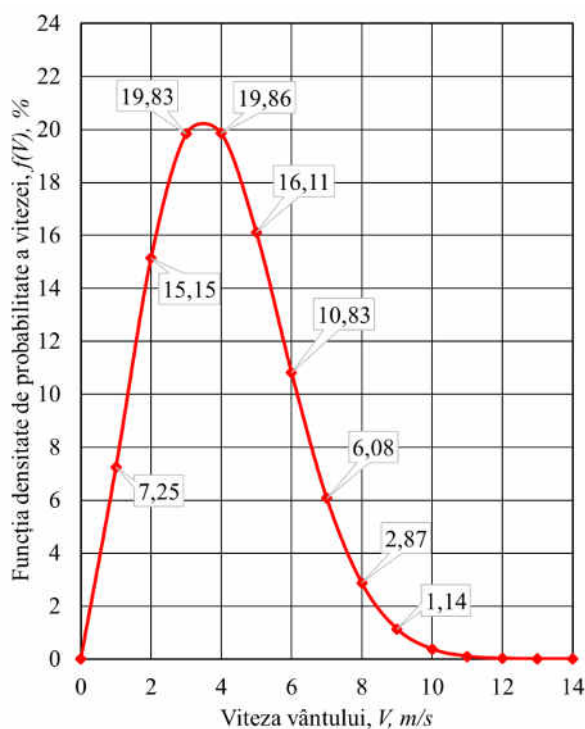


Figura 13. Distribuția Weibull a funcției de probabilitate a vitezei vântului, $H = 20$ m

Producția anuală de energie termică se calculează cu formula:

$$ET = T_{an} \cdot \eta \cdot \sum_{i=1}^{V_{max}} f(V_i) \cdot P(V_i) \quad (2)$$

unde: $T_{an} = 8760 h$ – numărul de ore într-un an;

$\eta = 95 \%$ – randamentul termogeneratorului;

$f(V_i)$ – probabilitatea vitezei vântului V_i ;

$P(V_i)$ – puterea mecanică a turbinei la viteza vântului V_i .

La înălțimea $H = 10 m$, cu distribuția $f(V)$ din tabelul 7 și caracteristica de putere $P(V)$ pentru turbina eoliană din tabelul 6, substituind valorile în (2), se obține producția anuală de energie termică:

$$ET_{an} = 8760 \cdot 0,95 \cdot 76,23 = 634354,24 Wh = 634,35 kWh \quad (3)$$

La înălțimea $H = 20 m$, cu distribuția $f(V)$ din tabelul 8 și caracteristica de putere $P(V)$ pentru turbina eoliană din tabelul 6, substituind valorile în (2), se obține:

$$ET_{an} = 8760 \cdot 0,95 \cdot 129,85 = 1080630,69 Wh = 1080,63 kWh \quad (4)$$

Evident, la o înălțime mai mare deasupra nivelului solului caracteristicile vântului sunt mai bune și respectiv cantitatea de energie produsă de turbină este mai mare. Pentru punctul de interes ales, producția de energie termică a crescut cu 70 % la înălțimea de 20 m în comparație cu producția la înălțimea de 10 m.

Analizând datele cu privire la necesarul de energie pentru prepararea apei caldă menajeră în funcție de dotări (tabelul 3), în condițiile punctului de interes ales, conform calculelor producerii de energie termică pentru turbina eoliană de mică putere, s-au constatat următoarele:

- Cantitatea de energie termică produsă, la înălțimea turbinei de 10 m, ar asigura necesarul anual de energie a unei gospodării dotate cu sistem de alimentare cu apă potabilă, fără sistem de canalizare, fără closet, fără cadă de baie sau duș pentru o persoană (660,65 kWh) practic integral sau parțial pentru două persoane;
- În același timp, dacă turbina ar fi instalată la înălțimea de 20 m, în acest caz cantitatea de energie termică produsă, ar asigura necesarul de energie a unei gospodării dotate deja cu sistem de alimentare cu apă potabilă, fără sistem de canalizare, dotate cu closet, lavoare, cu cadă de baie mică sau duș pentru o persoană (828,55 kWh) integral sau parțial pentru două persoane.

III. CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

1. Capacitățile totale instalate de SRE la nivel național prezintă o dinamică pozitivă pe parcursul ultimilor ani, însă până când insuficientă, având în vedere faptul că producția de e-SRE pentru anul 2022 a constituit 196,237 GWh sau 4,8 % din consumul total de energie electrică. Totodată, în baza studiului, s-a constatat faptul că în sectorul rural circa 77,6 % din locuințe nu dispun de sisteme de încălzire a apei menajere, fapt care impune gospodăriile rurale de a utiliza alte surse, fosile cel mai des, pentru asigurarea cu energie termică inclusiv pentru prepararea apei calde menajere. În acest context, este actual dezvoltarea unui nou domeniu – conversia directă a energiei eoliene în energie termică și respectiv utilizarea generatoarelor termice cu magneți permanenți acționate de turbine eoliene care ar contribui la rezolvarea unei probleme sociale importante-asigurarea cu apă caldă a populației din sectorul rural și va contribui la sporirea valorificării potențialului eolian.
2. Astfel, devine necesar realizarea studiului pentru determinarea potențialului energetic eolian disponibil la nivel local, pentru aprecierea capacităților teoretice posibile de instalat, pentru producerea energiei termice, cât și pentru producerea energiei electrice. Studiul este realizat pentru unitățile administrativ – teritoriale de nivelul doi (raioane), pentru care s-au elaborat hărțile potențialului energetic eolian ale vitezei medii a vântului și densității de putere eoliană la înălțimile de 50 și 100 m. Respectiv s-a efectuat clasificarea teritoriului fiecărui raion în funcție de valoarea densității de putere în limitele de la $150 W/m^2$ până la $400 W/m^2$ la înălțimea de 100 m și s-a calculat puterea eoliană teoretică posibil de instalat. Astfel, conform rezultatelor obținute, s-au constatat următoarele:
 - în ipoteza utilizării în zonele cu potențial energetic cuprins între $300 W/m^2$ și $400 W/m^2$ a turbinelor eoliene cu puterea unitară egală cu 3,0 MW, cea mai mare putere în RDN ar putea fi instalată în raionul Sângerei – 144 MW; în RDC în raionul Nisporeni – 76 MW, și în RDS în raionul Cimișlia – 172 MW. De menționat faptul că puterea totală teoretică este în dependență de suprafața raionului respectiv – cu cât suprafața este mai mare cu atât puterea instalată va fi mai mare;
 - pentru raioanele din nordul și sudul țării densitatea de putere eoliană posibil de instalat este $5 MW/km^2$, iar pentru raioanele din centru aceasta diferă și este cuprinsă între 3,2 (Strășeni) și $4,9 MW/km^2$ (Anenii Noi);
 - cele mai mari viteze medii anuale ale vântului la înălțimea de 100 m deasupra suprafeței solului sunt cuprinse între 7,4 la nord și centru și 7,1 m/s la sud.

3. În scopul valorificării potențialului eolian dar și pentru îmbunătățirea situației în sectorul rural în ceea ce privește alimentarea cu apă caldă s-a propus o soluție tehnică nouă - conversia directă a energiei eoliene în energie termică. În acest scop s-a propus o soluție tehnică brevetată – *Generator termic eolian cu curenți turbionari*. Trăsăturile distinctive ale soluției tehnice propuse este randamentul mai mare de 95 %, construcție simplă și fiabilă, nu sunt necesare materiale scumpe, cu excepția magneților permanenți necesari pentru generatorul termic, care sunt încă costisitori.
4. S-au elaborat diferite modele constructive ale termogeneratorului cu magneți permanenți și s-au efectuat un șir de calcule și simulări în software specializat SOLIDWORKS Electromagnetic Simulation pentru determinarea caracteristicilor unui termogenerator de mică putere. Astfel, s-au efectuat studii pentru determinarea caracteristicilor câmpului magnetic generat de magneții permanenți cu scopul final de determinare a temperaturilor cilindrelor indusului în funcție de viteza de rotație a rotorului. S-a constatat faptul că temperatura crește odată cu creșterea turațiilor și s-a obținut temperatura indusului de 97,1 °C la viteza rotorului de 600 *rot/min*.
5. Totodată, s-au realizat simulări și în SOLIDWORKS Flow Simulation, pentru diferite variante constructive ale termogeneratorului cu privire la studiul circulației fluxului de lichid caloportor prin cămășile termogeneratorului pentru determinarea unei construcții optime în care circulația lichidului este mai uniformă și în care suprafața activă de lucru pe suprafața cămășilor ar fi cea mai mare. Astfel, s-a determinat o variantă optimală - modelul constructiv cu admisie direcționată la conectarea cămășilor atât în serie cât și în paralel. În acest caz circulația lichidului caloportor este mai uniformă, respectiv și încălzirea lichidului este mai uniformă, suprafața activă de lucru în termogenerator este maximă. În baza acestor rezultate s-a determinat și temperaturile lichidului caloportor în conducta de refulare în funcție de debitul lichidului, concluzia fiind aceeași, temperaturile sunt cele mai mari, datorită faptului că suprafața activă de lucru este de circa două ori mai mare.
6. În cadrul simulărilor s-a analizat și variația presiunii necesare în conducta de admisie în scopul menținerii debitului necesar al lichidului pentru fiecare model constructiv. Aceste date vor servi pentru calculul caracteristicilor necesare a pompei de circulație, care va asigura un debit constant prestabilit al lichidului prin cămășile termogeneratorului.
7. S-a constatat că modelul constructiv al termogeneratorului cu admisie direcționată generează un flux termic util de două – trei ori mai mare comparativ cu celelalte modele.
8. Menționăm faptul că se atestă un efect pozitiv asupra caracteristicilor termice ale termogeneratorului în rezultatul montării spiralelor din foaie de metal în cămășile

termogeneratorului pentru direcționarea fluxului de lichid caloportor – valorile temperaturii lichidului caloportor în conducta de refulare sunt cu peste 70 % mai mari față de celelalte cazuri.

9. Rezultatele științifice obținute în teză și care se referă la studiul potențialului energetic eolian și caracteristicilor termogeneratorului cu magneți permanenți precum și la estimarea producerii de energie termică sunt valabile pentru orice punct și înălțime deasupra nivelului solului și vor servi ca suport pentru autoritățile publice locale în luarea deciziilor privind politica energetică la nivel local. Ca exemplu, prezentăm rezultatele obținute pentru punctul de interes din apropierea de localitatea Măgdăcești, raionul Criuleni. S-au obținut următoarele rezultate:

- în baza datelor hărților potențialului energetic eolian s-au calculat caracteristicile vântului la înălțimea de 10 și 20 m. Astfel, la înălțimea de 10 m, viteza medie a vântului este de 3,39 m/s, iar la înălțimea de 20 m – 4,03 m/s;
- conform metodei de calcul al caracteristicilor vântului propuse, s-au determinat și coeficienții distribuției Weibull, necesari pentru realizarea calculului și estimarea producerii de energie de o turbină eoliană. Astfel, pentru înălțimea de 10 m – coeficientul Weibull A este de 3,83 m/s și k egal cu 2,1054; pentru înălțimea de 20 m coeficientul Weibull A este de 4,55 m/s și k egal cu 2,2431;
- în baza caracteristicilor vântului, determinate la înălțimile respective, s-a realizat calculul producerii de energie termică de o turbină eoliană cu termogenerator cu magneți permanenți. Respectiv, la înălțimea de 10 m, cantitatea anuală de energie termică produsă ar fi de 634,35 kWh și la înălțimea de 20 m – 1080,63 kWh. S-a constatat faptul că producerea de energie termică a crescut cu 70 % la înălțimea de 20 m în comparație cu producția la înălțimea de 10 m;
- termogeneratorul studiat, conform calculelor, are o putere convențional nominală de $\approx 300 W$ (frecvența curentului indus este egală cu 50 Hz), iar la o viteză de 600 rot/min (frecvența curentului indus este egală cu 90 Hz) $\sim 700 W$.

Recomandări – subiecte de cercetare pe viitor.

1. În baza hărților potențialului energetic eolian prezentate în lucrare pentru unitățile administrativ-teritoriale de nivelul doi (raioane) și metodei de calcul propuse pentru determinarea caracteristicilor vântului pentru înălțimi cuprinse între 10 și 150 m, poate fi elaborată o platformă interactivă online despre potențialul energetic eolian al Republicii Moldova.

2. Elaborarea și confecționarea unui sistem compus dintr-o turbină eoliană de mică putere cu ax orizontal sau vertical și termogenerator cu magneți permanenți și încercări experimentale de laborator și în condiții reale de lucru.

Lista lucrărilor publicate la tema tezei

Cărți de specialitate colective:

1. RACHIER, Vasile, **MANGOS, Octavian**, SOBOR, Ion, CHICIUC, Andrei. „Potențialul Energetic Eolian al Republicii Moldova”, Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică, Departamentul Inginerie Electrică. – Chișinău: S.n., 2023 (Bons Offices). – 275 p. ISBN 978-5-36241-124-4. (Monografie).

Articole în reviste științifice din Registrul Național al revistelor de profil:

1. **MANGOS, Octavian**, RACHIER, Vasile, SOBOR, Ion, CAZAC, Vadim. Regarding the characteristics of the wind in northern region districts of the Republic of Moldova. In: Journal of Engineering Sciences. 2022, vol. 29, nr. 1, pp. 121-129. ISSN 2587-3474. DOI: [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29\(1\).11](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29(1).11)
2. **MANGOS, Octavian**, RACHIER, Vasile, SOBOR, Ion, CAZAC, Vadim. Wind energy potential and wind characteristics for the districts of the central development region of the Republic of Moldova. In: Journal of Social Sciences. 2022, vol. 5, nr. 4, pp. 100-118. ISSN 2587-3490. DOI: [https://doi.org/10.52326/jss.utm.2022.5\(4\).08](https://doi.org/10.52326/jss.utm.2022.5(4).08)

Articole în lucrările conferințelor științifice incluse în bazele de date WoS și SCOPUS:

1. SOBOR, Ion, **MANGOS, Octavian**, TĂRĂȚĂ, Stela. The Present State of the e-RES Sector in Moldova Republic. In: *Sielmen Proceedings of the 13th international conference on electromechanical and power systems*. Ediția 13, 9-11 octombrie 2019, Craiova. New Jersey, SUA: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019, p. 0. ISBN 978-172814011-7. DOI: <https://doi.org/10.1109/SIELMEN.2019.8905902>
2. **MANGOS, Octavian**. Study of the Circulation of Heat Transfer Fluid in the Permanent Magnets Thermo-Generator. In: *Sielmen Proceedings of the 11th International Conference on Electromechanical and Energy Systems*. Ediția 11, 7-8 octombrie 2021, Iași. Chișinău: Pro Libra, 2021, pp. 538-542. ISBN 978-166540078-7. DOI: <https://doi.org/10.1109/SIELMEN53755.2021.9600357>
3. RACHIER, Vasile, **MANGOS, Octavian**, SOBOR, Ion. The Southern Development Region of the Republic of Moldova in Context of the Wind Energy Potential. In: *Sielmen 14 International Conference on Electromechanical and Energy Systems*. Ediția 14, 11-13 octombrie 2023, Craiova. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.: Editura ALMA, 2023, pp. 1-6. ISBN 979-835031524-0.

DOI: <https://doi.org/10.1109/SIELMEN59038.2023.10290790>.

4. **MANGOS, Octavian, RACHIER, Vasile, SOBOR, Ion.** Determination of Wind Characteristics for Different Heights Based on Digital Maps of the Wind Potential of the Republic of Moldova. In: *Sielmen 14 International Conference on Electromechanical and Energy Systems*. Ediția 14, 11-13 octombrie 2023, Craiova. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.: Editura ALMA, 2023, pp. 1-4. ISBN 979-835031524-0.

DOI: <https://doi.org/10.1109/SIELMEN59038.2023.10290830>.

Articole în lucrările conferințelor și altor manifestații științifice incluse în alte baze de date acceptate de către ANACEC:

1. **MANGOS, Octavian.** Studiul caracteristicilor experimentale ale colectoarelor solare termice. In: *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor*. Vol.1, 26-29 martie 2019. Chișinău, Republica Moldova: 2019, pp. 138-142. ISBN 978-9975-45-588-6. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/84329
2. **MANGOS, Octavian.** Perspectiva utilizării energiei electrice și termice eoliene la nivel național. In: *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor*. Vol.1, 1-3 aprilie 2020. Chișinău, Republica Moldova: 2020, pp. 53-56. ISBN 978-9975-45-632-6. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/106133
3. **MANGOS, Octavian.** Studiul presiunii și distribuției fluxului de lichid calopotor în termogeneratorul cu magneți permanenți. In: *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor*. Vol.1, 29-31 martie 2022. Chișinău, Republica Moldova: Tehnica-UTM, 2022, pp. 84-88. ISBN 978-9975-45-828-3. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/161522
4. **MANGOS, Octavian.** Evaluarea consumului de energie în gospodăria pentru încălzirea apei calde menajere. In: *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor*. Vol.1, 23-25 martie 2021. Chișinău, Republica Moldova: Tehnica-UTM, 2021, pp. 146-149. ISBN 978-9975-45-699-9. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/133811
5. **MANGOS, Octavian.** Analysis of heat flows in the eddy current wind generator. The 3th International Conference On Electrical Engineering And Systems (ICEES). 21 – 23 September 2022, Reșița, Romania. ISSN-v online: 2734-7680, ISSN-L: 2734-7680 VOL.67, No.1, 2022. pp. 85-92. DOI: <https://doi.org/10.24193/subbeng.2022.1.8>
6. **MANGOS, Octavian, SOBOR, Ion, CAZAC, Vadim, BURDUNIUC, Marcel.** Study of the pressure and distribution of heat transfer fluid in the thermogenerator with permanent magnets and eddy currents. Conferința Națională de Acționări Electrice CNAE-2022. 12-

13 mai 2022, Timișoara. ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering. ISSN: 1584-2665 [print]; ISSN: 1584-2673 [online]. Tome XX [2022] Fascicule 3 [2022], pp. 37 – 40; <https://annals.fih.upt.ro/pdf-full/2022/ANNALS-2022-3-04.pdf>

7. **MANGOS, Octavian**, CIUPERCĂ, Rodion, SOBOR, Ion. Generator termic eolian cu curenți turbionari. Book of abstracts of the VIth International Fair of Innovation and Creative Education for Youth (ICE-USV), July, 10 – 12, 2022, Suceava, Romania. ISSN 2821 – 7543, ISSN-L 2821 – 7543. No. 6/2022, pp. 27 – 29.

<https://ice-usv44.webnode.ro/copie-a-current-edition/>

Brevet de invenție eliberat de Agenția de Stat pentru Proprietate Intelectuală:

1. **MANGOS, Octavian**, CIUPERCĂ, Rodion, SOBOR, Ion. Generator termic eolian cu curenți turbionari. Brevet de invenție 4815 (13) B1, F03D 9/00; H05B 6/02; F24H 1/10. Universitatea Tehnică a Moldovei. Nr. depozit A2020 0068. Data depozit 26.08.2020. Publicat 31.07.2022. <http://www.db.agepi.md/Inventions/details/a%202020%200068>

ADNOTARE

Autor – MANGOS Octavian. **Titlul** – *Contribuții la valorificarea potențialului energetic eolian al Republicii Moldova. Teză de doctor în vederea conferirii titlului de doctor în științe inginerești la specialitatea 221.02. „Tehnologii de conversie a energiei și resurse regenerabile (energie eoliană)”*. Chișinău 2024.

Structura lucrării: Lucrarea include introducerea, patru capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 96 titluri și include 7 anexe, 133 pagini, 113 figuri și 25 tabele.

Rezultatele obținute sunt publicate în 14 lucrări.

Cuvinte cheie: potențial eolian, termogenerator eolian, modele 3D, SOLIDWORKS Flow Simulation, energie termică regenerabilă (t-SRE).

Domeniul de studiu – științe inginerești și tehnologii.

Scopul lucrării constă în evaluarea potențialului eolian pentru entitățile administrativ-teritoriale de nivelul doi (raioane) pentru producerea energiei termice și electrice, cercetarea și proiectarea unui termogenerator eolian pentru conversia directă a energiei eoliene în energie termică, care ar asigura sectorul rezidențial cu energie termică și care ar conduce la atingerea obiectivelor Republicii Moldova privind valorificarea energiilor regenerabile.

Obiectivele lucrării: analiza sectorului electroenergetic în ultimii 10 ani, inclusiv a producției de energie electrice (EE) din surse regenerabile (e-SRE), determinarea perspectivei utilizării energiei termice regenerabile (t-SRE) în gospodăriile casnice din sectorul rural al Republicii Moldova, realizarea studiului potențialului energetic eolian și ale caracteristicilor vântului la înălțimi de 50 și 100 m deasupra nivelului solului, identificarea amplasamentelor pentru eventualele centrale eoliene și evaluarea capacităților posibile de instalat în entitățile administrativ-teritoriale de nivelul doi (raioane), cercetarea și proiectarea unui termogenerator eolian de mică putere pentru sectorul rezidențial.

Noutatea și originalitatea științifică a lucrării: constă în identificarea problemelor și căilor posibile de rezolvare privind perspectiva utilizării energiei termice regenerabile (t-SRE) în gospodăriile casnice din sectorul rural și elaborarea metodei de calcul a termogeneratorului eolian de mică putere și producerii de energie termică pentru sectorul rezidențial.

Problema științifică importantă soluționată: constă în cercetarea și proiectarea termogeneratorului eolian pentru conversia directă a energiei eoliene în energie termică pentru producerea de apă caldă menajeră în localitățile rurale.

Importanța teoretică: aduce contribuții științifice într-un domeniu de interes relativ nou – conversia directă a energiei eoliene în energie termică, se propune o nouă schemă a termogeneratorului eolian cu magneți permanenți, pentru care s-a obținut brevet de invenție.

Valoarea aplicativă a lucrării: rezultatele lucrării vor contribui la îmbunătățirea situației în sectorul rural în ceea ce privește alimentarea cu apă caldă și în consecință asigurarea Obiectivului de Dezvoltare Durabilă 6 al ONU, dar și ar contribui la atingerea obiectivelor trasate în HG nr. 102 din 05.02.2013 „Cu privire la Strategia energetică a Republicii Moldova până în anul 2030”, privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile și în consecință sporirea securității energetice a țării.

ANNOTATION

Author – MANGOS Octavian. **Title** - *Contributions to harnessing the wind energy potential of the Republic of Moldova*. Doctoral thesis for PhD qualification in engineering science 221.02. „Energy conversion technologies and renewable resources (wind energy)”. Chisinau 2024.

Thesis structure: The paper comprises an introduction, four chapters, general conclusions and recommendations, 96 references, 7 annexes, 133 pages, 113 figures and 25 tables.

The results are published in 14 scientific papers.

Keywords: wind potential, wind thermal generator, 3D models, SOLIDWORKS Flow Simulation, renewable thermal energy (t-SRE)

Field of study – engineering sciences and technologies.

The purpose of the thesis consists in evaluation of the wind potential for administrative-territorial entities of the second level (districts) for production of thermal and electrical energy, the research and design of a wind thermal generator for the direct conversion of wind energy into thermal energy, which would provide the residential sector with thermal energy and which would lead to the achievement of the objectives of the Republic of Moldova regarding the exploitation of renewable energies.

Objectives of the paper: analysis of the electric energy sector in the last 10 years, including the production of electric energy (EE) from renewable sources (e-SRE), determining the perspective to use of renewable thermal energy (t-SRE) in households in the rural sector of the Republic of Moldova, carrying out the study of energy potential and the characteristics of wind at heights of 50 and 100 m above ground level, the identification of locations for possible wind power plants and the evaluation of possible capacities to be installed in the administrative-territorial entities of the second level (districts), the research and design of a low power wind thermal generator for the residential sector.

Scientific novelty and originality of the work: it consists in identifying the problems and possible solutions regarding the perspective of using renewable thermal energy (t-SRE) in households in the rural sector and calculation method development of low-power wind thermal generator and the production of thermal energy for the residential sector.

The important scientific problem solved: consists in the research and design of the wind thermal generator for the direct conversion of wind energy into thermal energy for the production of domestic hot water in rural localities.

Theoretical importance: it makes scientific contributions in a relatively new field of interest – the direct conversion of wind energy into thermal energy, a new scheme of the wind thermogenerator with permanent magnets is proposed, for which an invention patent was obtained.

The practical value of the work: the results of work will contribute to improving the situation in the rural sector in terms of hot water supply and, consequently, ensuring Sustainable Development Goal 6 of the UN, but would also contribute to achieving the goals outlined in GD no. 102 of 05.02.2013 "Regarding the Energy Strategy of the Republic of Moldova until 2030", regarding the promotion of the use of energy from renewable sources and consequently increasing the energy security of the country.

АННОТАЦИЯ

Автор – МАНГОС Октавиан. **Название** - *Вклад в использование потенциала ветроэнергетики в Республике Молдова*. Диссертация о присвоение докторской степени в области инженерных наук, специальность 221.02 - *Технологий преобразования энергии и возобновляемые ресурсы (ветровая энергия)*. Кишинев, 2024.

Структура работы: Работа включает введение, четыре главы, общие выводы и рекомендации, библиографию из 96 наименований, 7 приложений, 133 страниц, 113 рисунков и 25 таблиц. Результаты исследования опубликованы в 14 научных работах.

Ключевые слова: ветровой потенциал, тепловой генератор, 3D модели, SOLIDWORKS Flow Simulation, возобновляемая тепловая энергия (т- ВИЭ).

Область исследования – инженерные науки и технологии.

Цель диссертации состоит в оценке ветрового потенциала административно-территориальных образований второго уровня (районов) по производству тепловой и электрической энергии, исследовании и проектировании ветротеплогенератора прямого преобразования энергии ветра в тепловую энергию, что обеспечило бы жилой сектор тепловой энергией и привело бы к достижению целей Республики Молдова в отношении использования возобновляемых источников энергии.

Задачи диссертации: анализ отрасли электроэнергетики за последние 10 лет, в том числе производства электроэнергии из возобновляемых источников (э-ВИЭ), определение перспективы использования возобновляемой тепловой энергии (т- ВИЭ) в домохозяйствах в сельской местности Республики Молдова, изучения энергетического потенциала и характеристик ветра на высотах 50 и 100 м над уровнем земли, определение мест для возможных ветряных электростанций и оценка возможных мощностей для установки в административно-территориальных единицах второго уровня (районах), исследование и проектирование ветротеплогенератора малой мощности для жилого сектора.

Научная новизна диссертации: заключается в выявлении проблем и возможных путей их решения по использованию возобновляемой тепловой энергии (т- ВИЭ) в домохозяйствах сельского хозяйства и определении методики расчета маломощного ветротеплогенератора с постоянными магнитами и производство тепловой энергии для жилищного сектора.

Решаемая научная проблема: заключается в исследовании и разработке ветротеплогенератора для прямого преобразования энергии ветра в тепловую энергию для производства горячей воды для бытовых нужд в сельской местности.

Теоретическая значимость: вносит научный вклад в относительно новую область исследований – прямое преобразование энергии ветра в тепловую, предлагается новая схема ветрового термогенератора с постоянными магнитами, на которую получен патент на изобретение.

Прикладное значение работы: результаты работы будут способствовать улучшению ситуации в сельском хозяйстве в части горячего водоснабжения и, как следствие, обеспечению Цели устойчивого развития 6 ООН, а также будут способствовать достижению намеченных целей в постановление правительства № 102 от 05.02.2013 г. «Об Энергетической стратегии Республики Молдова до 2030 года», касающейся продвижения использования энергии из возобновляемых источников и, следовательно, повышения энергетической безопасности страны.

MANGOS OCTAVIAN

**CONTRIBUȚII LA VALORIFICAREA POTENȚIALULUI ENERGETIC
EOLIAN AL REPUBLICII MOLDOVA**

**SPECIALITATEA: 221.02. „TEHNOLOGII DE CONVERSIE A ENERGIEI
ȘI RESURSE REGENERABILE (ENERGIE EOLIANĂ)”**

Rezumatul tezei de doctor în științe inginerești

Aprobat spre tipar: 19.06.24

Formatul hârtiei 60x84 1/16

Hârtie ofset. Tipar RISO

Tiraj 50 ex.

Coli de tipar: 2,25

Comanda nr. 82

MD-2004, Chișinău, bd. Ștefan cel Mare și Sfânt, 168, UTM
MD-2045, Chișinău, str. Studenților 9/9, Editura „Tehnica-UTM”

© UTM, 2024