

ANALYSIS OF THE ENERGY SECTOR THROUGH THE PRISM OF CIRCULARITY INDICATORS

Cristina UNGUR, PhD,
National Institute for Economic Research, Moldova,
Academy of Economic Studies of Moldova,
<https://orcid.org/0000-0002-6319-2359>, cristinaungur@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.36004/nier.cecg.III.2023.17.21>

***Abstract.** The undoubtable need to implement circular production models requires a correct evaluation of the reliability and results of this implementation. For this, measurable, comparable and relevant indicators are needed that would take into account the multitude of aspects involved in the process. The purpose of this study was to identify and measure the circularity indicators of the energy sector in the Republic of Moldova and to compare these indicators with the average level of the European Union. To achieve the research objectives, the method of grouping indicators under technical, economic, social and environmental aspects was used. At the same time, the statistical data of international organizations (AIEA, OECD, AEE) regarding energy indicators at the global level were used. The research demonstrated that in the Republic of Moldova, the energy sector requires efficiency and a wide implementation of renewable technologies. These objectives can be achieved through investments, effective support mechanisms from the state, promotion of energy consumption reduction and demand management. This study was developed within the State Program 20.80009.0807.22 Development of the mechanism of formation of the circular economy in the Republic of Moldova.*

***Keywords:** circular economy, energy, sustainable energy indicators, renewable energy*

***JEL:** Q20, Q42, Q50*

***UDC:** 338.45:620.9*

Introducere. Astăzi, teoria economiei circulare și implementarea acesteia în economia reală se dezvoltă rapid în lume. Multe organizații internaționale și țări au deja propriile lor programe de dezvoltare și strategii în acest domeniu. Pentru evaluarea corectă a tranziției sectoarelor economice de la modelele lineare de producere spre cele circulare și pentru realizarea unor strategii la nivel național sunt necesari indicatori relevanți și măsurabili.

Alegerea indicatorilor circularității reprezintă o sarcină importantă și dificilă, în același timp, deoarece calitatea acestora are un impact direct asupra evaluării corecte a fiabilității și a rezultatelor implementării circularității.

Problema identificării unor indicatori relevanți ai circularității pe anumite domenii vine din multitudinea de aspecte implicate în proces. Astfel, măsurarea trebuie să cuprindă atât evaluarea stării actuale a mediului, cât și presiunile

rezultate din activitățile umane și politicile guvernamentale menite să stimuleze o economie verde. Fiecare obiectiv individual poate fi reprezentat de mai mulți, sau în unele cazuri de câteva zeci de indicatori.

În cadrul prezentului studiu, interesul de cercetare este orientat spre identificarea indicatorilor circularității în domeniul energiei produse și livrate în Republica Moldova.

Energia este o componentă majoră a economiei, atât ca sector în sine, cât și ca resursă pentru toate celelalte activități economice. Structura aprovizionării cu energie a unei țări și intensitatea utilizării acesteia determină performanța de mediu și sustenabilitatea unei economii.

Recenzia literaturii. Constatăm că, în diverse studii se regăsesc mai mulți indicatori de evaluare durabilă a sectorului energetic. Departamentul Națiunilor Unite pentru Afaceri Economice și Sociale (UNDESA), Oficiul de Statistică al Comunităților Europene (EUROSTAT), Agenția Europeană de Mediu (AEE) și Agenția pentru Energie Atomică (AIEA) au derivat împreună 30 de indicatori care vizează evaluarea durabilității sistemelor energetice prin luarea în considerare a dimensiunilor sociale, economice și de mediu (Vera & Langlois, 2007). Comisia Națiunilor Unite pentru Dezvoltare Durabilă (UNCSD) a dezvoltat 58 de indicatori în domeniul energetic, din lista sa de lucru la nivel mondial de 134 de indicatori (Singh et al., 2009). Neves și Leal (2010) au sugerat stabilirea unui cadru pentru evaluare și planificare în sectorul energetic cu 18 indicatori (Neves & Leal, 2010). Shaaban și Scheffran (2017) au propus un alt cadru pentru alegerea indicatorilor durabili care se aplică rețelei electrice din Egipt și au fost selectați 13 indicatori (Shaaban & Scheffran, 2017).

La nivel regional, există o serie de cercetări în România axate pe dezvoltarea circulară a economiei. Urmare a eforturilor cercetătorilor de comun cu reprezentanții autorităților centrale a fost aprobată Strategia Națională privind Economia Circulară care conține o serie de indicatori de măsurare a circularității. De menționat că în această strategie sectorul energetic nu este prezentat drept un sector aparte. Energia, apa și deșeurile fiind abordate în toate sectoarele, într-o manieră transversală, întrucât cele trei sectoare furnizează fluxuri materiale esențiale pentru toate celelalte sectoare (DDD, 2022).

Există studii orientate spre cuantificarea transformării verzi și în Republica Moldova (EU4Environment, 2021). Experții prezintă un raport național bazat pe setul OECD de indicatori ai creșterii verzi în care sunt oferite informații statistice și analitice privind promovarea creșterii verzi la nivel național.

Cercetări științifice axate pe identificarea indicatorilor de sustenabilitate și metodologia măsurării economiei verzi se regăsesc la Vera și Langlois (2007), Singh et al. (2009). Iar analiza posibilităților de măsurare a sustenabilității energetice a fost detaliat analizată de Neves și Leal încă în anul 2010 și într-un studiu recent al unui grup de cercetători din Marea Britanie, condus de Abdulla Alabbasi și publicat în anul 2022.

Toate studiile menționate demonstrează că cuantificarea gradului de corespundere a economiei criteriilor sustenabilității este o misiune dificilă și complexă. În acest domeniu se orientează mulți cercetători, în special în țările care

încă nu au înregistrat progrese semnificative în vederea tranziției la o economie verde. În continuare, ne-am propus să identificăm și să analizăm, care ar putea fi setul de indicatori ai circularității sectorului energetic din Republica Moldova bazându-ne pe datele statistice oficiale și pe rapoartele organizațiilor internaționale, precum și pe studiile științifice menționate.

Metodologia cercetării. Selectarea indicatorilor de măsurare a circularității în domeniul energiei trebuie să se bazeze pe anumite criterii referitoare la posibilitatea de a obține datele necesare, de a le măsura, compara etc. Principiile de selectare a indicatorilor au fost prezentate la Singh et al. (2009), Wang et al. (2009), Alabbasi et al. (2022), sinteza acestora fiind prezentată în Tabelul 1.

Tabelul 1. Principii de selectare a indicatorilor circularității

Principii de selectare	Descriere
Disponibilitatea datelor	Posibilitatea de a culege date pentru indicatorul selectat
Implicare la scară largă	Implicarea largă în procesul de selecție minimizează subiectivitatea și părtinirile umane
Relevanță	Adecvarea indicatorilor aleși pentru a servi scopului studiului într-o manieră spațială și temporală
Simplitate	Claritatea indicatorilor și ușurința aplicațiilor practice
Independență	Indicatorii aleși nu trebuie să includă nicio relație la același nivel și ar trebui să măsoare performanța din perspective diferite
Măsurabilitate	Indicatorii trebuie să fie măsurabili în termeni cantitativi sau calitativi
Sensibilitate	Capacitatea indicatorilor de a permite analiza tendințelor
Comparabilitatea	Indicatorii ar trebui să fie comparabili între ei
Consecvență	Fiecare indicator trebuie să se completeze unul pe celălalt
Fiabilitate	Capacitatea de a reflecta atât performanța pozitivă, cât și cea negativă

Sursa: adaptat după Singh et al. (2009), Wang et al. (2009), Alabbasi et al. (2022)

Principalele rezultate. Bazându-ne pe criteriile expuse în Tabelul 1, dar și pe cercetările menționate, am identificat următorii indicatori de măsurare a circularității energetice valabili și pentru proiectele energetice din Republica Moldova.

Tabelul 2. Indicatori de măsurare a circularității în domeniul energetic

Tehnici	Economici	Sociali	De mediu
Timp de desfășurare	Costul capitalului	Crearea locurilor de muncă	Respectarea condițiilor locale
Eficiență	Costul de operare și întreținere	Beneficii sociale	Cerințe față de teren
Fiabilitate	Costul energiei electrice	Acceptarea socială	Impactul asupra nivelului de emisii
Disponibilitatea resurselor	Contribuția economică		
Maturitate	Randamentul investițiilor		

Sursa: adaptat după Alabbasi A, Sadhukhan J, Leach M, Sanduk M. Sustainable Indicators for Integrating Renewable Energy in Bahrain's Power Generation. Sustainability. 2022; 14(11):6535. <https://doi.org/10.3390/su14116535>

Descrierea indicatorilor tehnici: *Eficiența:* cantitatea utilă de energie care poate fi captată dintr-o sursă de energie.

Fiabilitatea: capacitatea sistemului electric de a funcționa conform intenției fără întrerupere. Teoretic, fiabilitatea ar putea fi definită ca frecvența sau probabilitatea defecțiunilor, care depind de mai mulți factori, cum ar fi echipamentul și calitatea întreținerii.

Disponibilitatea resurselor: se referă la măsurarea producției reale de energie a fiecărei resurse regenerabile pe metru pătrat timp de un an. Este un indicator care reflectă capacitățile instalate (raportul dintre puterea electrică produsă de o unitate generatoare într-un anumit timp) și potențialul de resurse existent. De asemenea, la acest indicator ar fi oportun de luat în considerare și potențialul de resurse umane și anume a experților care știu a lucra cu asemenea tehnologii.

Maturitate: maturitatea tehnologică indică faptul că tehnologia este testată și apoi pusă la dispoziție comercial și internațional.

Descrierea indicatorilor economici: *Costul de capital:* Acest indicator este esențial în etapa de planificare, deoarece arată lichiditatea necesară pentru finanțarea investițiilor în proiecte de energie regenerabilă. Costul capitalului include toate costurile tehnologiei energiei regenerabile înainte de a fi conectată la rețea.

Costul de operare și întreținere: constă din costurile de funcționare ale centralei, costurile de întreținere a rețelei electrice și salariile angajaților.

Costul energiei electrice: toate costurile de înființare, operare și întreținere a centralei electrice pe durata de viață. Aceste costuri depind de tipul de tehnologie, eficiența și producția anuală.

Contribuția economică ca indicator are mai mult sens decât simpla creare de locuri de muncă, de exemplu, dezvoltarea investițiilor și îmbunătățirea

domeniilor industriale. Măsoară în ce măsură economia națională ar putea beneficia de fiecare tehnologie regenerabilă.

Randamentul investițiilor reflectă rentabilitatea proiectelor energetice și se exprimă prin cantitatea de bani dobândită sau pierdută, comparativ cu suma investită inițial.

Descrierea indicatorilor sociali: *Crearea locurilor de muncă.* Aparent acest indicator ar putea fi evaluat parțial în cadrul indicatorului ”contribuția economică”, însă citarea lui în sursele științifice îi oferă o poziție aparte. Există trei tipuri de creare de locuri de muncă asociate cu generarea de energie. Prima este crearea directă de locuri de muncă, reprezentând locuri de muncă nou create pentru fabricarea, construcția, operarea și întreținerea noii centrale electrice. Locurile de muncă indirecte reprezintă al doilea tip de creare de locuri de muncă, acoperind locurile de muncă asociate cu achiziționarea de echipamente, construcții și servicii de la terți. Ultimul tip acoperă locurile de muncă induse, care sunt create ca urmare a îmbunătățirii economiei locale și a expansiunii investițiilor (Kenley et al. 2009).

Beneficii sociale: măsoară progresul social al societății și influența acesteia asupra educației, științei și culturii. Beneficiile sociale sunt de obicei evaluate calitativ, deoarece nu pot fi evaluate în termeni absoluți.

Acceptarea socială arată disponibilitatea comunității de a se adapta la energia regenerabilă. Indicatorul măsoară dorința clienților de a-și schimba obiceiurile de consum pentru a fi mai în concordanță cu caracteristicile energiei regenerabile.

Descrierea indicatorilor de mediu: *Respectarea condițiilor locale:* măsoară adecvarea tehnologiei regenerabile la ecosistemele țării. Indicatorul evaluează impactul fiecărei centrale electrice asupra mediului și modul în care acesta se potrivește condițiilor locale de mediu.

Cerințe față de teren: urmărește determinarea terenului potrivit pentru instalarea centralei electrice luând în considerare impactul asupra activităților umane și asupra mediului.

Impact asupra nivelului de emisii: cel mai des utilizat indicator la evaluarea sustenabilității energiei. Indicatorul urmărește să evalueze nivelul emisiilor pe ciclul de viață din fiecare instalație de energie regenerabilă, exprimat în emisie echivalentă de CO₂ per unitate de energie produsă (g CO₂eq/kWh).

Pentru asigurarea unei tranziții spre o economie circulară, sunt necesare politici de promovare a unei dezvoltări ”verzi”. În acest sens sunt necesari indicatori care să crească gradul de conștientizare, să măsoare progresul și să identifice oportunitățile și riscurile potențiale. Un set de astfel de indicatori a fost elaborat de OECD în raportul Green Growth Indicators din 2014 (OECD, 2014) și reexaminat în Raportul din anul 2017 (OECD, 2017).

Conform studiului OECD, progresul către creșterea verde poate fi evaluat, inclusiv, în funcție de productivitatea energetică a economiei și de obiectivele interne privind intensitatea energetică, obiectivele de eficiență energetică sau ponderea energiei regenerabile în furnizarea de energie.

Indicatorii de evaluare a progresului circularizării energetice:

1) *Productivitatea energetică a economiei/ Intensitatea energetică*, exprimată ca PIB în prețuri constante pe unitatea de furnizare totală de energie primară (TPES-total primary energy supply).

Productivitatea energetică măsoară cât de mult beneficiul economic provine din utilizarea energiei primare. Conform Eurostat (Eurostat, 2023), indicatorul face parte din setul de indicatori Obiectivele de dezvoltare durabilă (ODD) al UE. Acesta este utilizat pentru a monitoriza progresul către ODD 7 privind energie curată și accesibilă și ODD 12, privind asigurarea modelelor de consum și producție durabile; care sunt încorporate în prioritățile Comisiei Europene în cadrul „Acordului verde european”. Definiția Eurostat spune că *productivitatea energetică* este indicatorul care măsoară cantitatea de producție economică care este produsă pe unitatea de energie brută disponibilă. Energia disponibilă brută reprezintă cantitatea de produse energetice necesară pentru a satisface întreaga cerere a entităților din aria geografică luată în considerare.

Indicatorul ”Productivitatea energetică” poate fi considerat similar cu indicatorul global ODD 7.3.1 „Intensitatea energetică măsurată în termeni de energie primară și PIB”. Intensitatea energetică este definită ca cantitate de energie utilizată pentru a produce un anumit nivel de producție sau activitate. Utilizarea a mai puțină energie pentru a produce un produs sau a furniza un serviciu are ca rezultat o intensitate energetică redusă. Intensitatea energetică este raportul dintre consumul intern brut de energie (GIEC) și produsul intern brut (PIB), calculat pentru un an calendaristic.

2) *Ponderea surselor regenerabile în TPES și în generarea de energie electrică*. Principalele forme regenerabile sunt energia hidro, geotermală, eoliană, biomasă, deșeurile și energia solară.

Suplimentar la acești indicatori se propun a fi calculați și:

- mixul energetic global, adică structura aprovizionării cu energie pe sursă primară;
- consumul final de energie pe sector;
- productivitatea CO₂;
- cercetarea și dezvoltarea în domeniul energiei;
- prețurile și taxele la energie.

Totuși, productivitatea energetică nu ar trebui utilizată pentru a evalua cât de eficientă este utilizarea energiei într-o țară. Eficiența fiind doar un factor care contribuie la productivitate. Iar productivitatea energetică depinde de structura economiei (prezența unor industrii mari consumatoare de energie), de exemplu, dimensiunea țării (influențând cererea din sectorul transporturilor), climatul (care afectează cererea de încălzire sau răcire) și externalizarea bunurilor produse de industriile consumatoare de energie. Din aceste considerente devine complicată asigurarea comparabilității indicatorilor între țări.

La nivel global acești indicatori au următoarele valori (Tabelul 3)

Tabelul 3. Indicatori energetici la nivel global

Indicatorii /Anii	Productivitatea energetică, USD	Ponderea resurselor regenerabile în energia furnizată, %
2011	7 555,67	12,06
2012	7 709,97	12,37
2013	7 844,35	12,65
2014	8 001,66	12,75
2015	8 253,29	12,92
2016	8 439,62	13,19
2017	8 567,11	13,35
2018	8 651,64	13,53
2019	8 790,04	13,80
2020	8 849,96	14,71

Sursa: https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=GREEN_GROWTH&lang=en#

Pentru a asigura o evaluare cantitativă a sectorului energetic și pentru a monitoriza progresul ecologizării unei țări, **OECD propune următorii indicatori de cuantificare a sustenabilității energetice:**

Consumul final total de energie pe sector.

Agricultura include silvicultura și pescuitul; Serviciile includ servicii rezidențiale și comerciale și publice; Altele includ consumul non-energetic și nespecificat (altele); Industria include producția, minerit și exploatarea în cariere și construcții, dar nu include energia utilizată pentru transport; Transportul acoperă toată activitatea de transport (în motoare mobile), indiferent de sectorul economic la care contribuie.

Ponderea surselor de energie regenerabilă în TPES și în generarea de energie electrică.

Energiile regenerabile includ energia hidro, geotermală, solară, eoliană și maree/valuri/oceană, precum și surse regenerabile combustibile și deșeuri.

În Republica Moldova. Republica Moldova nu dispune de resurse energetice primare semnificative, cum ar fi cărbunele și petrolul, iar potențialul său de SER nu este pe deplin valorificat. Aproximativ 77% din resursele de energie primară sunt importate, până în anul 2023 preponderent din Federația Rusă, care livrează gaz natural țării noastre. Din gazul natural importat se produce energie electrică și termică pentru acoperirea cererii interne. Produsele petroliere sunt de asemenea importate, nu există o infrastructură de depozitare a petrolului și capacități de stocare a gazelor. Toate acestea denotă un grad mare de vulnerabilitate energetică a Republicii Moldova, care poate fi redus, inclusiv prin utilizarea SER.

Pentru a asigura o evaluare cantitativă a sectorului energetic din Republica Moldova și pentru a cuantifica progresul în domeniul transformării verzi a acestui sector, vom utiliza indicatorii acceptați la nivel mondial.

Conform datelor statistice ale OECD, *productivitatea energetică* a Republicii Moldova a înregistrat o creștere cu 40% în anul 2020, comparativ cu anul 1991. Valoarea maximă a acestui indicator a fost stabilită în anul pre-pandemic, 2019, fiind de 7756,64. În pofida acestui progres nivelul productivității energetice din Republica Moldova rămâne scăzut comparativ cu alte state europene, dar și comparativ cu valoarea acestui indicator la nivel global.

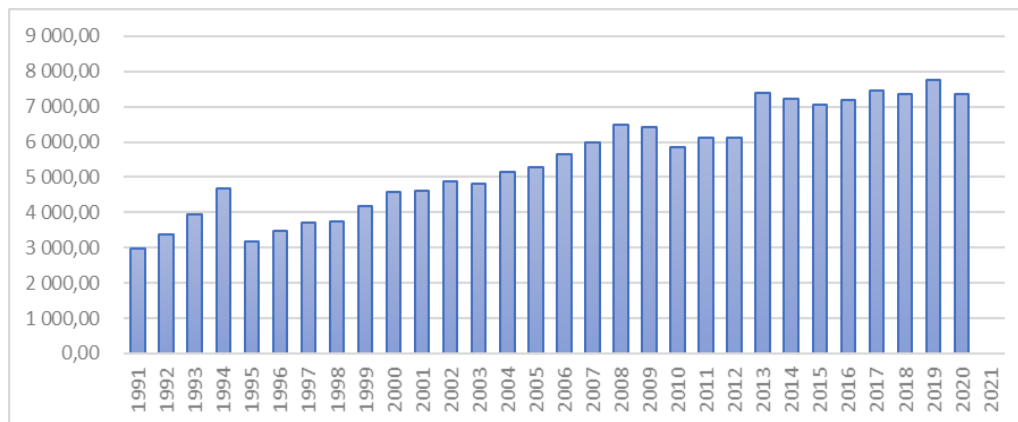


Figura 1. Productivitatea energetică în Republica Moldova

Sursa: https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=GREEN_GROWTH&lang=en#

Ponderea energiei din surse regenerabile în consumul final brut de energie în Republica Moldova se încadrează în diapazonul de 21-28% în ultimii 12 ani.

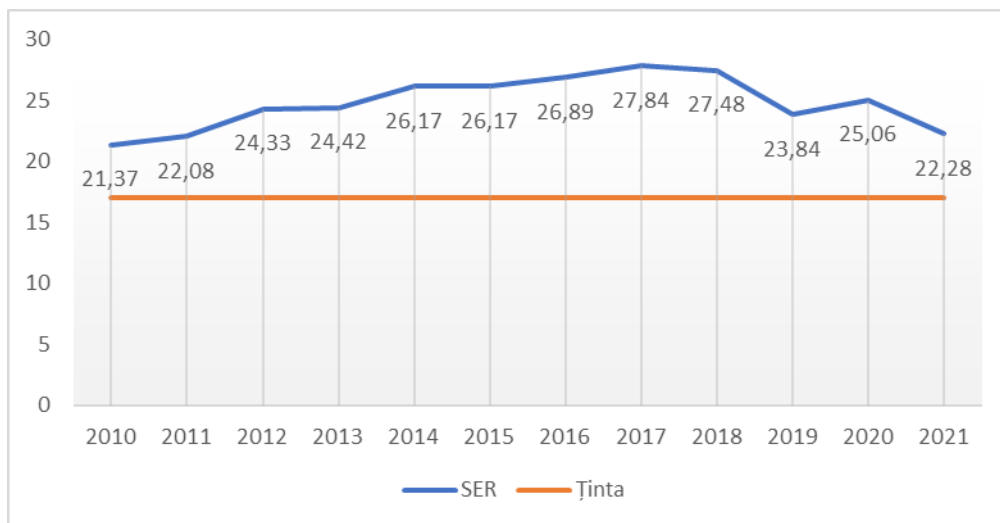


Figura 2. Ponderea SER în consumul final brut de energie, %

Sursa: Agenția pentru Eficiență Energetică, <https://www.aee.md/ro/page/surse-de-energie-regenerabila>

În cea mai mare parte energia din surse regenerabile este folosită pentru încălzire și răcire (37%), iar cel mai puțin aceste resurse asigură alimentarea cu

energie a transporturilor (0,02%). Pentru producerea energiei electrice se folosesc puțin peste 3% surse regenerabile.

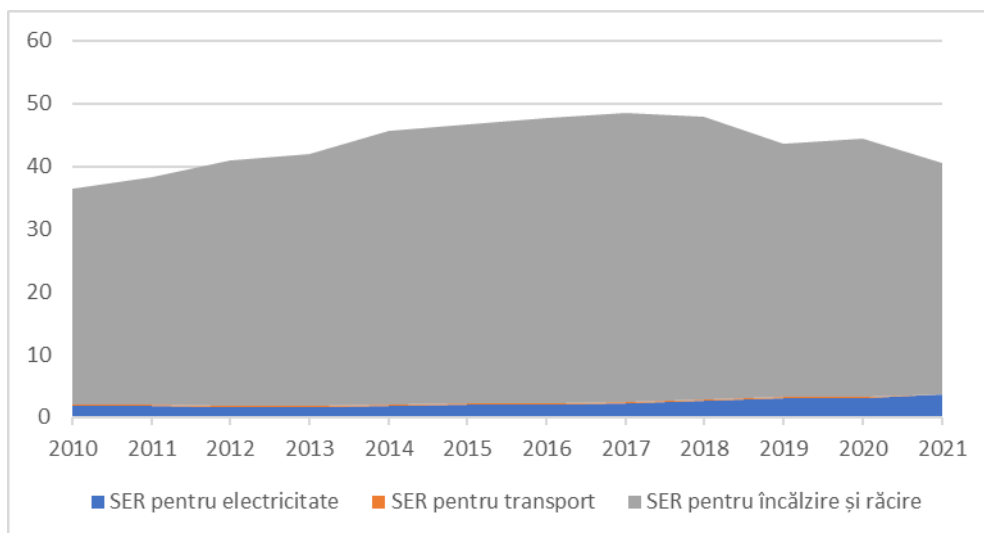


Figura 3. Ponderea SER pe sectoare, %

Sursa: elaborat de autor în baza datelor AEE

Cel mai mare potențial de producere a energiei din surse regenerabile în Republica Moldova vine din instalațiile eoliene, urmate de cele fotovoltaice. Conform statisticii AEE pentru anul 2022, aproximativ 56% din energia SER produsă în țara noastră se datorează vântului (Vezi Fig. 4).

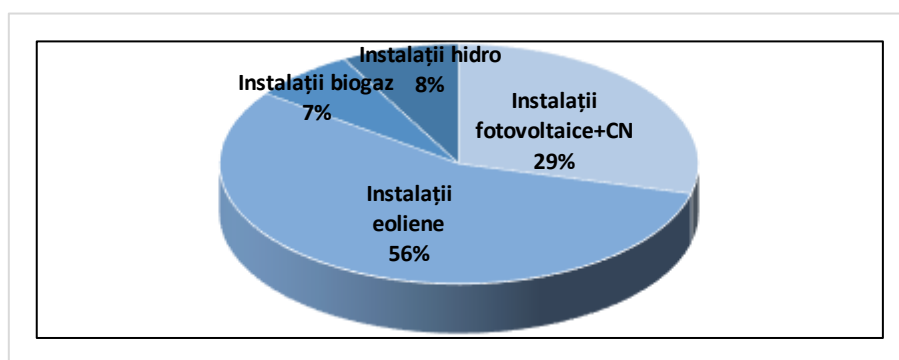


Figura 4. Portofoliul SER în Republica Moldova, după sursă

Sursa: <https://www.aee.md/ro/page/surse-de-energie-regenerabila>

**Tabelul 4. Indicatori cheie ai sectorului energetic
din Republica Moldova, anul 2021**

Indicator	Unitate de măsură	Valoarea indicatorului
Consumul intern brut al produselor energetice	mii tone echivalent petrol	3115
Consumul final al produselor energetice	mii tone echivalent petrol	2924
Producerea energiei electrice	mil. kWh	1131

Sursa: Biroul Național de Statistică

Vulnerabilitatea energetică a țării și indicatorii scazuți de eficiență energetică sunt unele dintre principalele preocupări ale guvernanților. În scopul îmbunătățirii situației din sectorul energetic, la 17 februarie 2023 a fost instituit un nou minister – Ministerul Energiei al Republicii Moldova. În responsabilitatea ministerului nou-format, pe lângă altele, este oferirea soluțiilor eficiente în asigurarea tranziției verzi și a digitalizării sectorului energetic prin promovarea producției de energie electrică din surse regenerabile. Acest fapt denotă clar că vectorul de dezvoltare energetică a țării este unul sustenabil, orientat spre surse regenerabile de energie.

Discuții și concluzii. Principala provocare în perioada actuală ține de găsirea soluțiilor pentru a asigura creșterea economică fără a spori consumul de energie și emisii aferente. Aceasta poate fi realizat prin:

- 1) îmbunătățiri ale eficienței energetice;
- 2) dezvoltarea și utilizarea combustibililor mai curați;
- 3) promovarea utilizării surselor de energie regenerabilă;
- 4) utilizarea instrumentelor tehnologice și economice pentru dezvoltarea sistemelor energetice sustenabile.

Alegerea indicatorilor în măsurarea unei economii circulare este cheie pentru evaluarea implementării sale practice.

La nivel internațional este recunoscut că pentru o țară principalul indicator al eficienței energetice este intensitatea energetică sau consumul brut de energie pe unitate de produs intern brut. În Republica Moldova acest indicator este de 3,4 ori mai mare decât media Uniunii Europene (AEE, 2022), ceea ce indică existența unor probleme în domeniu energetic care necesită eficientizare.

Pentru valorificarea energiei regenerabile sunt necesare măsuri de sporire a investițiilor printre care ar fi stabilirea unor mecanisme de sprijin eficiente și facilitarea procedurilor de autorizare pentru noile instalații de energie regenerabilă. Totodată, promovarea reducerii consumului de energie și o mai mare eficiență energetică pot fi obținute prin introducerea tehnologiilor moderne și a unor măsuri de gestionare a cererii. Iar în acest context, devine tot mai importantă consolidarea capacității științifice a țării pentru a inova și a asimila tehnologii moderne astfel încât Republica Moldova să își atingă obiectivele energetice pe termen lung.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- AEE. (2022). *Raportul de activitate al Agenției pentru Eficiență Energetică privind îndeplinirea obiectivelor de EE și SER stabilite în PNAEE 2019-2021*. <https://www.aee.md/ro/page/surse-de-energie-regenerabila>
- Alabbasi, A., Sadhukhan, J., Leach, M. & Sanduk, M. (2022). Sustainable Indicators for Integrating Renewable Energy in Bahrain's Power Generation. *Sustainability*, 14(11), 6535. <https://doi.org/10.3390/su14116535>
- Departamentul de Dezvoltare Durabilă (DDD). (2022). <https://dezvoltaredurabila.gov.ro/strategia-nationala-privind-economia-circulara-13409762>
- EU4Environment. (2021). *Spre o transformare verde a Republicii. Moldova: Analiza situației din 2021*. <https://euneighbourseast.eu/wp-content/uploads/2022/02/report-green-growth-indicators-republic-moldova-2021-rom.pdf>
- Eurostat. (2023). *Energy productivity*. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_07_30/default/table?lang=en
- Eurostat. (2023). *Energy productivity (sdg_07_30)*. https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/sdg_07_30_esmsip2.htm
- Kenley, C., Klingler, R., Plowman, C., Soto, R., Turk, R., Baker, R., Close, S., McDonnell, V., Paul, S., Rabideau, L., Rao, S. & Reillu, B. (2009). Job creation due to nuclear power resurgence in the United States. *Energy Policy*, 37, 4894-4900.
- Neves, A. R. & Leal, V. (2010). Energy sustainability indicators for local energy planning: Review of current practices and derivation of a new framework. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 14, 2723-2735.
- OECD. (2014). *Green Growth Indicators 2014*. OECD Green Growth Studies, OECD Publishing.
- OECD. (2017). *Green Growth Indicators 2017*. <https://www.oecd.org/greengrowth/green-growth-indicators/>
- OECD Stat. (2023). *Green Growth Indicators*. https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=GREEN_GROWTH&lang=en#
- Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K. & Dikshit, A. K. (2009) An Overview of Sustainability Assessment Methodologies. *Ecol. Indic.*, 9, 189-212.
- Shaaban, M. & Scheffran, J. (2017). Selection of sustainable development indicators for the assessment of electricity production in Egypt. *Sustain. Energy Technol. Assess*, 22, 65-73.
- Vera, I. & Langlois, L. (2007). Energy indicators for sustainable development. *Energy*, 32, 875-882.