



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



PROIECTUL SECURITATEA ENERGETICĂ A MOLDOVEI (MESA) ZONELE DE ENERGIE REGENERABILĂ ALE MOLDOVEI

CONTRACT NR. I54-MESA-2027-I185245
ORDIN DE LUCRU I54-MESA-2027-I185245

25 octombrie 2023

CUPRINS

LISTA FIGURILOR	IV
LISTA TABELELOR	V
ABREVIERI	VI
SUMAR EXECUTIV	I
ABORDARE	I
REZULTATE: TOP 5 ZONE EOLIENE	2
RECOMANDĂRI ȘI ETAPELE URMĂTOARE	4
CONTEXT	6
METODOLOGIA DE DEFINIRE ȘI CLASIFICARE A ZONELOR DE ENERGIE EOLIANĂ (ZEO)	7
IPOTEZE	11
ETAPA 1: IDENTIFICAREA A 34 ZEO PENTRU MOLDOVA	13
ETAPA 2: TOP 11 ZEO PENTRU MOLDOVA	17
CĂILE DE MIGRAȚIE A PĂSĂRILOR	17
UTILIZAREA ȘI DESTINAȚIA TERENURILOR (LULC)	19
INTERFERENȚE RADAR	21
OBSTRUCȚIONAREA SPAȚIULUI AERIAN AL AVIAȚIEI	23
SUPRAPUNEREA CU TIPUL DE SOL BOGAT	24
DISTANȚA DINTRE ZONELE EOLIENE ȘI CEL MAI APROPIAT DRUM PRINCIPAL	25
PRINCIPALELE ZONE DE ENERGIE EOLIANĂ DUPĂ CONSIDERAȚIILE ADIȚIONALE	26
ALOCAREA CAPACITĂȚII EOLIENE PENTRU 2030 ȘI 2050 ÎN TOP UNSPREZECE ZONE EOLIENE	29
SCENARIUL 1: DEZVOLTARE TEMPERATĂ A ENERGIEI REGENERABILE	29
SCENARIUL 2: DEZVOLTARE OPTIMISTĂ A SURSELOR REGENERABILE	30
ALOCAREA CAPACITĂȚILOR EOLIENE ZONELOR EOLIENE	30
ETAPA 3: TOP 5 ZEO PENTRU MOLDOVA	32
EXAMINAREA ÎN TEREN A ZONELOR EOLIENE INCLUSE ÎN TOP 11	32
CONSOLIDAREA TOP 11 ZEO	35
REZULTATUL CONSOLIDĂRII	37
ALOCAREA CAPACITĂȚII EOLIENE PENTRU 2030 ȘI 2050 ÎN TOP 5 ZEO	38
CONCLUZII	40
RECOMANDĂRI PENTRU ETAPELE URMĂTOARE	43
ÎMBUNĂTĂȚIREA STUDIULUI ACTUAL PRIVIND ZONELE EOLIENE	43
FOAIE DE PARCURS PENTRU DEZVOLTAREA ȘI PROMOVAREA ZONELOR DE ENERGIE EOLIANĂ	43
ANEXE	47
GRUPUL TEHNIC PENTRU PROIECTUL PRIVIND ZONELE DE ENERGIE EOLIANĂ	47
ARI PROTEJATE	48
SITURILE EMERALD ȘI ARIILE IMPORTANTE DE BIODIVERSITATE DIN MOLDOVA	49
UTILIZAREA ȘI DESTINAȚIA TERENURILOR	50
REȚEAUA RUTIERĂ	51
NODURI/SUBSTAȚII DE TRANSMISIE	52
ALTITUDINE ȘI PANTĂ	53

CAPACITĂȚILE DE INECȚIE LA NODURILE DE TRANSMISIE A REȚELEI DE TRANSPORT	55
PROPRIETĂȚILE ZONELOR EOLIENE CU CAPACITATE DE INECȚIE LIMITATĂ	57
VIZITAREA SITULUI	59

LISTA FIGURILOR

Figura 1 Abordarea multicriterială pentru definirea zonelor de energie eoliană.....	7
Figura 2 Cele 34 de zone eoliene cu cea mai mare resursă eoliană (FC), pantă ≤ 17 grade și fără suprapunere cu zone sensibile din punct de vedere ecologic.....	14
Figura 3 Principalele căi ale păsărilor migratoare.....	18
Figura 4 Suprapunerea zonelor eoliene identificate cu zonele tampon de-a lungul principalelor căi ale păsărilor migratoare. Este evidențiată suprapunerea zonei tampon cu ZEO Rublenița și Parcani.	19
Figura 5 Excluderea pădurilor și a zonelor construite pe baza datelor ESRI. Ariile ZEO Horodiște și Bursuc se reduc semnificativ și sunt evidențiate în hartă.....	21
Figura 6 Zona de vizibilitate directă a radarului (unghi de scanare radar de 0°), care indică posibile interferențe ale turbinelor eoliene cu radarul.....	22
Figura 7 Zona de vizibilitate directă a radarului (unghiul de scanare radar de la 1°), care indică posibile interferențe ale turbinelor eoliene cu radarul.....	23
Figura 8 Suprapunerea zonei tampon a spațiului aerian pentru aviație (15 km) cu zonele eoliene identificate.	24
Figura 9 Suprapunerea stratului de sol cu zonele de energie eoliană superioare.....	25
Figura 10 Top unsprezece Zone Eoliene	27
Figura 11 Locațiile (ace galbene) ale vizitelor siturilor în cele top 11 zone.....	33
Figura 12 ZEO situate în apropiere unele de altele sunt consolidate, după cum indică cercurile albastre.....	35
Figura 13 Top cinci ZEO din Moldova.....	38
Figura 14 Ariile protejate din Moldova, Sursa: WDPA.....	48
Figura 15 Situri Emerald și zone-cheie pentru biodiversitate în Moldova.....	49
Figura 16 Utilizarea și acoperirea terenurilor în Moldova, Sursa: ESRI	50
Figura 17 Rețeaua de drumuri în Moldova, Sursa: ESRI.....	51
Figura 18 Localizarea substațiilor în Moldova, Sursa: Moldelectrica	52
Figura 19 Harta de elevație a Moldovei, Sursa: SRTM.....	53
Figura 20 Harta pantei în Moldova, calculată în QGIS folosind sursa de date SRTM.....	54
Figura 21 Imagini de la vizitarea sitului în zonele eoliene din nord-estul Moldovei.....	59

LISTA TABELELOR

Tabelul 1 Parametrii LCOE specifici fiecărei țări. Sursa: ANRE	11
Tabelul 2 Detalii privind Zonele de Energie Eoliană identificate, sortate pe baza eLCOE.	15
Tabelul 3 Procentul de suprapunere a terenurilor cultivate, a pădurilor și a zonelor construite pentru toate zonele de energie eoliană identificate.	19
Tabelul 4 Lista aeroporturilor cu locații în Moldova.....	24
Tabelul 5 Proprietățile celor top unsprezece Zone de Energie Eoliană.....	28
Tabelul 6 Proiecțiile capacității eoliene pentru 2030 și 2050.....	29
Tabelul 7 Alocarea capacităților eoliene în MW în topul zonelor eoliene.	31
Tabelul 8 Localizarea vizitelor siturilor	32
Tabelul 9 Consolidarea top 11 în 8 zone.....	36
Tabelul 10 Top 5 ZEO	37
Tabelul 11 Alocarea capacităților eoliene pentru 2030 și 2050 pentru top 5 ZEO	38
Tabelul 12 Top cinci zone de energie eoliană.....	41
Tabelul 13 Calendarul la nivel înalt pentru etapele următoare.....	45
Tabelul 14 Membrii grupului tehnic de lucru pentru proiectul Zonele de Energie Eoliană din Moldova.	47
Tabelul 15 Capacități de injecție la substații.	55
Tabelul 16 Clasamentul celor 34 de zone eoliene atunci când capacitatea de injecție la substații este constrânsă de autorizațiile ER existente care au fost emise.	57

ABREVIERI

PAE	Producția anuală de energie
ANRE	Agencia Națională pentru Reglementare în Energetică
ARFC	Agencia Relații Funciare și Cadastru
CAPEX	Cheltuieli de capital
FC	Factor de capacitate
DEM	Model digital de elevație
eLCOE	Costul nivelat extins al energiei
ESIA	Evaluarea impactului social și asupra mediului
ESRI	Institutul de Cercetare Sistemică de Mediu
CI	Capacitatea de injecție
KBA	Zone cheie pentru păsări și biodiversitate
LCOE	Costul echilibrat al energiei
ME	Ministerul Energiei al Republicii Moldova
MESA	Activitatea de securitate energetică a Moldovei
OPEX	Cheltuieli operaționale
RE	Energie regenerabilă
ZER	Zone de energie regenerabilă
ROE	Rentabilitatea capitalului propriu
TAIC	Capacitatea totală disponibilă a rețelei electrice de transport
TIC	Cost total al instalației
USAID	Agencia Statelor Unite pentru Dezvoltare Internațională
VRE	Energie regenerabilă variabilă
WDPA	Baza de date mondială privind zonele protejate
ZEO	Zone de Energie Eoliană
WPD	Densitatea puterii eoliene
WPP	Potențial de energie eoliană

SUMAR EXECUTIV

Obiectivul Zonelor de Energie Eoliană (ZEO) este de a identifica zonele geografice ca „zone prioritare” pentru dezvoltarea energiei eoliene, care ar conduce la cele mai mici costuri atât pentru achiziția de energie eoliană, cât și pentru integrarea surselor regenerabile de energie în rețea. Zonele eoliene sunt definite folosind o abordare utilizată la identificarea zonele de energie regenerabilă (RE). Zonele de RE sunt, în esență, zone bogate în resurse, preselectate de o autoritate competentă, cu autorizații pre aprobate, precum și cu o rețea și o infrastructură logistică planificată pentru a sprijini unul sau mai multe proiecte de energie regenerabilă în zonă. Abordarea zonelor de RE pentru dezvoltarea proiectelor de RE a devenit o bună practică pentru atragerea investitorilor și accelerarea dezvoltării RE prin reducerea riscurilor proiectelor și minimizarea costurilor de generare a energiei și de integrare a acestora în rețea, asigurând în același timp un impact pozitiv asupra bunăstării sociale a țării.

ABORDARE

Pentru a identifica și caracteriza ZEO din Moldova, a fost utilizată o metodologie multicriterială și etapizată, a se vedea **Error! Reference source not found.**. Prezentul raport se concentrează pe rezultatele Etapelor 1, 2 și 3A. Criteriile utilizate pentru definirea zonelor au fost densitatea resurselor naturale, distanța față de centrele de sarcină, distanța față de cel mai apropiat nod al rețelei electrice de transport, distanța față de nodul logistic, terenul, modul de utilizare a terenurilor, zonele sensibile din punct de vedere al mediului, rutele păsărilor migratoare, interferențele radar, precum și influența asupra spațiului aerian destinat aviației.

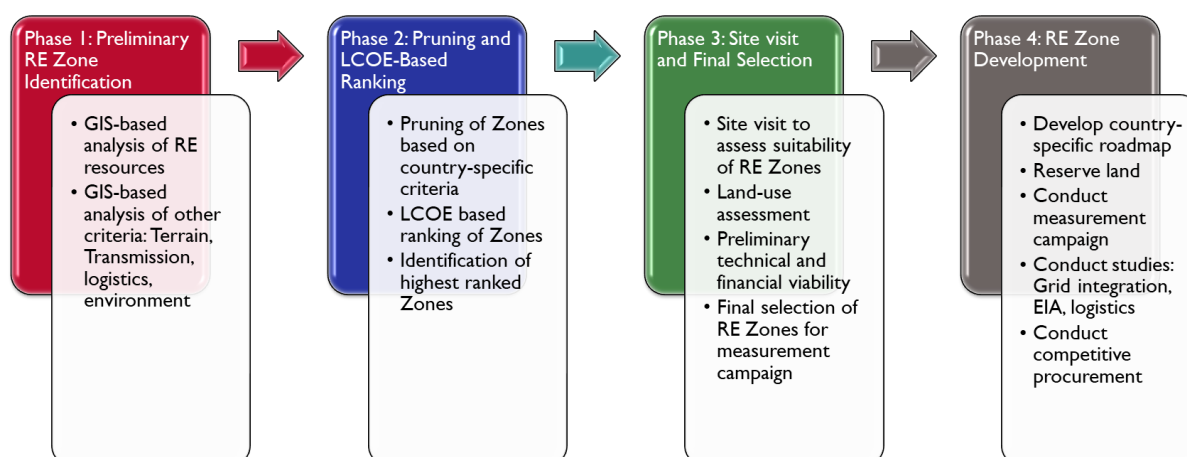


Figura ES-I Metodologie multicriterială și etapizată pentru definirea zonelor de energie eoliană.

Obiectivul principal al Etapei 1 a fost de a instrui grupul tehnic format din reprezentanții părților interesate, focusat pe validarea metodologiei și instrumentelor ce urmează a fi utilizate pentru realizarea unui studiu analitic privind dezvoltarea ZEO. Etapa 1 a dus la identificarea și clasificarea a 34 de ZEO în Moldova. Deoarece datele oficiale nu au fost disponibile în această fază a realizării studiului, rezultatele Etapei 1 se bazează în principal pe datele disponibile publicului.

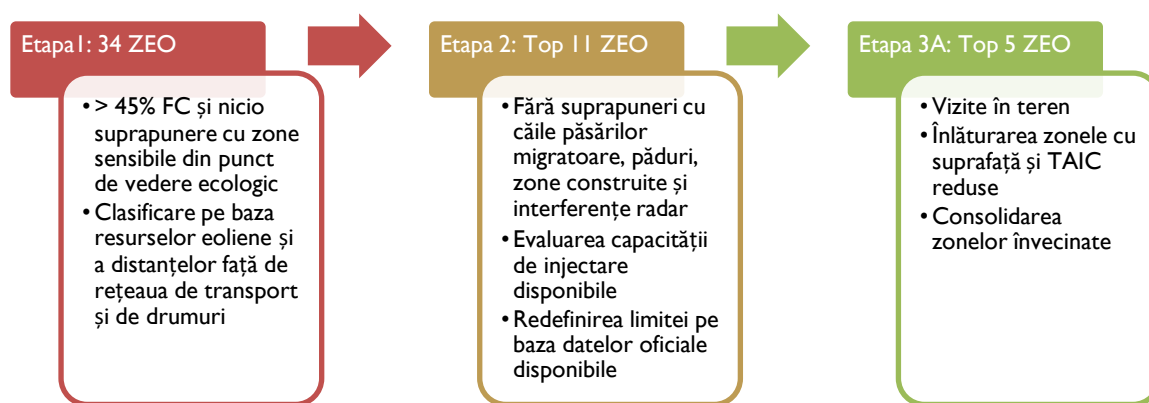
În Etapa 2, zonele eoliene identificate au fost actualizate și restrânse folosind criterii și restricțiile normative specifice fiecărei țări și date oficiale, ceea ce a dus la identificarea a 11 zone. Zonele eoliene au fost clasificate folosind costul nivelat îmbunătățit al energiei (eLCOE), fiind calculat folosind un model financiar care încorporează atributele zonelor eoliene identificate. În plus, pentru identificarea celor mai bune zone eoliene, în Etapa 2, au fost calculate capacitățile eoliene din aceste zone raportat la obiectivele de generare a energiei electrice regenerabile în Moldova pentru două scenarii: a)

scenariul conservativ de dezvoltare a energiei eoliene - 30% și 50% din energie consumată să fie acoperit din producția eoliană până în 2030 și 2050 și b) scenariul optimist de dezvoltare a energiei eoliene - 600 MW și 3 000 MW de capacitate eoliană nouă până în 2030 și 2050. Țintele privind generarea energiei electrice din surse eoliană în scenariului conservativ (2030 și 2050) și scenariului optimist (numai 2030) pot fi atinse utilizând capacitățile de transport disponibile în stațiile electrice din vecinătatea zonelor eoliene incluse în top II. Cu toate acestea, pentru atingerea Țintelor privind generarea energiei electrice din surse regenerabile pentru 2050 din scenariul optimist, ar fi necesare este necesară utilizarea mai multor zone eoliene suplimentare, precum și modernizarea majoră a rețelei electrice de transport.

În etapa inițială a Etapei 3, au fost efectuate vizite în teren în toate cele unsprezece zone pentru a valida rezultatele studiului analitic și pentru a reflecta mai bine condițiile de pe teren legate de utilizarea terenurilor, vegetație, relief, etc.. Concluziile vizitelor în teren efectuate în octombrie 2023 sunt următoarele:

- Zonele eoliene incluse în top II au resurse eoliene bune. În patru din cele unsprezece zone au fost identificate treisprezece instalații de turbine eoliene (cu o capacitate totală mai mică de 20 MW), iar în celelalte zone nu a existat niciuna.
- Majoritatea terenurilor din aceste zone sunt utilizate în scopuri agricole, dar centralele eoliene din aceste zone pot fi amenajate astfel încât să reducă la minimum impactul asupra terenurilor agricole.
- În timpul vizitei în teren nu au fost identificate careva probleme legate de potențialul impactul asupra mediului.

În Etapa 3 zonele eoliene incluse în Top II au fost reduse până la top 5 zone prin înlăturarea câtorva zone cu o suprafață și o capacitate totală a sistemului de transport disponibilă (TAIC) mai mică, și prin consolidarea zonelor rămase pe regiuni ale Moldovei. Evoluția ZEO în cele trei etape este prezentată în Figura ES-2.



FC: factor de capacitate, TAIC: Capacitate totală a sistemului de transport disponibilă

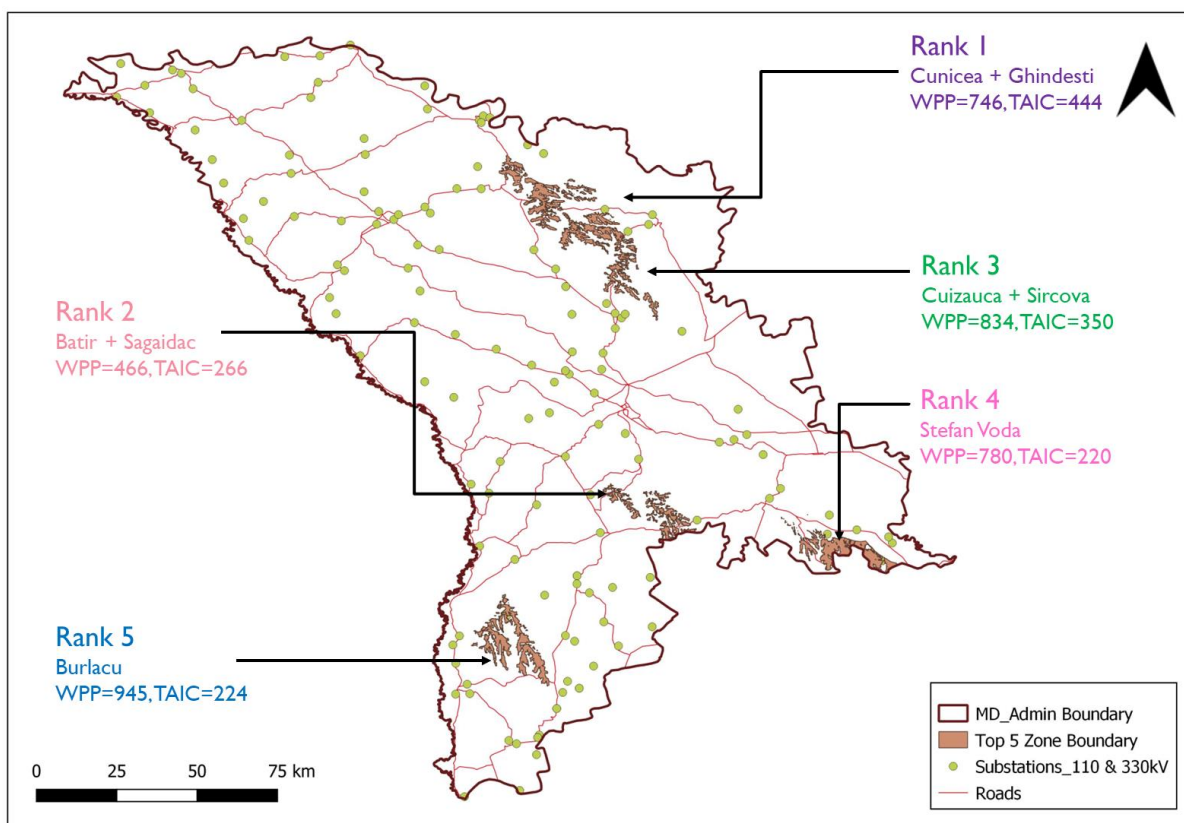
Figura ES-2 Progresia zonelor eoliene în cele trei faze.

REZULTATE: TOP 5 ZONE EOLIENE

Rezultatele Etapei 3 sunt prezentate în Tabelul ES-I și în Figura ES-3. Top cinci zone eoliene au un potențial total de energie eoliană (WPP) de 3 771 MW, iar TAIC este 1,504 MW.

Tabelul ES-I Top cinci zone eoliene din Moldova.

Zonă Eoliană	Descriere	WPP, MW	TAIC, MW
Cunicea + Ghindești	Zona se găsește în partea de nord-est a Moldovei. Are resurse eoliene înalte (viteza medie a vântului - 7,33 m/s), distanță mică până la cel mai apropiat nod de al rețelei de transport electric, pe drum național și eLCOE de 54,2 USD pe MWh. Cele mai apropiate substații sunt Șoldănești, Rădulenii, Florești și Vertiujeni.	746	444
Batîr + Sagaidac	Zona se găsește în partea central-sudică a Moldovei. Are resurse eoliene înalte (viteza medie a vântului - 7,29 m/s), distanță mică până la cel mai apropiat nod de al rețelei de transport electric, pe drum național și eLCOE de 54,3 USD pe MWh. Cele mai apropiate substații sunt Taraclia Nord, Gura Galbenei și Cimișlia.	466	266
Cuizăuca + Sîrcova	Zona se găsește în partea de nord-est a Moldovei. Are resurse eoliene înalte (viteza medie a vântului - 7,28 m/s), distanță mică până la cel mai apropiat nod de al rețelei de transport electric, pe drum național și eLCOE de 54,4 USD pe MWh. Cele mai apropiate substații sunt Cinișeuți, Șoldănești, Rezina și Cișmea.	834	350
Ștefan Vodă	Zona se găsește în partea de sud-est a Moldovei. Are resurse eoliene înalte (viteza medie a vântului - 7,21 m/s), distanță mică până la cel mai apropiat nod de al rețelei de transport electric, pe drum național și eLCOE de 54,8 USD pe MWh. Cele mai apropiate substații sunt Ștefan Vodă, Răscăieții Noi și Căplani.	780	220
Burlacu	Zona se găsește în partea de sud-vest a Moldovei. Are resurse eoliene înalte (viteza medie a vântului - 7,25 m/s), distanță mică până la cel mai apropiat nod de al rețelei de transport electric și eLCOE de 55,2 USD pe MWh. Cele mai apropiate substații sunt Baimaclia, Gotești și Novosiolovca.	945	224
Total în MW		3,771	1,504



WPP: potențialul energiei eoliene, TAIC: capacitatea totală de injecție disponibilă

Figura ES-3 Top cinci zone eoliene din Moldova.

RECOMANDĂRI ȘI ETAPELE URMĂTOARE

În concluzie, abordarea ZEO este o cale eficientă din punct de vedere al costurilor pentru atingerea obiectivelor privind energia regenerabilă cu riscuri minime, oferind aport agendei de decarbonizare și securitate energetică a guvernului Moldovei. Abordarea ZEO se focusează pe utilizarea infrastructurii de transport electrice și rutiere existente, minimizând în același timp impactul proiectelor de energie eoliană asupra mediului, spațiului aerian al aviației, operațiunilor radar și altele. Modelarea ZEO a identificat top cinci zone de energie eoliană și a alocat capacitatea eoliană zonelor în funcție de capacitatea totală a rețelei de transport electrice, disponibilă la cele mai apropiate substații.

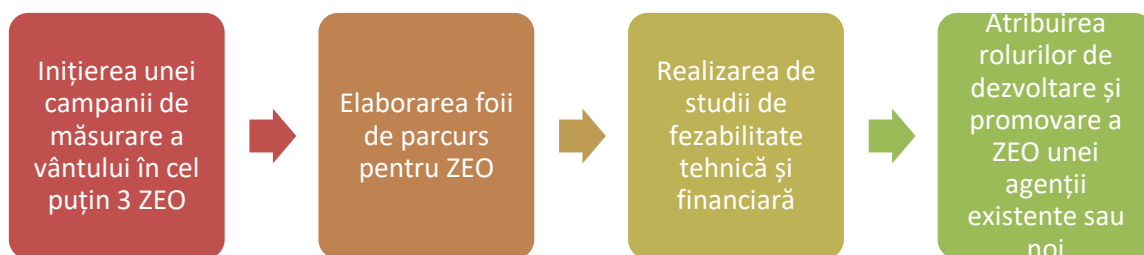


Figura ES-4 Recomandări privind etapele următoare.

Se recomandă ca Ministerul Energiei să aprobe și să înceapă lucrările în aceste arii:

1. **Inițierea unei campanii de măsurare a vântului în cel puțin 3 ZEO.** Campania de măsurare a vântului ar trebui să înceapă în cel puțin 3 din cele top 5 zone eoliene identificate. Cele trei locații de măsurare ar trebui să fie selectate în urma consultării cu Moldelectrica și luând în considerare orice măsurători anterioare efectuate în zonele respective. Prin alegerea unor locații în regiunile nord-est, centru-sud și sud-est ale Moldovei se pot realiza măsurători ale vântului pentru regiuni diverse din punct de vedere geografic. Un an de măsurători ale vântului ar fi necesar pentru a pregăti o evaluare a resurselor eoliene conform rigorilor finanțatorilor. Rezultatele ar putea fi utilizate pentru achizițiile competitive de proiecte eoliene pentru locații specifice. Prin urmare, activitatea de măsurare ar trebui să fie inițiată cât mai curând posibil.
2. **Elaborarea foii de parcurs pentru ZEO.** Dezvoltarea și promovarea ZEO este o activitate pe termen lung, cu numeroase activități interdependente, prin urmare necesită o foaie de parcurs care să stabilească un plan de lucru și un calendar pentru coordonarea acestor activități. Aceasta ar include:
 - a. Elaborarea de politici privind tarifele, achizițiile, integrarea în rețea, ghișeul unic pentru acordarea licențelor și autorizațiilor și altele.
 - b. Definirea domeniului de aplicare al integrării rețelei, logisticii, evaluarea impactului de mediu, evaluarea disponibilității terenurilor și a altor studii, precum și interdependențele acestora.
3. **Realizarea de studii de fezabilitate tehnică și financiară.** Studiile de fezabilitate tehnică necesare pentru caracterizarea completă a proprietăților specifice ale zonelor includ integrarea în rețeaua electrică, logistica, evaluarea impactului de mediu, disponibilitatea terenurilor, etc.. Studiile de fezabilitate financiară vor include o analiză detaliată a costurilor, o analiză a tarifelor și a stimulentei, opțiuni de finanțare și altele. Aceste studii vor contribui la reducerea riscului proiectelor eoliene pentru investitori, care vor dezvolta proiectele eoliene din zonele respective.
4. **Atribuirea rolurilor de dezvoltare și promovare a ZEO unei agenții existente sau noi.** Realizarea studiilor de fezabilitate tehnică și financiară menționate anterior, punerea în aplicare a recomandărilor studiilor și promovarea ZEO în rândul potențialilor investitori internaționali și naționali sunt activități importante care necesită investiții și coordonare. Prin urmare, ar trebui desemnată o agenție care să îndeplinească aceste roluri.

Notă:

Rezultatele prezentate în acest raport sunt preliminare și pot fi modificate în funcție de disponibilitatea unor seturi de date mai exacte. Prin urmare, rezultatele intermediare din acest raport nu ar trebui utilizate fără a consulta autorii.

CONTEXT

Sistemul energetic din Moldova are o cerere de vârf de aproximativ 1 157 MW și depinde de importul de energie electrică pentru a-și satisface o parte din cererea de energie electrică. La nivel național, Moldova își propune să crească până în 2030 gradul de penetrare a RE la 30% din consumul de energie electrică total și intenționează să atingă acest obiectiv în principal cu centrale RE mai mari, cu procurarea energiei electrice produse în mod competitiv. În prezent, Moldova dispune de aproximativ 150 MW de producție de energie regenerabilă (110 MW de energie eoliană și 40 MW de energie solară), cu centrale de energie regenerabilă de dimensiuni cuprinse între câțiva kW și 13,5 MW. Între 2019 și 2022, capacitatea instalată a instalațiilor solare și eoliene din Moldova s-a dublat în fiecare an, crescând exponențial capacitatea de RE. Se preconizează că creșterea în domeniul RE va continua datorită prețurilor actuale la energie, costurilor utilităților și unui cadru juridic favorabil care încurajează RE atât pentru consumatorii finali (contorizare/facturare netă), cât și pentru dezvoltatorii de proiecte.

Metodologia de identificare a zonelor de RE este o bună practică acceptată la nivel internațional pentru dezvoltarea proiectelor de RE, care minimizează costurile de achiziție a energiei, costurile de integrare în rețea și impactul asupra zonelor sensibile din punct de vedere al mediului. Prin urmare, ca parte a asistenței tehnice furnizate de MESA în domeniul energiei regenerabile, identificarea zonelor de RE va fi utilizată pentru a sprijini țara în atingerea obiectivelor sale pe termen mediu și lung în materie de RE.

Zonele de RE sunt asemănătoare zonelor economice speciale, în care este furnizată toată infrastructura, împreună cu terenuri pre aprobate, permise, licențe și aprobări locale/regionale/naționale. O zonă de RE este o zonă predefinită care este aleasă de stat pentru dezvoltarea surselor regenerabile de energie având la baza următoarele caracteristici:

1. Suprafața terenului este suficient de mare pentru a susține mai multe proiecte de RE.
2. Zona are resurse mari de RE conform hărților de RE disponibile și a măsurătorilor de înaltă calitate din zonă, care sunt disponibile pentru toate proiectele.
3. Capacitățile disponibile ale substațiilor și ale rețelei electrice de transport sunt suficiente sau există planuri de modernizare a capacității pentru interconectarea tuturor proiectelor de RE din zonă.
4. Aprobările și autorizațiile de teren sunt aprobate în prealabil pentru zonă.
5. Evaluarea impactului social și asupra mediului (ESIA) a fost efectuată și au fost obținute autorizațiile necesare pentru zonă.
6. Toate licențele și autorizațiile sunt aprobate în prealabil pentru toate proiectele din zonă.
7. Logistica pentru transportul echipamentelor mari este dezvoltată pentru zonă.
8. Suprafața de teren este împărțită în parcele mai mici pentru proiecte individuale, care pot fi scoase la licitație sau licate.

Ca parte a Etapei I a proiectului ZEO, au fost realizate următoarele activități:

- Identificarea prealabilă a 34 de zone de energie eoliană în baza datelor publice disponibile.
- Identificarea principalelor instituții din Moldova care sunt părți interesate în eforturile privind crearea zonele de energie eoliană.
- Atelier de formare practică pentru diferitele părți interesate din Moldova.
- Formarea unui grup tehnic cu reprezentanți ai fiecărei părți interesate. Membrii grupului de lucru sunt enumerați în Tabelul I4.
- Pentru părțile interesate din grupul tehnic, definirea rolurilor și responsabilităților legate de actualizarea seturilor de date și a straturilor GIS, precum și de validarea rezultatelor.

METODOLOGIA DE DEFINIRE ȘI CLASIFICARE A ZONELOR DE ENERGIE EOLIANĂ (ZEO)

Unul dintre obiectivele-cheie ale MESA a fost de a instrui partenerii din Moldova cu privire la o abordare sistematică multicriterială pentru identificarea ZEO pe baza unei analize cuprinzătoare a tuturor parametrilor principali care afectează dezvoltarea ER. Abordarea multicriterială presupune pornirea de la metodologia și instrumentele generale și adaptarea ulterioară la realitățile și caracteristicile Moldovei. Figura 1 ilustrează abordarea utilizată pentru definirea și apoi clasificarea ZEO în Etapele 1 și 2.

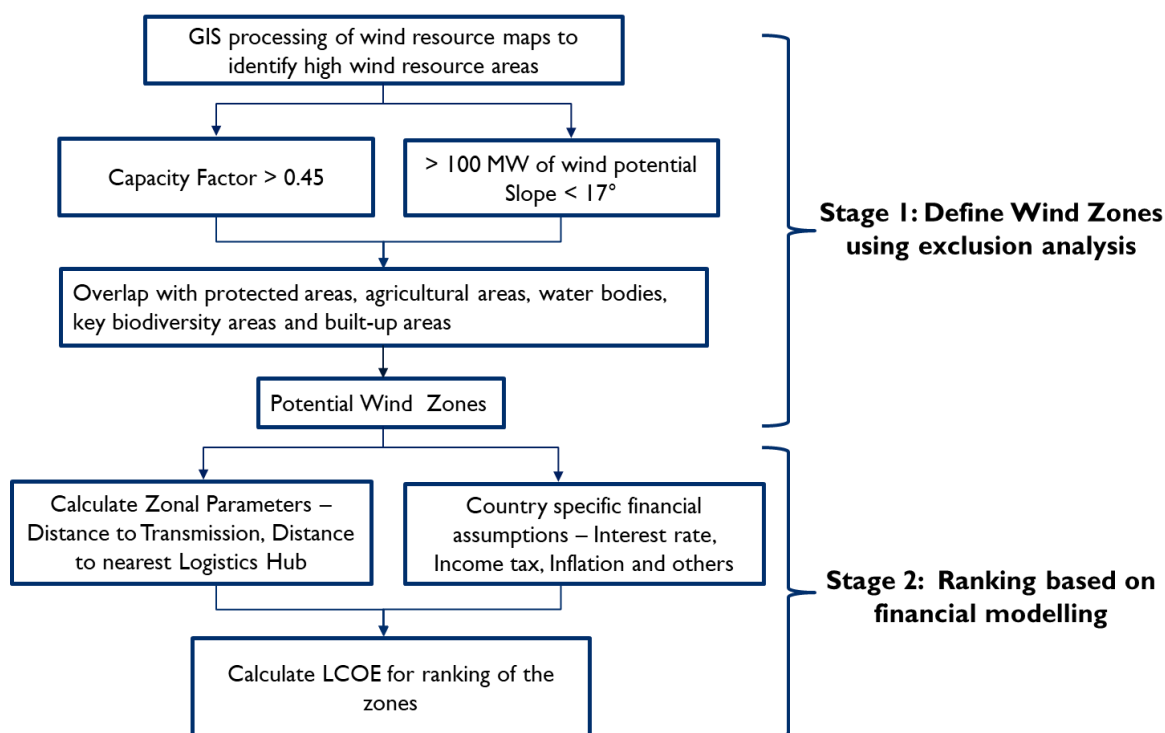


Figura 1 Abordarea multicriterială pentru definirea zonelor de energie eoliană.

Etapele principale ale metodologiei sunt descrise mai detaliat în continuare:

- Selectarea hărților resurselor eoliene:** Acest studiu utilizează hărți GIS online de la ESMAP¹, care este considerată cea mai actuală sursă de date privind resursele eoliene. *Global Wind Atlas* (<https://globalwindatlas.info/>) este utilizat pentru a extrage datele privind Factorul de capacitate mediu (FC)/ viteza medie din <https://globalwindatlas.info/download/gis-files>.
- Selectarea zonelor cu resurse eoliene înalte:** QGIS², un pachet GIS open-source, este utilizat pentru a identifica zonele din întreaga țară în care sunt concentrate cele mai bune resurse eoliene. Acest lucru se realizează prin convertirea hărții într-un strat raster cu rampă de culoare continuă, cu factorul de capacitate ca parametru. În continuare, acest parametru va fi denumit *densitatea resurselor*.

¹ Programul de asistență pentru gestionarea sistemelor energetice, https://www.esmap.org/re_mapping.

² Qgis.org.

Zonele eoliene potențiale sunt identificate prin aplicarea unui prag de 45% al factorului de capacitate ce poate fi obținut de instalația eoliană. Harta intensității resurselor este convertită într-o hartă în rampă de culoare continuă pentru a evidenția zonele cu resurse înalte.

c. **Identificarea suprapunerii cu zonele sensibile/protejate din punct de vedere ecologic:** Amplasarea ariilor protejate este utilizată pentru a verifica orice suprapunere cu zona eoliană identificată. În caz de suprapunere minoră/parțială, limitele zonei sunt redefinite pentru a îndepărta suprapunerea. În caz de suprapunere majoră/totală, zona eoliană nu este luată în considerare pentru dezvoltarea energiei eoliene. În Etapa 1, au fost utilizate zonele protejate obținute din Baza de date mondială privind zonele protejate (WDPA).³ În Etapa 2, la recomandarea Agenției de Mediu din Moldova, modelul GIS ZEO a fost actualizat prin utilizarea zonelor protejate din bazele de date ale rețelei Emerald⁴ și ale siturilor Ramsar⁵.

d. **Considerații privind utilizarea și destinația terenurilor (LULC):** Excluderile LULC ar trebui efectuate pentru a identifica cele mai potrivite parcele de teren pentru zonele eoliene. LULC care ar trebui excluse sunt: a) terenurile agricole/culturale, b) arborii, c) ariile hidrologice și d) zonele construite. Aceste excluderi sunt efectuate în QGIS folosind datele LULC în format GIS. S-a încercat accesarea datelor LULC oficiale prin intermediul <https://geodata.gov.md/> însă s-a descoperit că datele sunt disponibile doar pentru o mică parte a țării.

Ca etapă intermediară, au fost efectuate următoarele.

1. Excluderile LULC au fost efectuate utilizând datele ESRI⁶ (un set de date open-source utilizat pe scară largă): a) Acoperire cu arbori și b) Arii construite.
2. Pentru a evita orice conflict între utilizarea solurilor fertile pentru agricultură și producția de energie, s-a calculat gradul de suprapunere a ZEO cu tipuri de soluri bogate. Datele oficiale privind solurile au fost obținute de la ARFC (Agenția Relații Funciare și Cadastru).

Excluderile LULC bazate pe date oficiale vor fi incluse în etapă următoare.

e. **Măsurarea parametrilor zonelor alese - Densitatea resurselor, înclinarea și suprafața disponibilă:** Fișierele GIS obținute din atlasul eolian global al ESMAP sunt utilizate pentru a calcula densitatea medie a resurselor și suprafața disponibilă a zonelor eoliene identificate. Acest lucru se realizează în QGIS. Pentru zonele eoliene, factorul de capacitate (FC) a fost utilizat pentru a identifica zonele cu resurse înalte.

Înclinația terenului este utilizată ca indicator al posibilității de a construi și este măsura schimbării înălțimii de-a lungul unei distanțe orizontale. Prin urmare, o înclinare zero înseamnă că terenul este plat. O pantă mai mare implică costuri de construcție mai mari, astfel încât o pantă de 30% (~17 °) este considerată limita superioară pentru proiectele eoliene. Valorile pantei sunt derivate dintr-o hartă digitală de elevație (DEM) în QGIS. DEM-ul în sine este derivat din baza de date SRTM și este obținut de la DIVA-GIS⁷.

Puterea potențială pentru fiecare regiune este calculată prin înmulțirea suprafeței zonei cu un coeficient de putere, care pentru proiectele eoliene se presupune a fi de 5 MW/kilometru pătrat (km²). Acest coeficient este utilizat pentru a converti suprafața terenului în dimensiunea

³ <https://www.protectedplanet.net/country/MOL>

⁴ <https://emerald.eea.europa.eu/>

⁵ <https://rsis.ramsar.org/>

⁶ <https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?layers=d6642f8a4f6d4685a24ae2dc0c73d4ac>

⁷ <http://diva-gis.org/gdata>

totală a proiectelor eoliene (capacitatea instalată) într-o zonă. La definirea zonelor au fost luate în considerare numai zonele eoliene cu un potențial energetic > 100 MW.

- f. **Calcularea distanței până la cel mai apropiat nod al rețelei electrice de transport (D_t):** Distanța dintre o zonă eoliană și cel mai apropiat nod al rețelei electrice de transport este calculată utilizând funcția „Cea mai scurtă linie între caracteristici” din QGIS. Se presupune că energia din zonele eoliene ar fi injectată în rețea prin cel mai apropiat nod de transmisie (110 sau 330 kV). Acest calcul necesită o listă a nodurilor rețelei electrice de transport și un strat GIS al acestora. Etapa 1 s-a bazat pe coordonatele obținute prin open-source. În Etapa 2, lista completă a nodurilor de transmisie și coordonatele acestora au fost furnizate de operatorul sistemului de transport Moldelectrica. În plus, analiza a inclus și capacitatea de injecție disponibilă (reală) la cele mai apropiate noduri ale rețelei electrice de transport. Aceste date au fost furnizate, de asemenea, de Moldelectrica (Tabelul 15). Datele includ două seturi de capacități de injecție la nodurile de transmisie:
- a. **Constrânse:** Au fost luate în considerare avizele de racordare eliberate pentru surse regenerabile valabile la acel moment. Aceasta reduce capacitatea disponibilă în nodurile rețelei electrice de transport. Din cauza acestei constrângeri, unele noduri de transmisie nu au capacitate de injecție sau au o capacitate extrem de redusă. Prin urmare, aceste noduri de transmisie nu au fost considerate candidate pentru injectarea de energie electrică din zonele eoliene. Analiza efectuată utilizând acest set de date va fi denumită în continuare analiză restricționată. Rezultatele analizei constrânse sunt detaliate în Tabelul 1616.
 - b. **Nerestricționată:** Întreaga capacitate de injecție disponibilă în nodurile rețelei electrice de transport pentru zonele eoliene propuse este considerată, fără a ține cont de Avizele de racordare valabile la data realizării analizei. Analiza efectuată cu ajutorul acestui set de date va fi denumită de acum înainte analiză nerestricționată. Aceasta abordare a fost coordonată și validată cu operatorul sistemului de transport Moldelectrica și, prin urmare, rezultatele acesteia vor fi utilizate pentru a identifica cele mai importante zone de energie eoliană din Moldova. Rezultatele analizei nerestricționate sunt detaliate în Tabelul 2.
- g. **Calcularea distanței până la cel mai apropiat nod logistic (D_r):** Distanța dintre zona eoliană și cel mai apropiat nod logistic este calculată utilizând funcția „Cea mai scurtă linie între caracteristici” din QGIS. Acest calcul necesită stratul GIS al principalelor rețele rutiere și feroviare din Moldova. Pe baza feedback-ului de la experții locali incluși în grupul tehnic, pentru calculul D_r , a fost luată în considerare doar rețeaua de drumuri. Stratul rețelei de drumuri a fost obținut de la ESRI în Etapa 1. În așteptarea verificării și validării datelor utilizate de către Administrația de Stat a Drumurilor (ASD), acest strat a fost utilizat și în Etapa 2.
- h. **Calcularea eLCOE:** În Etapa 2, pentru clasificarea zonelor eoliene a fost utilizat un model financiar bazat pe costul nivelat extins al energiei (eLCOE). Costul nivelat al energiei (LCOE) este un parametru utilizat pentru evaluarea și compararea metodelor alternative de producție a energiei. LCOE tradițional utilizează costul total instalat (TIC) al centralei ca cheltuieli de capital (CAPEX), în timp ce eLCOE utilizează TIC plus costul construirii instalației de racordare la rețeaua electrică de la zonă la cea mai apropiată stație și costul construirii drumului de la zonă la cel mai apropiat drum principal. eLCOE reflectă, prin urmare, costul unitar global care poate fi utilizat pentru a compara diferite zone eoliene. Acesta este, de asemenea, un tarif indicativ în cadrul unei licitații pentru capacitatea eoliană din zonă; cu toate acestea, în majoritatea cazurilor, licitația conduce la un tarif mai mic decât LCOE. Cele mai importante aspecte ale modelului financiar pentru estimarea eLCOE sunt:
- CAPEX, așa cum este descris mai sus.

- Cheltuielile operaționale (OPEX), care includ costurile de întreținere și exploatare, serviciul datoriei, impozitele, randamentul capitalului propriu și altele pe durata de viață a proiectului.
- Prognoza producției anuale de energie.

Valorile eLCOE sunt utilizate pentru clasificarea zonelor eoliene, cele mai bine clasate zone înregistrând cele mai scăzute eLCOE.

IPOTEZE

Următoarele ipoteze au fost formulate pentru modelul și analiza ZEO:

1. **Generale:** Etapa 1 a fost un studiu analitic care a utilizat date disponibile publicului pentru a defini zonele eoliene, fără vizitele la fața locului și fără verificări independente ale surselor de date. Datele oficiale nu au fost disponibile în această fază a studiului. În Etapa 2, datele oficiale au fost colectate de la experții și organizațiile locale, reprezentate în grupul tehnic, și de la agențiile interesate, fiind apoi încorporate în analiza zonelor eoliene.
2. **Potențialul resurselor:** Potențialul resurselor eoliene a fost obținut din hărțile resurselor eoliene publicate de ESMAP. Nu a fost efectuată nicio verificare independentă și nu au fost utilizate date de măsurare, nici din campaniile de măsurare anterioare, nici din cele în curs.
3. **Coeficienți de suprafață:** Coeficientul de suprafață utilizat pentru a determina potențialul energetic al Zonelor de Energie Eoliană identificate este de 5 MW/km pătrat.
4. **Potențial energetic minim:** În această etapă, doar zonele cu un potențial energetic minim de 100 MW au fost luate în considerare ca zone eoliene candidate.
5. **Ipoteze ale Modelului LCOE** - Ipotezele specifice Moldovei din modelul financiar privind structura capitalului, impozitele și proprietățile proiectului au fost obținute de la ANRE și sunt enumerate în Tabelul I.

Tabelul I Parametrii LCOE specifici fiecărei țări. Sursa: ANRE

Parametrii LCOE specifici fiecărei țări	Valori
Capacitatea instalată (Zonă)	100 MW
Cost specific pentru instalațiile eoliene	1,400 \$/kW
Inflație (în USD)	2% ⁸
Rata fixă O&M	56 \$/kW-an
Rata impozitului pe venitul din proiectul de RE ⁹	12%
Rata dobânzii (împrumut în USD) ¹⁰	5.95%
% Datorie - Valoarea împrumutului ca procent din costul total instalat	65%
Durata de viață a proiectului și Termenul datoriei (perioada de rambursare a datoriei)	15 ani ¹¹
Depreciere - Amortizarea echipamentelor de capital	Linear de peste 15 ani.
Rentabilitatea capitalului propriu - Rentabilitatea investiției așteptată de investitorii de capital	11.00%

⁸ ANRE utilizează o inflație de 0%, deoarece tariful este indexat anual cu rata O&M în USD. Deoarece modelul nostru utilizează o rată fixă O&M, în modelul financiar se utilizează o inflație de 2% pentru costurile operaționale pe durata de viață a proiectului.

⁹ Impozitul pe venit, taxa pe valoarea adăugată și impozitul funciar au fost modelate simplist pe baza informațiilor furnizate de ANRE. Modelul actual ar trebui modificat pe măsură ce mai multe nuanțe privind impozitele devin mai clare.

¹⁰ În majoritatea țărilor care încep să dezvolte RE, finanțarea în condiții avantajoase este disponibilă din partea băncilor de dezvoltare. Se presupune că acest lucru ar fi disponibil și în Moldova. În prezent, este aleasă o valoare de 5,95% la recomandarea ANRE, aceasta este probabil să fie mai mică în anii următori, ceea ce ar duce la o eLCOE mai mic.

¹¹ Durata proiectului conform ANRE este de 15 ani, deoarece modelul ANRE de tarif de alimentare acoperă doar perioada tarifară specificată în CAEE, care este de 15 ani. Cu toate acestea, durata de viață standard a unui proiect eolian este de 25 de ani. Modelul ar trebui modificat pentru a include ipoteza privind tariful bazat pe piață din anul 16 până în anul 25, ceea ce ar conduce la un eLCOE mai scăzut.

Parametrii LCOE specifici fiecărei țări	Valori
Active amortizabile ale CAPEX - Componenta din costul total instalat care este amortizabilă	100%
Costul liniei de transmisie (circuit dublu 110 kV)	91,000\$/km
Costul unui drum cu o singură bandă	533,000\$/km

6. **Constrângeri privind rețeaua electrică de transport:** S-a presupus că întreaga energie generată într-o zonă eoliană ar fi injectată în rețea printr-un singur nod al rețelei de transport (cel mai apropiat nod). Prin urmare, în eforturile actuale, se utilizează capacitatea de injecție disponibilă la substații. De asemenea, s-a presupus că energia electrică va fi evacuată din zonele eoliene prin intermediul unei linii de 110 kV cu circuit dublu. Locațiile substațiilor de 110 kV și 330 kV au fost furnizate de Moldelectrica, a se vedea NODURI/SUBSTAȚII DE TRANSMISIE
7. Figura 1818.
8. **Arii sensibile din punct de vedere ecologic** - Limitele ariilor sensibile din punct de vedere ecologic au fost extrase din baza de date mondială privind zonele protejate (WDPA), Rețeaua Emerald și Convenția Ramsar privind zonele umede, a se vedea Figura 15.
9. **Teren** – Harta altitudinii Moldovei (a se vedea Figura 19) a fost obținută din Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), iar panta terenului (a se vedea Figura 20) a fost calculată utilizând QGIS.

ETAPA 1: IDENTIFICAREA A 34 ZEO PENTRU MOLDOVA

Zonele eoliene au fost identificate utilizând metodologia multicriterială descrisă în secțiunea anterioară, utilizând următoarele criterii:

1. Factor de capacitate (FC) $\geq 45\%$
2. Panta ≤ 17 grade
3. Nu se suprapune cu zone protejate (WDPA, rețeaua Emerald, situri Ramsar)

Analiza de excludere a fost efectuată utilizând instrumentul Raster Calculation din programul QGIS. Au fost identificate treizeci și patru (34) de Zone de Energie Eoliană, care sunt ilustrate în Figura 2. Zonele sunt denumite în funcție de cel mai apropiată localitate. Zonele sunt suprapuse cu o hartă color a factorului de capacitate, evidențiind identificarea zonelor cu cel mai mare factor de capacitate. Proprietățile detaliate ale zonelor eoliene identificate sunt enumerate în Tabelul 2. Toate calculele pentru proprietățile zonale (arie, potențial MW, factor de capacitate mediu, viteză medie a vântului, pantă medie, altitudine medie, Dt, Dr) și eLCOE au fost efectuate utilizând metodele descrise în secțiunea anterioară: METODOLOGIA DE DEFINIRE ȘI CLASIFICARE A ZONELOR DE ENERGIE EOLIANĂ (ZEO).

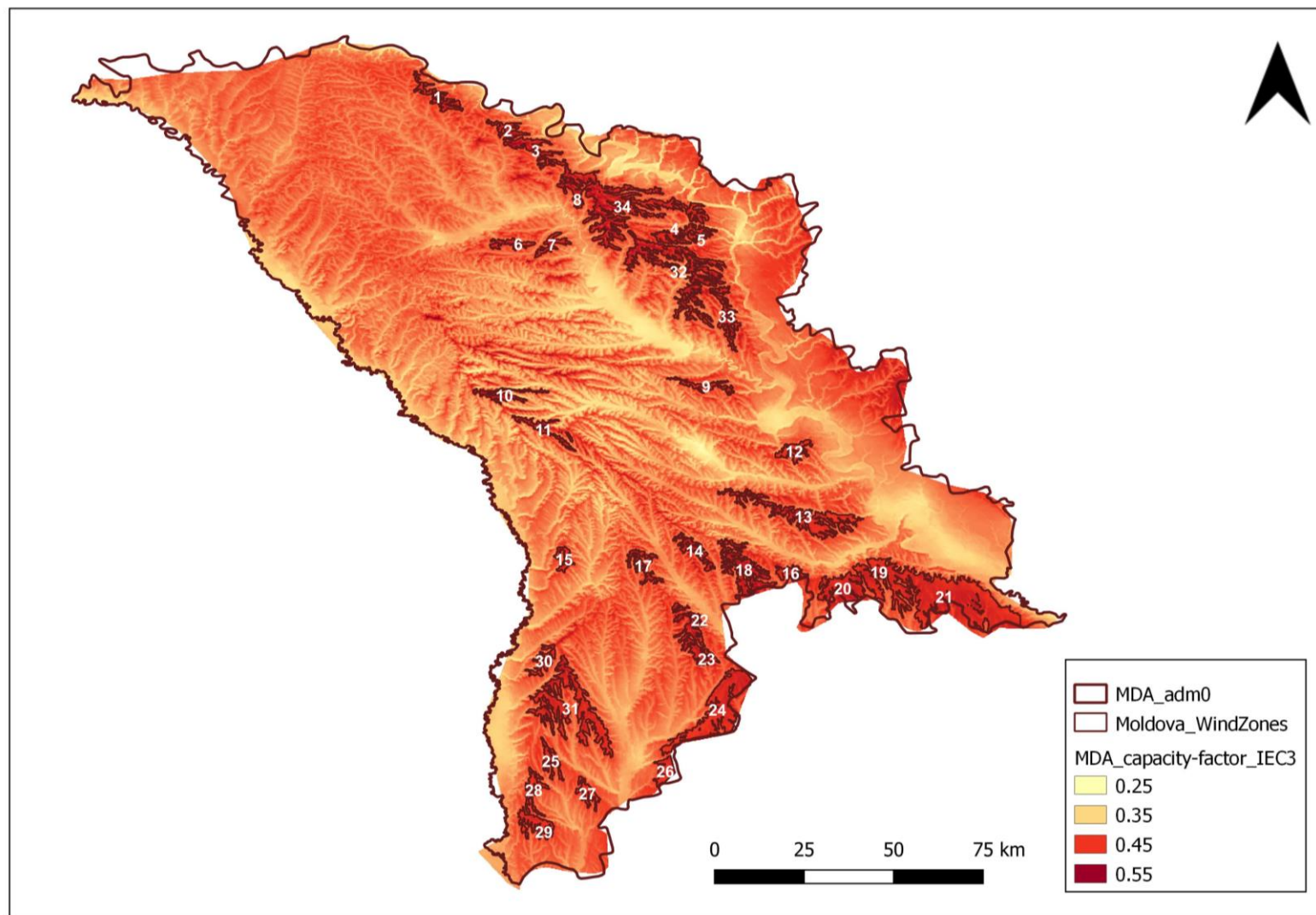


Figura 2 Cele 34 de zone eoliene cu cea mai mare resursă eoliană (FC), pantă ≤ 17 grade, fără suprapunere cu zone sensibile din punct de vedere ecologic.

Tabelul 2 Detalii privind Zonele de Energie Eoliană identificate, sortate pe baza eLCOE.

Zona Nr.	Denumirea Zonei	Suprafața	Potențial	Factor de capacitate mediu	Pantă medie	Viteză medie a vântului	Altitudine medie	Cel mai apropiat nod de transmisie	Dt ¹²	Dr ¹³	eLCOE
		km2	MW	%	Grade	m/s	m		km	km	USD/kWh
10	Horodiște	33.19	165.95	48.9%	7.7	7.49	350	Călărași	3.6	2.4	0.0536\$
3	Parcani	53.25	266.25	48.0%	5.3	7.31	256	Zastâncă	3.6	0.0	0.0542\$
32	Cuizăuca	204.75	1023.75	47.9%	5.7	7.30	252	Cinișeuți	1.8	0.0	0.0543\$
11	Bursuc	32.91	164.55	48.0%	6.9	7.37	344	Bobeica	5.1	0.0	0.0543\$
18	Batîr	105.88	529.40	47.9%	5.4	7.29	200	Taraclia Nord	2.5	0.0	0.0543\$
34	Cunicea	273.11	1365.55	47.9%	5.2	7.31	265	Vertiujeni	3.1	0.0	0.0544\$
8	Ghindești	23.15	115.75	47.9%	5.0	7.30	249	Răduleni	6.7	0.0	0.0544\$
20	Tocuz	86.33	431.65	47.9%	3.4	7.29	167	Căușeni	9.4	0.0	0.0545\$
14	Sagaidac	35.77	178.85	47.6%	6.3	7.26	218	Gura Galbenei	4.1	0.0	0.0547\$
22	Cioc Maidan	42.55	212.75	47.7%	4.2	7.28	185	Başcalia	4.6	0.4	0.0547\$
2	Rublenița	28.17	140.85	47.6%	5.3	7.27	239	Ghidroprivod	2.7	0.0	0.0547\$
21	Ștefan Vodă	446.26	2231.30	47.5%	2.2	7.25	147	Ștefan Vodă	0.0	0.0	0.0548\$
4	Sîrcova	28.21	141.05	47.3%	4.5	7.25	260	Șoldănești	1.4	1.1	0.0551\$
24	Tvardița	206.89	1034.45	47.1%	1.9	7.22	170	Tvardița	0.0	0.0	0.0552\$
31	Burlacu	227.43	1137.15	47.1%	3.8	7.25	214	Baimaclia	0.0	0.0	0.0552\$
23	Başcalia	40.98	204.90	47.6%	4.8	7.26	180	Başcalia	0.0	5.2	0.0554\$
19	Brezoaia	40.78	203.90	47.1%	3.0	7.22	167	Căușeni	5.9	0.3	0.0554\$
16	Tarcalia	23.02	115.10	46.9%	4.2	7.21	171	Taraclia Nord	0.0	0.0	0.0554\$
1	Visoca	42.40	212.00	47.0%	4.3	7.21	251	Bădiceni	4.3	0.0	0.0555\$
17	Ialpujeni	35.26	176.30	47.0%	5.6	7.20	208	Cimișlia	2.4	1.0	0.0556\$
7	Ciutulești	25.55	127.75	47.6%	5.9	7.30	251	Florești	12.7	5.2	0.0557\$
13	Fârlădeni	142.87	714.35	46.8%	4.0	7.19	160	Horești	4.4	1.0	0.0557\$

¹² Dt- Distanța zonei până la cel mai apropiat nod de transmisie¹³ Dr- Distanța zonei până la cea mai apropiată autostradă

Zona Nr.	Denumirea Zonei	Suprafața	Potențial	Factor de capacitate mediu	Pantă medie	Viteză medie a vântului	Altitudine medie	Cel mai apropiat nod de transmisie	Dt ¹²	Dr ¹³	eLCOE
		km2	MW	%	Grade	m/s	m		km	km	USD/kWh
5	Șoldănești	25.72	128.60	46.6%	4.3	7.17	238	Șoldănești	1.3	0.0	\$0.0558
33	Pohrebeni	51.40	257.00	47.3%	5.3	7.23	228	Mărcăuți	7.7	4.9	\$0.0559
9	Peresecina	26.97	134.85	46.5%	3.8	7.17	224	Peresecina	2.9	0.0	\$0.0560
30	Lărguța	29.58	147.90	46.7%	4.7	7.21	202	Baimaclia	6.7	1.3	\$0.0561
6	Rădoia	20.35	101.75	47.3%	5.2	7.25	233	St. Purificare	4.5	7.5	\$0.0562
29	Colibași	47.95	239.75	46.2%	2.5	7.15	152	Vulcănești Nord	4.9	0.0	\$0.0564
15	Covurlui	20.05	100.25	46.4%	4.2	7.18	209	Cococeni	3.7	2.8	\$0.0565
25	Hutulu	28.37	141.85	46.1%	3.2	7.14	177	SOC	5.2	0.0	\$0.0565
12	Cobusca Veche	35.56	177.80	46.1%	2.3	7.12	162	Șerpeni	3.3	0.0	\$0.0565
28	Cahul	34.62	173.10	45.9%	2.4	7.12	170	SOC	1.4	0.3	\$0.0567
26	Copceac	34.32	171.60	46.8%	1.2	7.18	152	Taraclia	2.3	10.2	\$0.0571
27	Burlăceni	28.47	142.35	45.6%	1.6	7.08	148	Vulcănești	1.6	0.5	\$0.0571

ETAPA 2: TOP 11 ZEO PENTRU MOLDOVA

După identificarea zonelor de energie eoliană din Etapa 1, top cincisprezece zone a fost actualizate în continuare. Actualizarea a constat în luarea în considerare a următoarelor aspecte suplimentare și a implicat efectuarea secvențială a acestor excluderi:

1. Căile păsărilor migratoare
2. Utilizarea și destinația terenurilor
3. Interferențe radar
4. Aerodromuri
5. Suprapunerea cu tipuri bogate de sol.

CĂILE DE MIGRAȚIE A PĂSĂRILOR

Turbinele eoliene pot avea un impact semnificativ asupra păsărilor migratoare dacă sunt amplasate în interiorul sau în apropierea căilor de migrațiune majore ale păsărilor migratoare. Figura 3 ilustrează căile majore ale păsărilor migratoare din Moldova.

După cum se poate observa, principalele căi de migrație se află de-a lungul râului Prut în vest și al râului Nistru în est. Săgețile roșii și albastre indică căile de migrație, iar punctele negre reprezintă locurile de concentrare a păsărilor de apă în timpul perioadelor de migrație. Datele oficiale privind aceste căi de migrație nu erau disponibile în format GIS, iar orientările Agenției de Mediu au fost de a utiliza o zonă tampon de 10 km lățime de-a lungul celor două râuri. Această implementare este ilustrată în Figura 4.

După cum se poate observa din Figura 4, există o suprapunere semnificativă a zonei tampon a rutei de migrație a păsărilor cu zonele de eoliene Rublenița și Parcani de-a lungul râului Nistru, prin urmare cele două zone sunt înlăturate. Se recomandă efectuarea unei evaluări detaliate specifice amplasamentului ca parte a ESIA pentru zonele eoliene de top din Etapa 4 pentru a studia impactul asupra păsărilor migratoare.

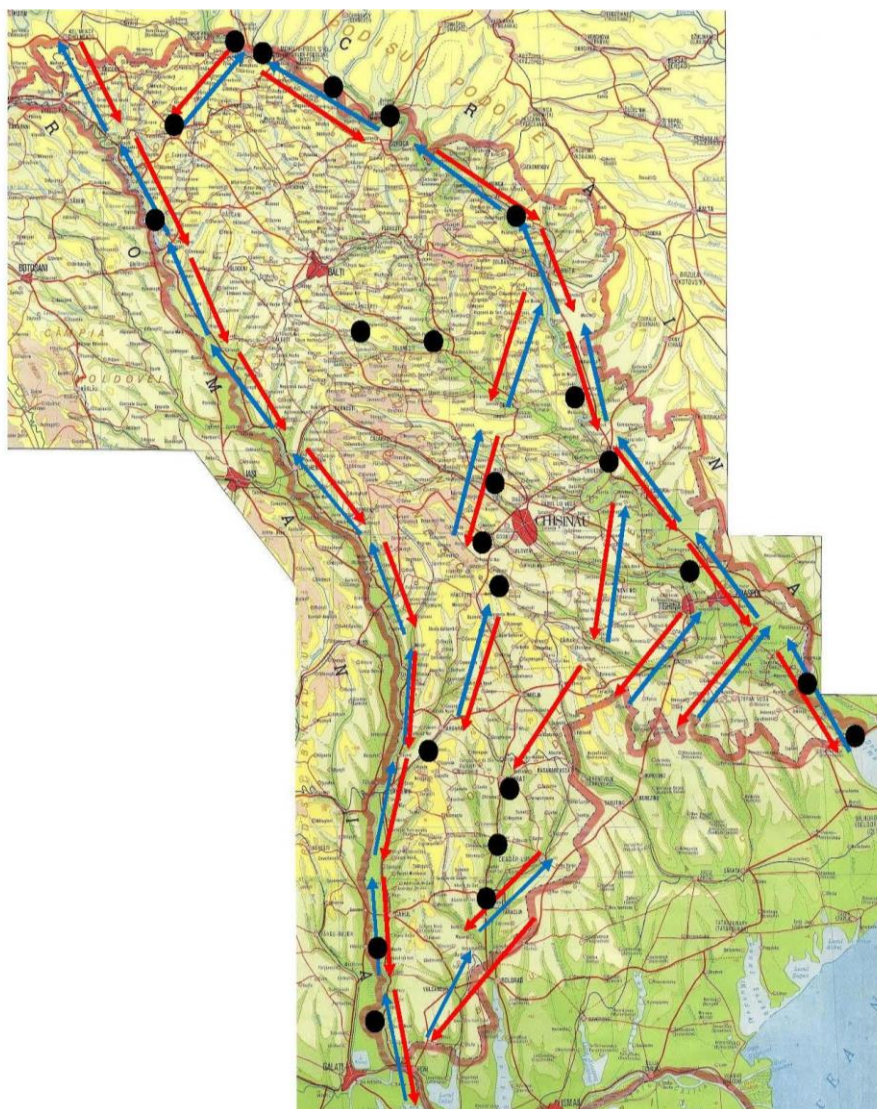


Figura 3 Principalele căi de migrație ale păsărilor migratoare¹⁴.

¹⁴ Provenit de la Agenția de Mediu, Moldova

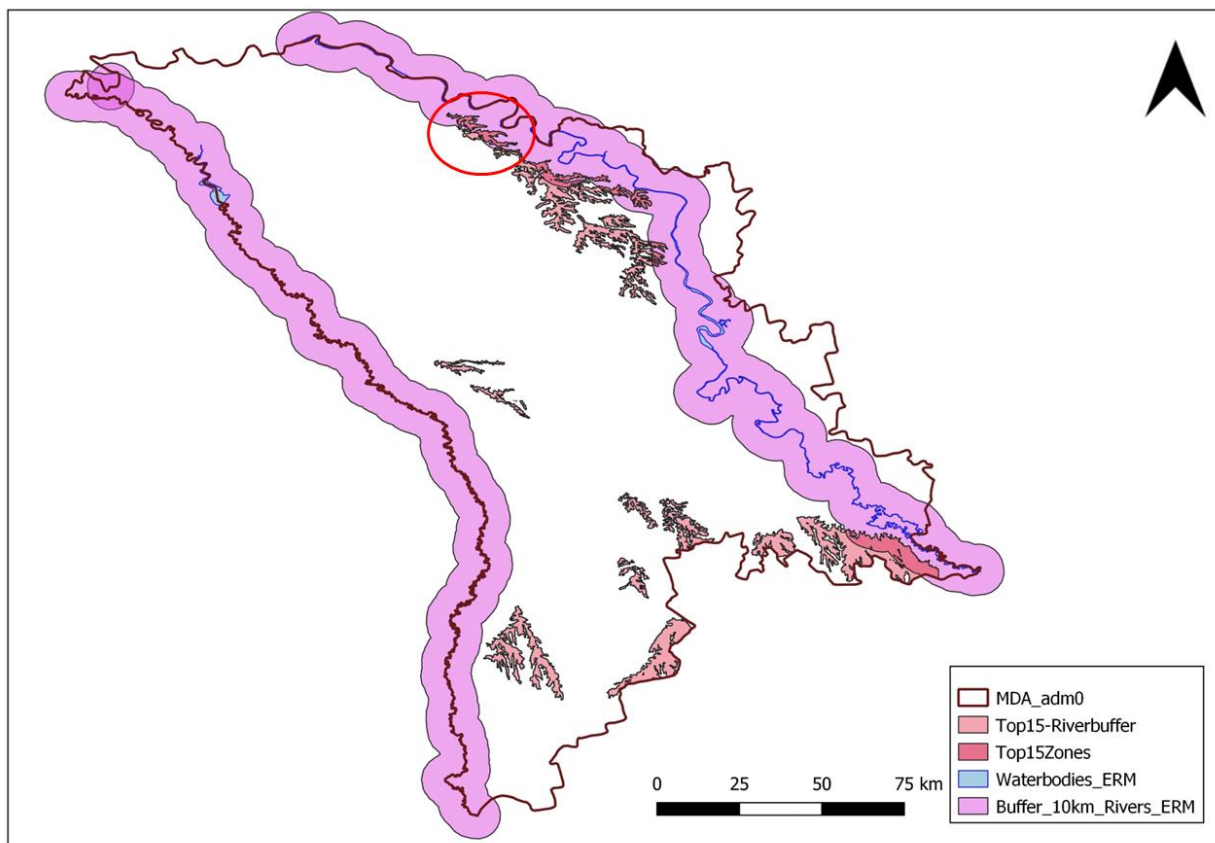


Figura 4 Suprapunerea zonelor eoliene identificate cu zonele tampon de-a lungul principalelor căi ale păsărilor migratoare. Este evidențiată suprapunerea zonei tampon cu ZEO Rublenița și Parcani.

UTILIZAREA ȘI DESTINAȚIA TERENURILOR (LULC)

Straturile GIS LULC ar trebui utilizate pentru a identifica și exclude orice suprapuneri cu terenurile cultivate, pădurile, zonele construite și zonele hidrologice. S-a încercat accesarea datelor LULC oficiale prin intermediul <https://geodata.gov.md/> însă s-a descoperit că datele sunt disponibile doar pentru o mică parte a țării. Ca o etapă intermediară, în Etapa 2 a fost utilizat stratul ESRI (a se vedea Figura 16).

La început, procentul de suprapunere a terenurilor cultivate, a pădurilor și a zonelor construite cu ZEO a fost calculat pentru toate cele 34 de zone eoliene care au fost identificate (a se vedea Tabelul 2). Acestea sunt enumerate în Tabelul 3.

Tabelul 3 Procentul de suprapunere a terenurilor cultivate, a pădurilor și a zonelor construite pentru toate zonele de energie eoliană identificate.

Zona Nr.	Denumirea Zonelor	Aria (km ²)	Aria terenurilor cultivate (km ²)	% Suprapunerea terenurilor cultivate	Aria pădurii (km ²)	% Suprapunerea pădurii	Aria zonei construite (km ²)	% Suprapunerea zonei construite
1	Visoca	42.4	34.99	82.52	2.92	6.89	2.52	5.95
2	Rublenița	28.17	21.65	76.85	4.25	15.08	1.96	6.96
3	Parcani	53.25	42.02	78.91	6.49	12.18	2.69	5.05
4	Sîrcova	28.21	23.7	84.01	2.56	9.06	0.08	0.27
5	Șoldănești	25.72	21.45	83.40	1.30	5.05	0.96	3.74

Zona Nr.	Denumirea Zonelor	Aria (km ²)	Aria terenurilor or cultivate (km ²)	% Suprapunerea terenurilor cultivate	Aria pădurii (km ²)	% Suprapunerea pădurii	Aria zonei construite (km ²)	% Suprapunerea zonei construite
6	Rădoaia	20.35	19.42	95.43	0.71	3.49	0.12	0.59
7	Ciutulești	25.55	21.78	85.24	3.29	12.88	0.08	0.32
8	Ghindești	23.15	22.72	98.14	0.11	0.48	0.00	0.00
9	Peresecina	26.97	22.51	83.46	0.94	3.48	2.61	9.67
10	Horodiște	33.19	5.09	15.34	23.58	71.03	0.47	1.42
11	Bursuc	32.91	15.32	46.55	0.90	2.73	0.40	1.21
12	Cobusca Veche	35.56	33.4	93.93	1.28	3.60	0.29	0.82
13	Fârlădeni	142.87	115.63	80.93	17.63	12.34	0.70	0.49
14	Sagaidac	35.77	26.35	73.67	4.31	12.05	1.29	3.62
15	Covurlui	20.05	16.8	83.79	1.34	6.70	0.01	0.04
16	Tarcalia	23.02	20.74	90.10	1.64	7.13	0.05	0.21
17	Ialpujeni	35.26	30.22	85.71	4.12	11.68	0.04	0.12
18	Bațir	105.88	66.75	63.04	25.44	24.03	4.93	4.65
19	Brezoaia	40.78	36.8	90.24	2.27	5.58	0.93	2.28
20	Tocuz	86.33	77.15	89.37	2.41	2.79	3.63	4.21
21	Ștefan Vodă	446.26	403.42	90.40	8.38	1.88	23.04	5.16
22	Cioc Maidan	42.55	37.24	87.52	1.47	3.44	2.59	6.08
23	Başcalia	40.98	34.5	84.19	3.68	8.98	0.19	0.47
24	Tvardița	206.89	196.77	95.11	2.39	1.16	4.31	2.08
25	Hutulu	28.37	27.92	98.41	0.18	0.65	0.12	0.42
26	Copceac	34.32	33.9	98.78	0.02	0.04	0.32	0.93
27	Burlăceni	28.47	27.85	97.82	0.02	0.07	0.40	1.41
28	Cahul	34.62	33.85	97.78	0.49	1.42	0.06	0.18
29	Colibași	47.95	46.62	97.23	0.06	0.13	0.00	0.00
30	Lărguța	29.58	22.18	74.98	1.29	4.37	1.45	4.89
31	Burlacu	227.43	197.07	86.65	31.42	13.82	3.50	1.54
32	Cuizăuca	204.75	160.74	78.51	31.45	15.36	4.86	2.38
33	Pohrebeni	51.4	41.07	79.90	7.83	15.23	1.08	2.09
34	Cuncea	273.11	194.03	71.04	49.59	18.16	11.93	4.37

Deoarece datele LULC oficiale nu au fost disponibile, s-au efectuat excluderi ale pădurilor și zonelor construite pentru top 15 zone de energie eoliană (după excluderea zonelor tampon ale râurilor), pe baza straturilor LULC ESRI. Acest lucru este ilustrat în Figura 5.

Se poate constata că, datorită excluderii pădurilor și a zonelor construite, suprafața zonelor eoliene Horodiște și Bursuc se reduce semnificativ. Deoarece zonele sunt reduse la mai puțin decât pragul (<20 km²), ZEO Horodiște și Bursuc sunt excluse.

Într-o etapă ulterioară, datele LULC oficiale ar trebui să fie utilizate pentru a preciza în continuare limitele ZEO.

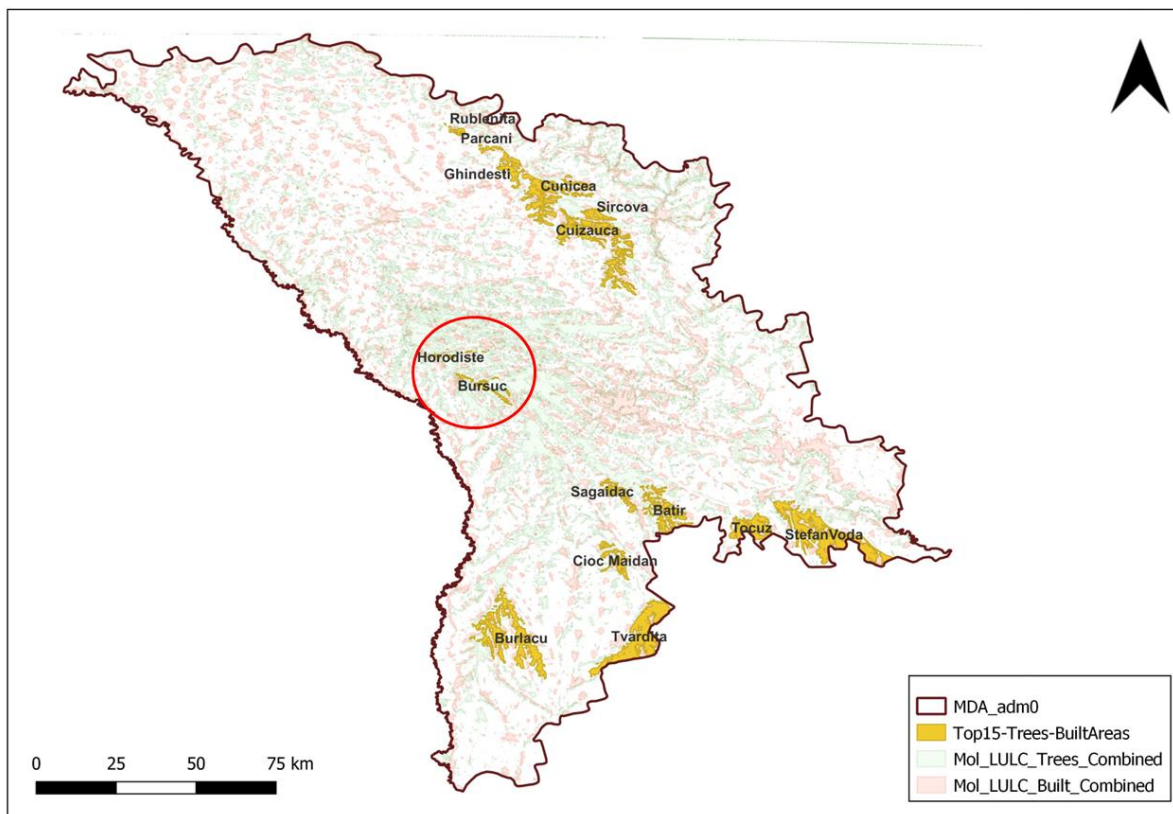


Figura 5 Excluderea pădurilor și a zonelor construite pe baza datelor ESRI. Ariile ZEO Horodiște și Bursuc se reduc semnificativ și sunt evidențiate în hartă.

INTERFERENȚE RADAR

Serviciul Național de Management al Frecvențelor Radio (SNFR) a furnizat straturi și date pentru zonele care ar fi afectate de zona de vizibilitate directă a radarelor, a se vedea Figura 6. Zonele au fost estimate de SNFR pentru înălțimea totală a turbinei eoliene de 50, 75, 100, 125 și 150 de metri. Analiza inițială a fost efectuată pentru unghiul de scanare radar de 0°, care este cel mai nefavorabil caz. Paleta de culori utilizată în Figura 6 este:

- Lipsa culorii - amplasarea turbinelor nu este acceptabilă.
- Prezența culorii - amplasarea turbinelor cu o înălțime maximă indicată în legenda Figura 6.

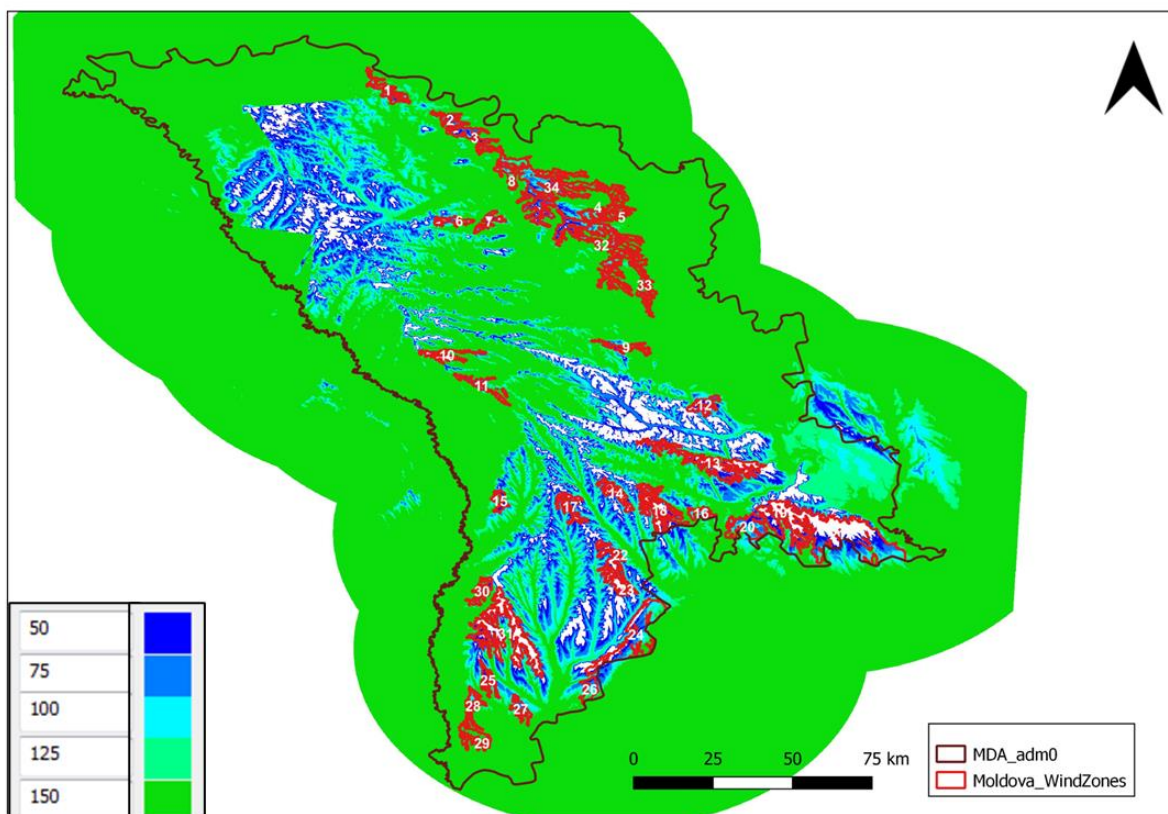


Figura 6 Zona de vizibilitate directă a radarului (unghi de scanare radar de 0°), care indică posibile interferențe ale turbinelor eoliene cu radarul.

Suprapunerea zonelor eoliene din partea de sud a Moldovei cu zonele „inacceptabile” ale SNFR este semnificativă. Deoarece majoritatea parcurilor eoliene moderne de utilități utilizează turbine cu o înălțime totală (înălțimea turnului + lungimea palei) de aproximativ 150 m sau mai mare, SNFR indică faptul că 100% din zona din Moldova ar avea interferențe radar dacă sunt utilizate turbine cu o înălțime de 150 m sau mai mare. Ca punct de referință, deși nu sunt disponibile detalii precise cu privire la înălțimea totală a instalațiilor actuale de turbine eoliene din Moldova, înălțimea totală este cuprinsă între 100 și 120 m (60-80 m înălțimea turnului cu aproximativ 40 m lungimea palei) deasupra nivelului solului. Pe baza concluziilor discuțiilor cu SNFR, impactul acestor instalații de turbine eoliene asupra operațiunilor radar nu este cunoscut.

În urma unor consultări suplimentare cu SNFR, s-a stabilit că stratul din Figura 6 este pentru scenariul cel mai pesimist în care radarele sunt exploatate cu o înclinare de 0° (orizont). SNFR a indicat că, în realitate, majoritatea radarelor sunt exploatate cu o înclinație de 1° sau mai mare și fiecare operator de radar ar trebui consultat pentru a obține înclinația și a efectua următoarea fază a analizei.

La cererea acestui proiect, studiul privind interferențele radar a fost actualizat de SNFR folosind o înclinare a radarului de 1°. Suprapunerea primelor cincisprezece zone de energie eoliană (după excluderea zonei tampon a râurilor și a LULC) cu zonele considerate „inacceptabile” în ceea ce privește interferența radar a fost reexaminată și este ilustrată în Figura 7.

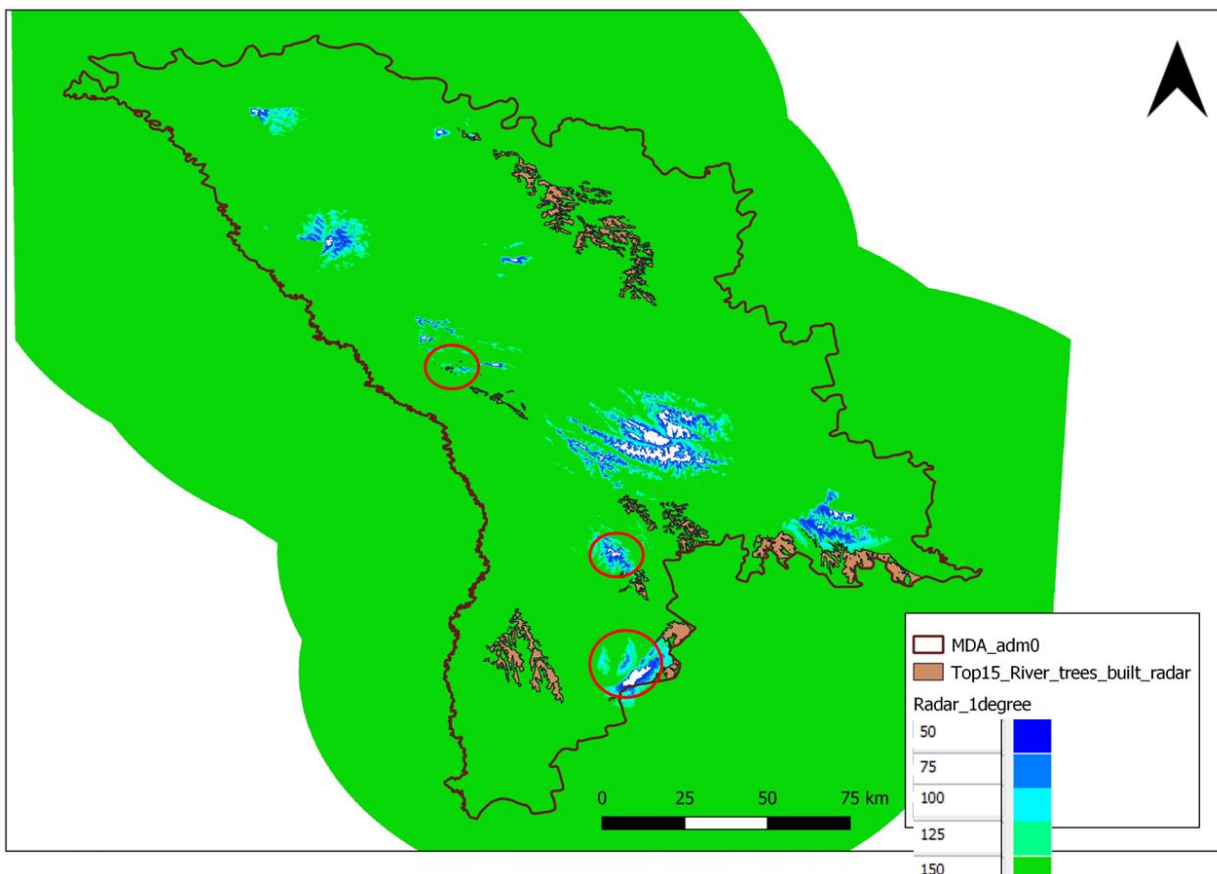


Figura 7 Zona de vizibilitate directă a radarului (unghiul de scanare radar de la 1°), care indică posibile interferențe ale turbinelor eoliene cu radarul.

Se poate observa că sunt afectate trei zone eoliene:

1. ZEO Horodiște devine o zonă interzisă, prin urmare este exclusă.
2. Părțile nordice ale ZEO Cioc Maidan se suprapun cu zone interzise, prin urmare suprafața zonei este redusă.
3. Părțile sudice ale ZEO Tvardița se suprapun cu zone interzise, prin urmare suprafața zonei este redusă.

În plus față de actualul studiu SNFR care acoperă radarele civile, se recomandă ca următoarea analiză să fie efectuată într-o fază ulterioară: evaluarea interferențelor cu câmpul vizual (FOV) al radarelor militare și evaluarea interferențelor cu emițătorii de microunde, cum ar fi turnurile de telefonie mobilă și altele.

OBSTRUȚIONAREA SPAȚIULUI AERIAN AL AVIAȚIEI

Structurile înalte, cum ar fi turbinele eoliene (înălțime de peste 150 de metri deasupra nivelului solului) și stâlpii meteorologici de măsurare a vântului (înălțime de peste 100 de metri) pot obstrucționa spațiul aerian al aviației. Această determinare se face printr-o analiză detaliată efectuată de autoritatea aeronautică competentă, luând în considerare numeroși parametri. În această etapă de delimitare a zonei eoliene, nu este necesar să se solicite o astfel de analiză detaliată. În schimb, a fost efectuată o analiză preliminară prin definirea unei zone tampon cu o rază de 15 km în jurul aeroporturilor din Moldova. Tabelul 4 conține lista aeroporturilor care a fost obținută de la Autoritatea Aeronautică Civilă din Moldova. Figura 8 arată suprapunerea zonei tampon a spațiului aerian de aviație cu top 15 zone eoliene (după excluderea zonei tampon a râurilor, a LULC și a interferențelor radar).

Tabelul 4 Lista aeroporturilor cu locații în Moldova

Denumirea aerodromului	Statutul certificării	Coordonatele punctului de referință al Aerodromului (centrul aerodromurilor)
Indicator de locație	(Până la AGU-2023)	
CHIȘINĂU / INTERNAȚIONAL LUKK	Certificat	46°55'40.0"N 28°55'51.0"E
ET CETERA / NAȚIONAL LUKE	Necertificat	46°27'00.0"N 29°55'46.0"E
HOREȘTI / NAȚIONAL LUK	Necertificat	46°50'13.0"N 28°54'06.0"E
MĂRCULEȘTI / INTERNAȚIONAL LUBM	Certificat	47°51'45.0"N 28°12'46.0"E
VADUL LUI VODĂ / NAȚIONAL LUKV	Necertificat	47°03'45.0"N 29°05'55.0"E

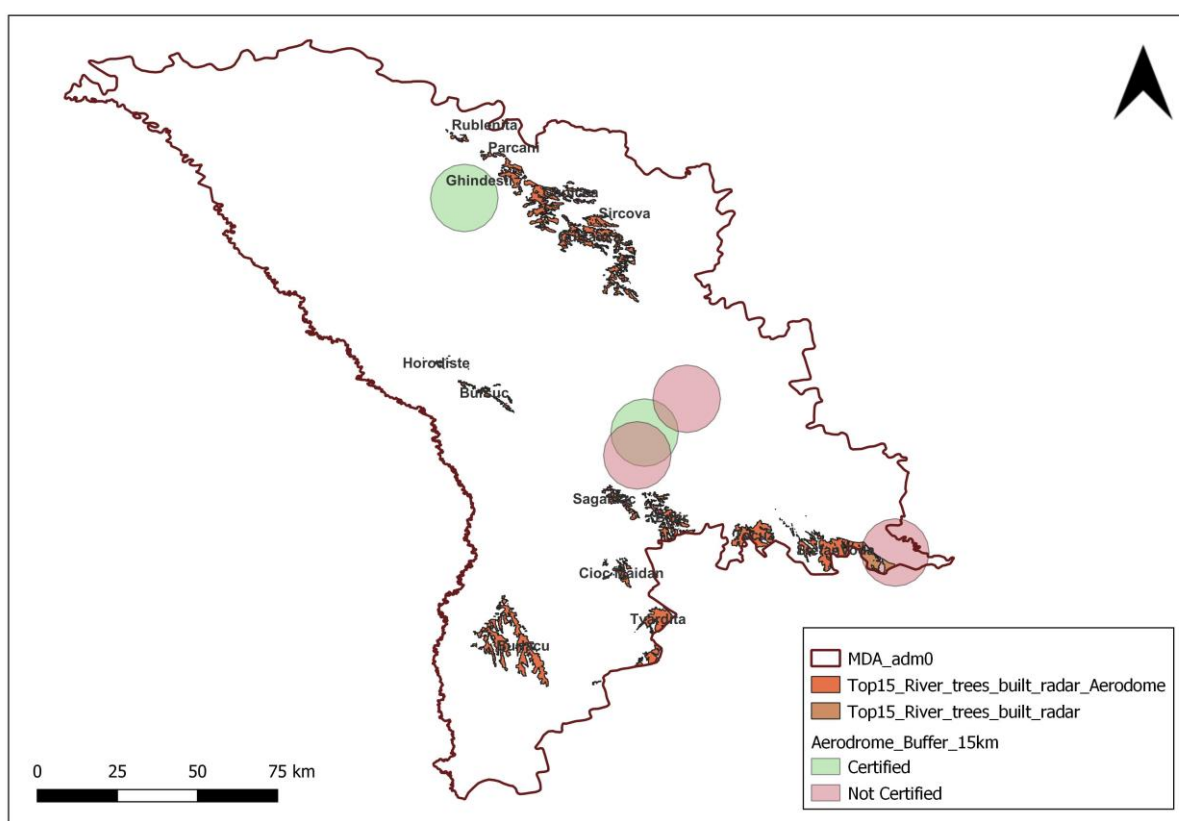


Figura 8 Suprapunerea zonei tampon a spațiului aerian pentru aviație (15 km) cu zonele eoliene identificate.

Pe baza rezultatelor analizei preliminare, prezentate în Figura 8, se poate ajunge la concluzia că top 15 zone eoliene nu se suprapun cu spațiul aerian tampon de 15 km din jurul aerodromurilor certificate din Moldova. Necesitatea de a lua în considerare aerodromurile necertificate trebuie confirmată, iar excluderile bazate pe acestea pot fi efectuate într-o etapă ulterioară, dacă este necesar.

SUPRAPUNEREA CU TIPUL DE SOL BOGAT

Pentru a evita conflictul între terenurile cultivate cu sol bogat și terenurile utilizate pentru producerea de energie din centralele de RE, suprapunerea zonelor eoliene cu tipurile de sol bogat a fost realizată utilizând datele oficiale privind solurile obținute de la ARFC (Agenția Relații Funciare și Cadastru).

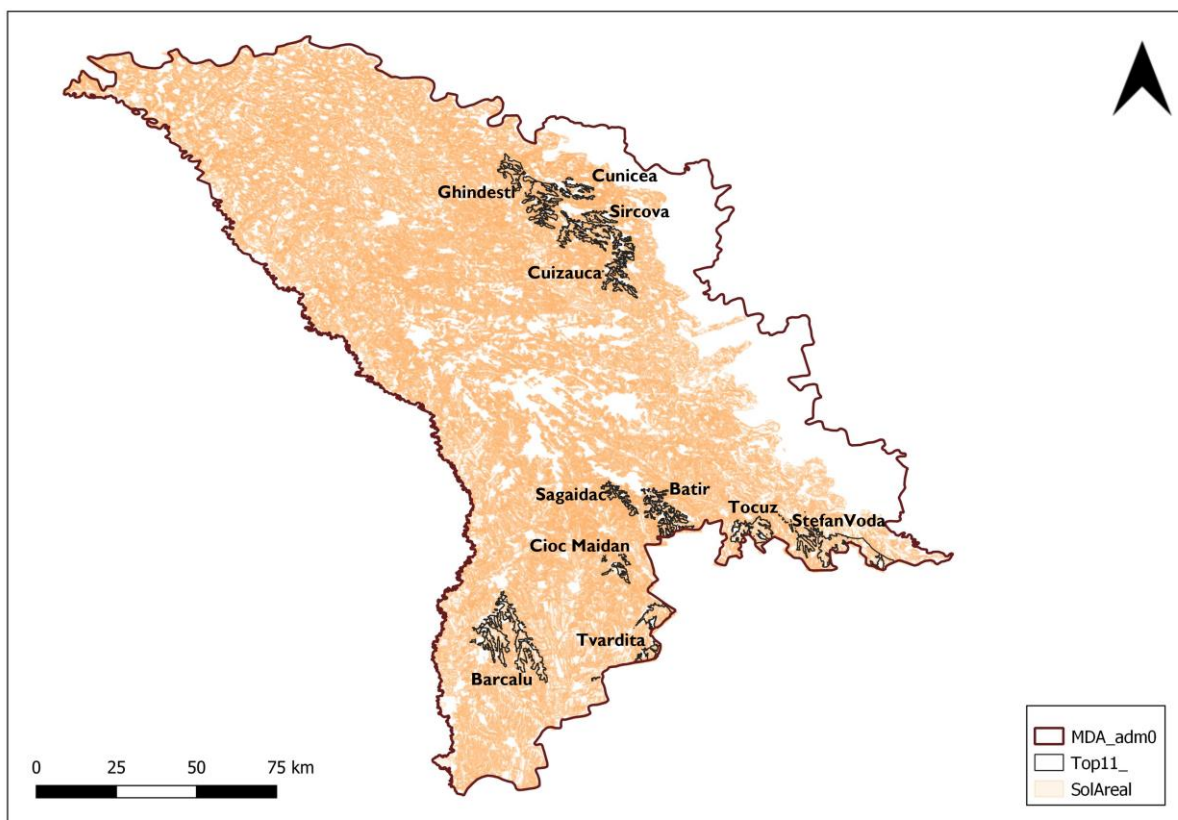


Figura 9 Suprapunerea stratului de sol cu zonele de energie eoliană superioare.

A fost calculată suprapunerea zonelor eoliene cu următoarele 4 tipuri de soluri bogate (dintr-un total de 6 tipuri de sol care sunt răspândite în Moldova):

- Cernoziomuri carbonatice, erodate slab, luto-argiloase
- Soluri cernoziomoide tipice, argilo-lutoase, gleizate slab
- Soluri deluviale molice, argilo-lutoase
- Mocirle tipice, argilo-lutoase

Suprapunerea zonelor eoliene cu stratul de sol este ilustrată în Figura 9 iar suprapunerea procentuală calculată cu tipurile de sol bogat este prezentată în Tabelul 5.

DISTANȚA DINTRE ZONELE EOLIENE ȘI CEL MAI APROPIAT DRUM PRINCIPAL

Distanța de la zone la rețeaua rutieră (D_r) a fost calculată utilizând stratul de drumuri de la ESRI. Distanțele sunt prezentate în Tabelul 2. Trebuie remarcat faptul că top 15 zone se află între 0 și 2,5 km de rețeaua rutieră. Administrația de Stat a Drumurilor (ASD) din Moldova a furnizat datele rețelei rutiere actualizate, în format PDF, la 29 septembrie 2023. Deoarece datele nu sunt disponibile ca strat GIS, valorile D_r nu au putut fi actualizate. Cu toate acestea, a fost efectuată o analiză de sensibilitate pentru a evalua impactul D_r asupra clasificării zonelor eoliene: în cazul extrem în care $D_r = 0$, există o singură modificare a clasificării - zonele Cunică și Batir își schimbă clasificarea. Prin urmare, D_r nu are un impact semnificativ asupra clasamentului. Într-o fază ulterioară a proiectului, ar trebui efectuat un studiu logistic care să ia în considerare rețeaua rutieră actualizată, cu accent pe identificarea rutelor de la punctele de control vamal România-Moldova, care sunt drumuri largi cimentate, cu poduri puternice și tuneluri largi/înalte, care pot susține transportul componentelor turbinelor eoliene.

PRINCIPALELE ZONE DE ENERGIE EOLIANĂ DUPĂ CONSIDERAȚIILE ADIȚIONALE

Din top 15 ZEO, patru sunt excluse în urma suprapunerii cu unele suprafețe restricționate - Bursuc, Horodiște, Rublenița și Parcani. Cele unsprezece zone rămase au fost reclasificate ca urmare a actualizării limitelor zonelor. Clasamentul și atributele actualizate sunt detaliate în secțiunea următoare.

Top unsprezece zone eoliene, clasificate pe baza eLCOE, sunt prezentate în Figura 10 și enumerate în Tabelul 5. Aceste zone sunt răspândite în întreaga țară, ceea ce oferă diversitate geografică. Diversitatea geografică este importantă pentru creșterea rezilienței rețelei, îmbunătățirea fiabilității, reducerea pierderilor și promovarea dezvoltării economice în întreaga țară. În mod specific, reziliența rețelei poate fi îmbunătățită în mod semnificativ prin diversitatea geografică a zonelor eoliene deoarece: a) în regimul N-1, atunci când un activ-cheie se află în întreținere, diversitatea geografică poate minimiza cantitatea de producție eoliană afectată și b) dimensiunea actuală a rezervei pentru situații neprevăzute poate susține producția distribuită în mai multe zone dacă dimensiunea celei mai mari centrale eoliene este mai mică decât cea mai mare rezervă pentru situații neprevăzute, care în prezent este de 250 MW.

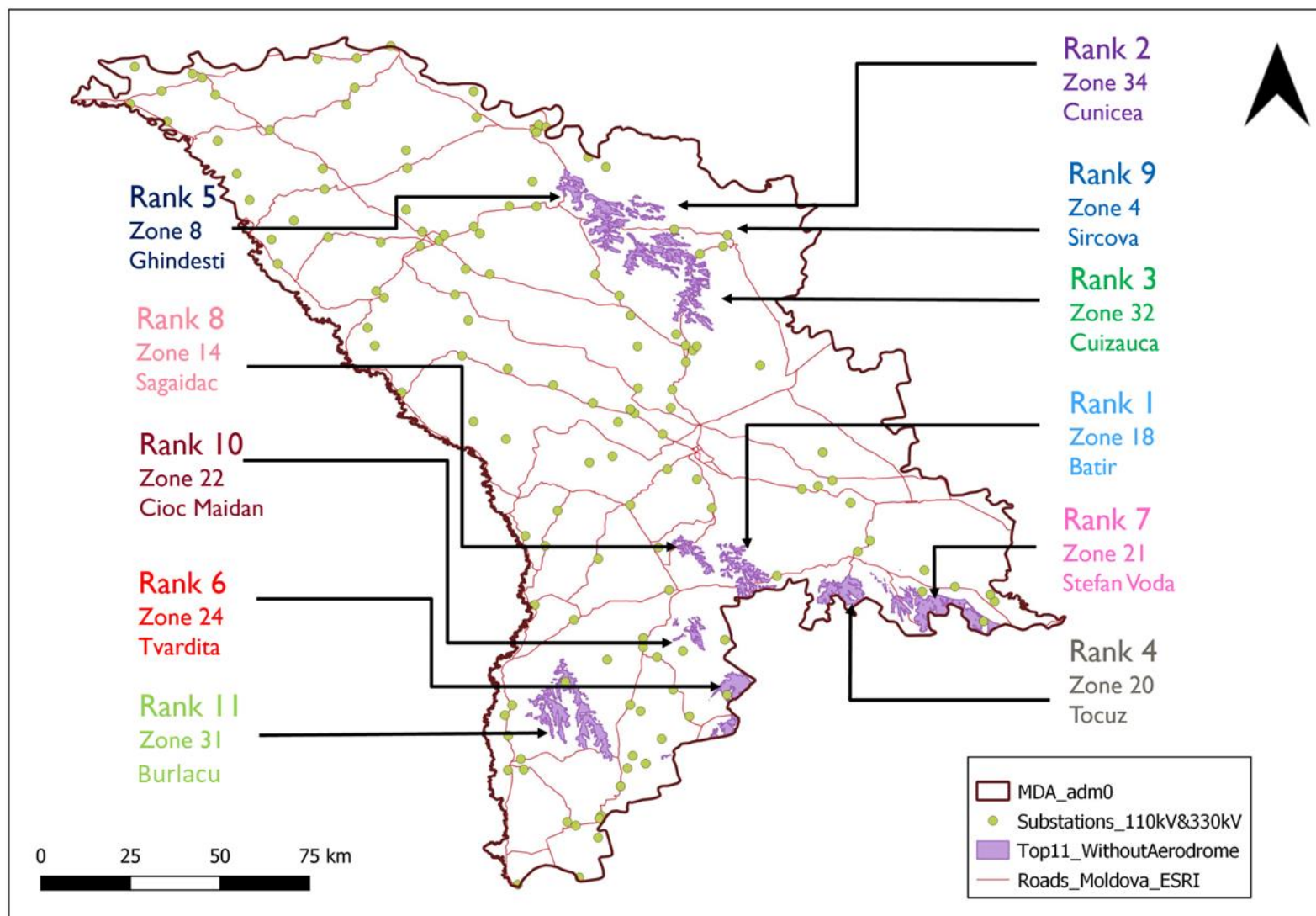


Figura 10 Top unsprezece Zone Eoliene

Tabelul 5 Caracteristicile Zone de Energie Eoliană incluse în top unsprezece.

Zona nr.	Denumirea Zonei	Suprafața inițială (km ²)	Suprafață după excluderi (km ²)	Potențial MW	Factor mediu de capacitate (%)	Altitudine medie (m)	Pantă medie (°)	Viteza medie a vântului (m/s)	Cel mai apropiat nod al rețelei electrice de transport	Suprapunerea zonei cu sol bogat (km ²)	% Suprapunere cu sol bogat*	Distanța până la cel mai apropiat al rețelei electrice (Dt) (km)	Distanța până la cel mai apropiat punct logistic (Dr) (km)	eLCOE
18	Batîr	106	67	334	48.1%	199	4.4	7.32	Taraclia Nord	63	94.52%	2.7	0.0	0.0541 \$
34	Cunicea	273	126	632	48.2%	266	5.3	7.33	Șoldănești	122	96.20%	4.7	0.0	0.0541 \$
32	Cuizăuca	205	143	715	48.0%	255	5.4	7.30	Cinișeuți	136	94.88%	1.8	0.0	0.0542 \$
20	Tocuz	86	77	386	48.0%	169	3.0	7.30	Căușeni	76	98.32%	9.4	0.0	0.0544 \$
8	Ghindești	23	23	114	47.9%	249	5.0	7.30	Răduleni	23	98.59%	6.7	0.0	0.0544 \$
24	Tvardița	207	76	382	47.7%	170	2.2	7.27	Tvardița	71	94.08%	0.1	0.0	0.0545 \$
21	Ștefan Vodă	446	156	780	47.4%	137	2.3	7.22	Ștefan Vodă	151	96.75%	0.1	0.0	0.0548 \$
14	Sagaidac	36	26	132	47.4%	216	5.8	7.24	Gura Galbenei	25	92.55%	4.1	0.0	0.0549 \$
4	Sîrcova	28	24	119	47.4%	258	4.5	7.25	Șoldănești	23	98.48%	1.4	1.1	0.0551 \$
22	Cioc Maidan	43	22	110	47.4%	173	4.3	7.24	Bășcalia	21	95.32%	4.6	1.2	0.0551 \$
31	Burlacu	227	189	945	47.1%	212	3.4	7.25	Baimaclia	183	96.68%	0.0	0.0	0.0552 \$

Cea mai bună zonă eoliană este Batîr, urmată de Cunicea. Valorile eLCOE sunt pentru o capacitate totală instalată (TIC) de 1,400 de dolari pe kW și o rentabilitate a capitalului propriu (ROE) de 11%.

Clasamentul de mai sus presupune că cel mai apropiat nod al rețelei electrice de transport de la WEZ ar fi capabil să absoarbă producția din capacitatea eoliană planificată. A fost efectuată o analiză alternativă folosind datele furnizate de Moldelectrica cu privire la capacitatea disponibilă de injecție de energie la substațiile de 110 kV și 330 kV. Această analiză este prezentată în secțiunea următoare.

ALOCAREA CAPACITĂȚII EOLIENE PENTRU 2030 ȘI 2050 ÎN TOP UNSPREZECE ZONE EOLIENE

Energia regenerabilă, în special energia eoliană, poate ajuta în mod semnificativ Moldova în implementarea agendei sale de decarbonizare. Prin urmare, în conformitate cu obiectivele Moldovei privind producția din surse regenerabile de energie, proiecțiile capacității eoliene pentru 2030 și 2050 au fost calculate în funcție de două scenarii:

1. Scenariul 1 - Energia eoliană ca procent din consumul de energie proiectat de 30% până în 2030 și 50% până în 2050.
2. Scenariul 2 - Capacitate eoliană nouă de 600 MW până în 2030 și de 3 000 MW până în 2050, pe baza analizei TIMES¹⁵.

SCENARIUL 1: DEZVOLTARE TEMPERATĂ A ENERGIEI RGENERABILE

Calculul capacităților eoliene pentru acest scenariu este prezentat în Tabelul 6. S-a presupus că mixul de capacitate eoliană-solară este de 70:30, iar factorul mediu de capacitate al centralelor eoliene noi a fost de 45% (pe baza factorului de capacitate în zonele eoliene identificate). Calculul include de asemenea capacitatea eoliană existentă la momentul realizării studiului (110 MW) și se presupune că factorul mediu de capacitate al centralelor eoliene existente este de 20%. Pe baza ipotezelor de mai sus, noua capacitate eoliană necesară până în 2030 și 2050 a fost calculată pentru două cazuri (a se vedea Tabelul 6):

1. **Scenariul 1A:** Având în vedere contribuția centralelor eoliene existente la obiectivele de pătrundere a energiei eoliene pentru 2030 și 2050.
2. **Scenariul 1B:** Fără nicio contribuție din partea centralelor eoliene existente (din cauza vechimii centralelor eoliene și a echipamentelor existente) la obiectivele privind cota energiei eoliene pentru 2030 și 2050.

Tabelul 6 Proiecțiile capacității eoliene pentru 2030 și 2050.

	2030	2050
Consum de energie electrică prognozat (TWh) ¹⁵	5.6	8.96
Cota RE (%)	30%	50%
Contribuția RE (TWh)	1.68	4.48
Contribuția surselor eoliene (%)	70%	70%
Contribuția surselor eoliene (TWh)	1.18	3.14
Factorul mediu de capacitate al noilor centrale eoliene (%)	45%	45%
Capacitatea eoliană existentă (MW)	110	110
Factorul mediu de capacitate al centralelor eoliene ieșite din uz (%)	20%	20%
Scenariul 1A (MW)	249	747
Scenariul 1B (MW)	298	796
Scenariul 2 (MW)	600	3,000
Scenariul 2 Cota RE (%)	51%	147%

¹⁵ Exercițiu de modelare TIMES (2022). Sursă: „Revizuirea Strategiei Energetice a Republicii Moldova Perspectivele de dezvoltare a sectorului energiei electrice”, prezentare realizată de proiectul USAID MESA, Chișinău, noiembrie 2022.

SCENARIUL 2: DEZVOLTARE OPTIMISTĂ A SURSELOR REGENERABILE

În acest scenariu, obiectivele privind capacitatea eoliană sunt de 600 MW până în 2030 și de 3 000 MW până în 2050. Presupunând un factor de capacitate mediu de 45%, până în 2030, cota RE crește de la 30% în scenariul 1 la 51% în scenariul 2. În 2050, pătrunderea ER crește de la 50% la 147%, ceea ce înseamnă că producția anuală din surse de RE depășește cererea anuală din țară cu 47%, ceea ce este un scenariu peste așteptări.

ALOCAREA CAPACITĂȚILOR EOLIENE ZONELOR EOLIENE

În Tabelul 7 este listată alocarea capacității eoliene între cele unsprezece zone eoliene principale pe baza constrângerilor rețelei de transport existente (capacitatea disponibilă la substațiile de 110 kV), pentru fiecare scenariu. Logica utilizată pentru repartizarea capacității eoliene pe zone este următoarea:

- Capacitatea eoliană este alocată zonelor în ordinea crescătoare a eLCOE.
- Capacitatea eoliană a fiecărei zone este cea mai mică dintre două cantități: potențialul în MW al zonei eoliene și capacitatea disponibilă la cel mai apropiat nod al rețelei electrice de transport.
- Alocarea pe zone se oprește atunci când este atinsă capacitatea eoliană țintă. Sunt luate în considerare numai cele unsprezece zone eoliene.

Din Tabelul 7 se poate observa că, în scenariile 1A, 1B (2030 și 2050) și în scenariul 2 (numai 2030), cantitatea vizată de capacitate eoliană nouă poate fi instalată în cele unsprezece zone eoliene, fără nicio modernizare a rețelei. Obiectivul privind energia eoliană pentru 2050 în scenariul 2 depășește cantitatea de capacitate disponibilă în top unsprezece zone eoliene, ceea ce este indicat de capacitatea eoliană de 2 088 MW care nu este alocată zonelor eoliene. Există două opțiuni pentru a atinge obiectivul de capacitate eoliană de 3 000 MW pentru 2050:

- Modernizarea rețelei de transport și substațiilor din aria geografică a celor unsprezece zone eoliene.
- Utilizarea a mai mult de unsprezece zone eoliene, în paralel cu creșterea capacității rețelei de transport.

Pentru a evalua cele două opțiuni și pentru a determina numărul de zone top care ar trebui utilizate pentru a atinge obiectivul privind capacitatea eoliană se recomandă realizarea unei analize cost-beneficiu detaliate.

Tabelul 7 Alocarea capacităților eoliene în MW în topul zonelor eoliene.

#	Denumirea Zonei	Potențialul MW al Zonelor	Cel mai apropiat NodT	Capacitatea de injecție la NodulT (MW)	Capacitatea eoliană Scenariul 1A		Capacitatea eoliană Scenariul 1B		Capacitatea eoliană Scenariul 2	
					2030	2050	2030	2050	2030	2050
18	Batîr	334	Taraclia Nord	73	73	73	73	73	73	73
34	Cunicea	632	Șoldănești	74	74	74	74	74	74	74
32	Cuizăuca	715	Cinișeuți	96	96	96	96	96	96	96
20	Tocuz	386	Căușeni	130	6	130	55	130	130	130
8	Ghindești	114	Rădulenii	73		73		73	73	73
24	Tvardița	382	Tvardița	82		82		82	82	82
21	Ștefan Vodă	780	Ștefan Vodă	76		76		76	72	76
14	Sagaidac	132	Gura Galbenei	95		95		95		95
4	Sîrcova	119	Șoldănești	74		48		74		74
22	Cioc Maidan	110	Başcalia	71				23		71
31	Burlacu	945	Baimaclia	71						71
	Alte ZEO*									2,088
	Total MW	4,649		912	249	747	298	796	600	3,000

NodT: Nod de transmisie

ETAPA 3: TOP 5 ZEO PENTRU MOLDOVA

Top unsprezece zone din subsecțiunea anterioară au fost revizuite în continuare pentru a identifica top 5 zone eoliene pe baza următoarelor considerente:

1. Examinarea în teren a zonelor eoliene incluse în top 11.
2. Consultarea părților interesate și recomandările primite în vederea consolidării top 11 zone în ZEO mai mari pentru a se asigura că există o suprafață suficientă care să permită găzduirea a peste 200 MW de capacitate eoliană.
3. După consolidarea zonelor o capacitate a rețelei electrice de transport mai mare ar fi disponibilă, ceea ce va permite integrarea în rețea a unei capacități eoliene mai mari într-o ZEO fără modernizări majore ale rețelei.

EXAMINAREA ÎN TEREN A ZONELOR EOLIENE INCLUSE ÎN TOP 11

În perioada 20-24 octombrie 2023, au fost efectuate examinarea în teren a top unsprezece zone în vederea validării rezultatelor studiului analitic și pentru a reflecta mai bine condițiile de pe teren legate de utilizarea terenurilor, vegetație, relief și alte aspecte. Locațiile zonelor vizitate sunt prezentate sub formă de ace galbene în Figura 11, iar detalii suplimentare sunt prezentate în Tabelul 8.

Tabelul 8 Localizarea vizitelor siturilor

Data	Zona	Sit	Lat	Long
20-oct-23	Ștefan-Vodă	Sit 1	46.473580	29.676564
		Sit 2	46.460767	29.592353
		Sit 3	46.443309	29.642074
		Sit 4	46.565459	29.546389
	Tocuz	Sit 1	46.550755	29.380590
		Sit 2	46.511517	29.385043
	Batîr	Sit 1	46.669728	28.992074
		Sit 2	46.655779	28.946106
		Sit 3	46.532433	29.011643
21-oct-23	Sagaidac	Sit 1	46.684236	28.821459
		Sit 2	46.667000	28.829400
	Cioc Maidan	Sit 1	46.376990	28.822410
		Sit 2	46.358075	28.835646
	Tvardița	Sit 1	46.172851	28.951073
		Sit 2	46.189127	28.372342
	Burlacu	Sit 1	45.945247	28.533360
		Sit 2	46.189127	28.372342
23-oct-23	Cuizăuca	Sit 1	47.535024	28.794597
		Sit 2	47.579907	28.812950
		Sit 3	47.685487	28.830995
24-oct-23	Cunicea	Sit 1	47.831289	28.526335
		Sit 2	47.927224	28.485916
		Sit 3	47.842869	28.518242
	Ghindești	Sit 1	47.997775	28.387955

Sit 2	47.933734	28.376953
Sit 3	47.990442	28.414854

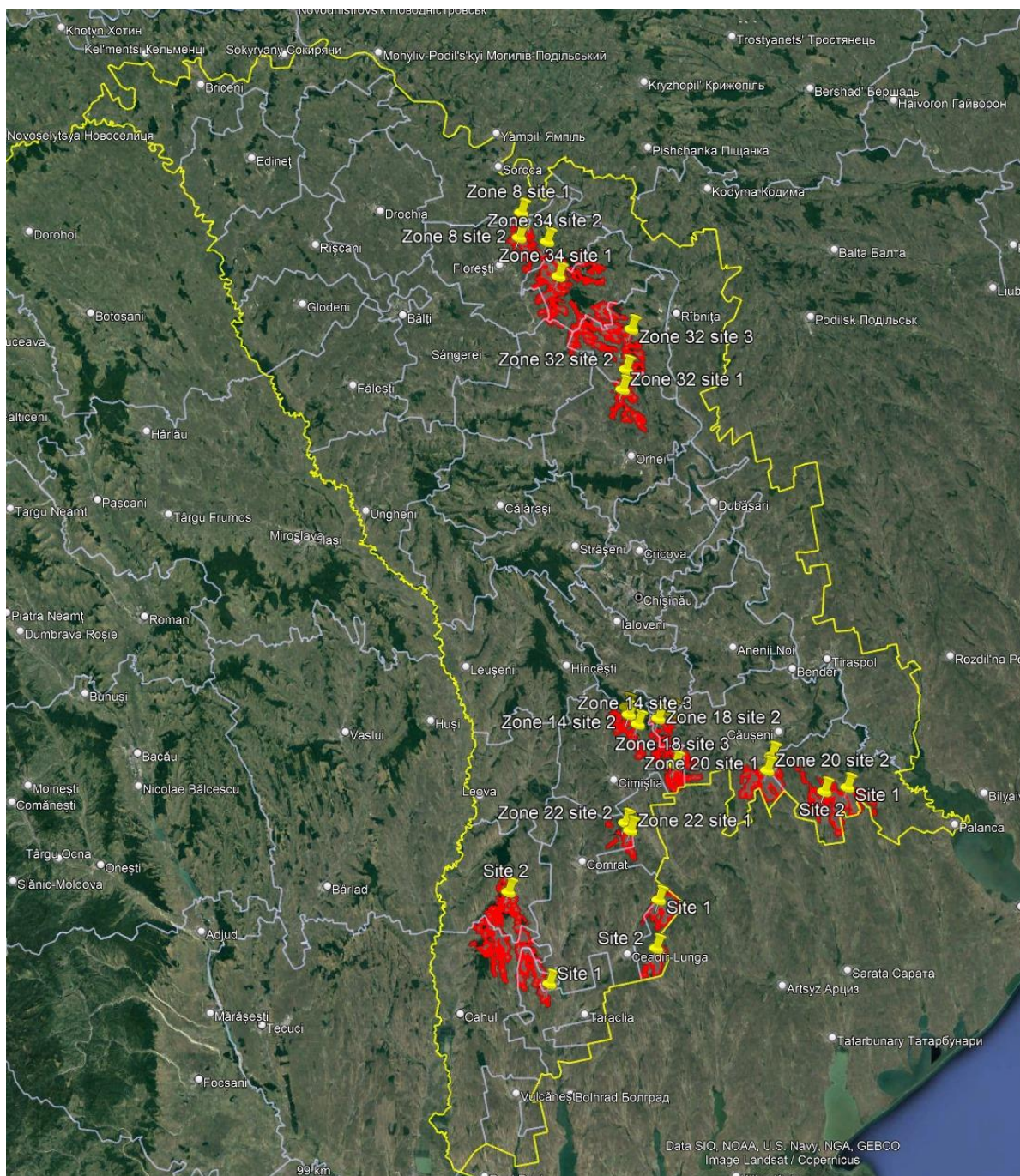


Figura 11 Locațiile (ace galbene) ale vizitelor siturilor în cele top 11 zone.

Concluziile vizitelor siturilor sunt următoarele:

- Top unsprezece zone eoliene au resurse eoliene bune. Treisprezece instalații de turbine eoliene (cu o capacitate totală mai mică de 20 MW) au fost identificate în patru din cele unsprezece zone.

- Majoritatea terenurilor din aceste zone sunt utilizate în scopuri agricole, dar centralele eoliene din aceste zone pot fi amenajate astfel încât să reducă la minimum impactul asupra terenurilor agricole.
- În timpul vizitei siturilor nu au fost identificate probleme legate de impactul asupra mediului.

CONSOLIDAREA TOP 11 ZEO

În urma examinării în teren și a consultării părților interesate, ZEO aflate în proximitate au fost consolidate pentru a asigura un potențial de MW suficient pentru a găzdui peste 200 MW de capacitate eoliană. Acest lucru ar permite dezvoltarea mai multor proiecte eoliene în cadrul unei ZEO. Consolidarea ZEO crește, de asemenea, capacitatea disponibilă a rețelei electrice de transport, permițând astfel integrarea în rețea a unor capacități eoliene mai mari fără a necesita modernizări majore ale rețelei de transport. Cele șase zone ZEO care au fost consolidate în trei zone sunt:

- Batîr și Sagaidac
- Cuizăuca și Sîrcova
- Cunicia și Ghindești

Consolidarea este prezentată în Figura 12 iar proprietățile sunt prezentate în Tabelul 9.

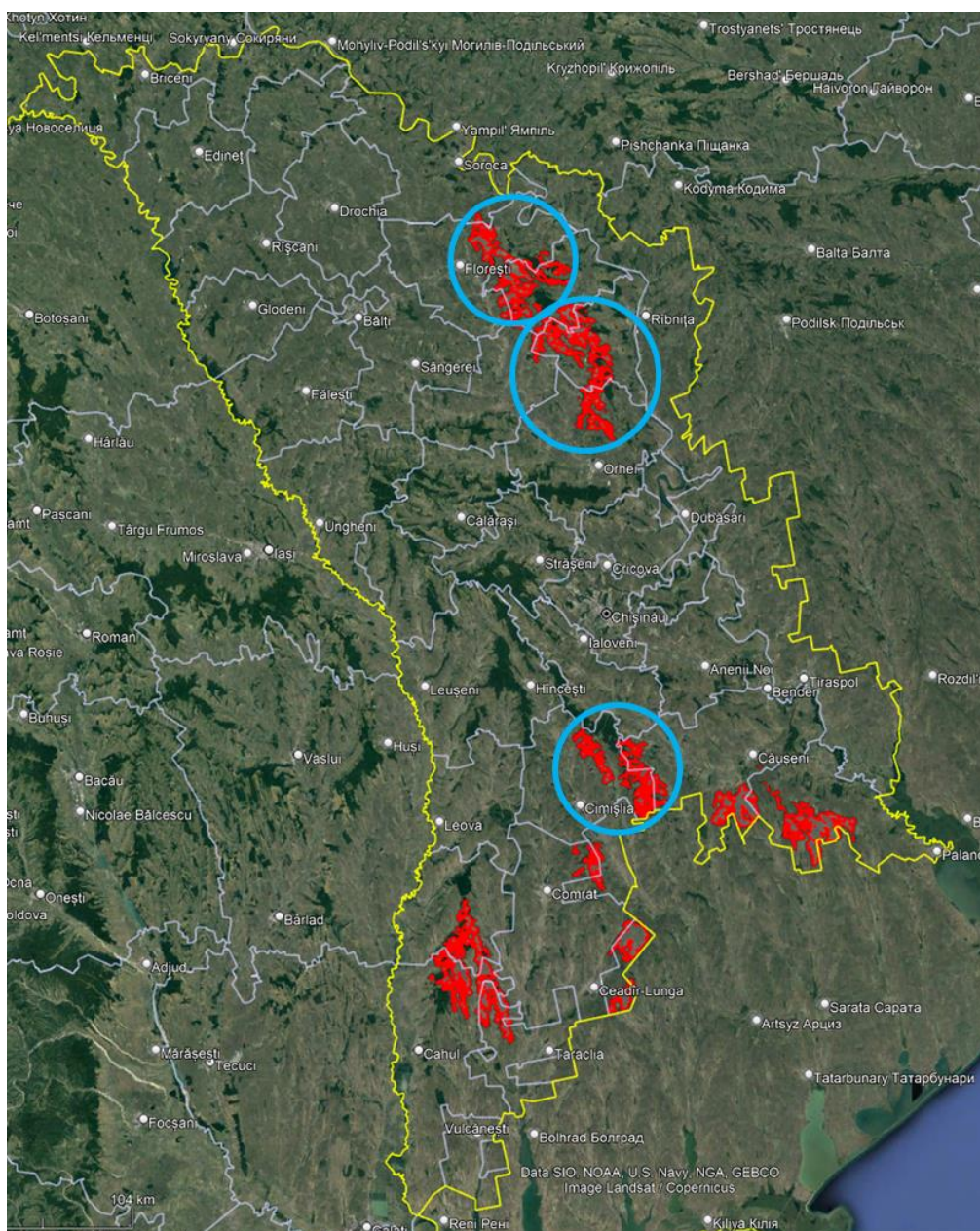


Figura 12 ZEO situate în apropiere unele de altele sunt consolidate, după cum indică cercurile albastre.

Tabelul 9 Consolidarea top 11 în 8 zone

Regiune	Denumirea Zonei	Potențial MW	Cele mai apropiate substații	CI disponibilă (MW)	CI adițională ¹⁶ (MW)	Observații privind siturile
Sud-Centru	Batîr + Sagaidac	466	Taraclia Nord, Gura Galbenei	168	98	4 WTG-uri existente observate în Batîr. SS Cimișlia situată în apropiere poate adăuga încă 98 MW de capacitate de injecție
Sud-Est	Tocuz	386	Căușeni	130	-	1 WTG observată
	Ștefan Vodă	780	Ștefan Vodă	76	144	SS Răscăieții Noi și Căplani sunt situate în apropiere și pot adăuga 144 (73+71) MW de capacitate de injecție
Sud-Vest	Cioc Maidan	110	Başcalia	71	71	SS Basarabeasca situată în apropiere poate adăuga 71 MW de capacitate de injecție
	Tvardița	382	Tvardița	82	84	SS Ceadîr-Lunga situată în apropiere poate adăuga 84 MW de capacitate de injecție
	Burlacu	945	Baimaclia	71	153	SS Gotești și Novosiolovca situate în apropiere pot adăuga 153 (71+82) MW de capacitate de injecție
Nord-Est	Cuizăuca + Sîrcova	834	Cinișeuți, Șoldănești	170	180	2 WTG-uri existente observate în Cuizăuca. SS Rezina și Cișmea situate în apropiere pot adăuga 180 MW (96+84) de capacitate de injecție
	Cunicea + Ghindești	746	Șoldănești, Răduleni	147	297	6 WTG existente observate în Cunicea (denumirea centralei - USB A 1W). SS Florești și Vertiujeni pot adăuga 297 (226+71) MW de capacitate de injecție

¹⁶ CI: capacitate de injecție, SS: substație, WTG: turbină eoliană. CI suplimentare provin de la SS de 110 kV (în afară de cea mai apropiată) care sunt situate la mai puțin de 9 km de ZEO.

Pe lângă capacitatea disponibilă a rețelei de transport la cele mai apropiate substații de 110 kV, în Tabelul 9 sunt enumerate capacitățile suplimentare de injecție de la substațiile de 110 kV aflate la mai puțin de 9 km de ZEO. Suma celor două capacități de injecție reprezintă capacitatea totală de injecție disponibilă (TAIC). De notat că capacitățile rețelei nu iau în considerare avizele de racordare care au fost emise pentru proiectele de producere a energiei electrice la momentul realizării studiului, ci doar capacitățile puse în funcțiune.

REZULTATUL CONSOLIDĂRII

Cele opt ZEO consolidate din Tabelul 9 au fost reduse la top 5 ZEO în etapa finală în scopul planificării unei campanii de măsurare a potențialului eolian la fața locului. Selecția s-a bazat pe următoarele criterii:

1. Diversitate geografică - cel puțin o ZEO în fiecare regiune a Moldovei.
2. Potențial de energie eoliană (WPP) minim de 200 MW - Pe baza acestui criteriu a fost exclusă ZEO Cioc Maidan. Toate celelalte ZEO au WPP > 200 MW.
3. TAIC maxim - Pe baza acestui criteriu:
 - a. Ștefan Vodă a fost selectat pentru regiunea Sud-Est.
 - b. Burlacu a fost selectat pentru din regiunea Sud-Vest.
 - c. Ambele zone din regiunea Nord-Est au fost selectate datorită TAIC ridicate.

eLCOE ale celor 5 ZEO au fost recalculate și sunt enumerate în

Tabelul 10. În rezultat, top 5 zone dispun de suprafața de teren necesară pentru a găzdui 3 771 MW de capacitate eoliană, iar cele mai apropiate substații dispun de capacitatea de injecție disponibilă pentru a găzdui 1 504 MW de capacitate eoliană.

Tabelul 10 Top 5 ZEO

Denumirea Zonei	Regiune	WPP (MW)	Cea mai apropiată SS	TAIC* (MW)	eLCOE (\$/kWh)
Cuncea + Ghindești	Nord-Est	746	Șoldănești + Rădulenii + Florești + Vertiujeni	444	0.0542 \$
Batîr + Săgaidac	Centru-Sud	466	Taraclia Nord + Gura Galbenei + Cimișlia	266	0.0543 \$
Cuizăuca + Sîrcova	Nord-Est	834	Cinișeuți + Șoldănești + Rezina + Cișmea	350	0.0544 \$
Ștefan Vodă	Sud-Est	780	Ștefan Vodă + Răscăeții Noi + Căplani	220	0.0548 \$
Burlacu	Sud-Vest	945	Baimaclia + Gotești + Novosiolovca	224	0.0552 \$
Total		3,771		1,504	

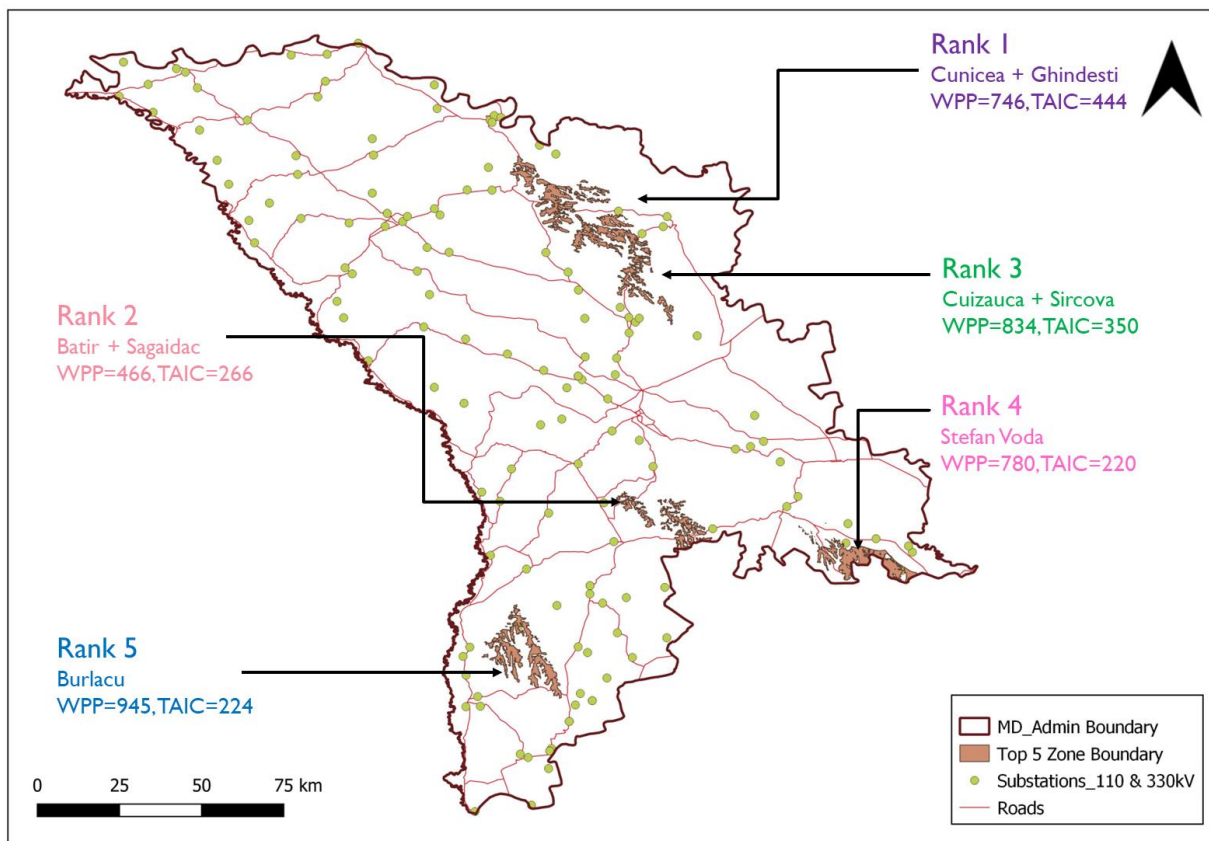


Figura 13 Top cinci ZEO din Moldova

ALOCAREA CAPACITĂȚII EOLIENE PENTRU 2030 ȘI 2050 ÎN TOP 5 ZEO

Cotele de capacitate prognozate pentru 2030 și 2050 au fost recalulate pentru top 5 ZEO. Logica utilizată este aceeași cu cea descrisă în sub-sectiunea „**Error! Reference source not found.**”. Alocările de capacitate pentru top cinci ZEO sunt enumerate în Tabelul 11.

Tabelul 11 Alocarea capacităților eoliene pentru 2030 și 2050 pentru top 5 ZEO

Denumirea Zonei	Potențial MW	Cele mai apropiate noduri T	TAIC (MW) la Tnod	Scenariul 1A		Scenariul 1B		Scenariul 2	
				2030	2050	2030	2050	2030	2050
Cunicea + Ghindești	746	Șoldănești + Rădulenii + Florești + Vertiujeni	444	249	444	298	444	444	444
Batîr + Sagaidac	466	Taraclia Nord + Gura Galbenei + Cimișlia	266		266		266	156	266
Cuizăuca + Sîrcova	834	Cinișeuți + Șoldănești + Rezina + Cișmea	350		37		86		350
Ștefan Vodă	780	Ștefan Vodă + Râscăeții Noi + Căplani	220						220
Burlacu	945	Baimaclia + Gotești + Novosilovca	224						224
Alte Zone eoliene									1,496
Total	3,771		1,504	249	747	298	796	600	3,000

Se poate observa că cota energiei regenerabile pentru Scenariile 1A, 1B (2030 și 2050) și Scenariul 2 (doar 2030) poate fi atinsă utilizând potențialul de dezvoltare a centralelor eoliene amplasate în top cinci zone eoliene, fără necesitatea modernizării rețelei de transport. Obiectivul privind energia eoliană pentru 2050 în Scenariul 2 depășește cantitatea de capacitate de injecție disponibilă în top unsprezece zone eoliene, ceea ce este indicat de capacitatea eoliană de 1 496 MW, care nu este atribuită zonelor eoliene identificate. Există două opțiuni pentru a atinge obiectivul de capacitate eoliană de 3 000 MW pentru 2050:

- Modernizarea rețelei de transport care conectează substațiile în cele top unsprezece zone eoliene.
- Utilizarea a mai mult de unsprezece zone eoliene, în paralel cu modernizarea capacității rețelelor electrice.

Pentru a evalua cele două opțiuni și pentru a determina numărul de zone top care ar trebui utilizate pentru a atinge obiectivul privind capacitatea eoliană se recomandă realizarea unei analize cost-beneficiu detaliate.

.

CONCLUZII

Pentru a identifica zonele de energie eoliană din Moldova, MESA împreună cu specialiștii locali a pus în aplicare o metodologie globală bazată pe cele mai bune practici. În Etapa 1, au fost identificate 34 de zone eoliene preliminare utilizând seturi de date din surse deschise de date, care descriu calitatea resurselor, a terenului, a distanței până la nodul rețelei electrice de transport, a distanței până la nodul logistic și a lipsei suprapunerii zonelor eoliene cu zonele protejate.

În Etapa 2, zonele preliminare au fost revizuite în baza datelor oficiale obținute de la autorități. Din cele 34 de zone eoliene, au fost utilizate considerente suplimentare pentru a actualiza rezultatele constituind 15 zone eoliene. Criteriile suplimentare care au fost luate în considerare au fost:

1. Rutele de migrație a păsărilor migratoare - tampon de 10 km aplicat de-a lungul râurilor Nistru și Prut, cu excluderea suprapunerilor cu ZEO.
2. Utilizarea și destinația terenurilor - au fost excluse suprapunerile ZEO a terenurilor cu arbori și zonele construite.
3. Interferențe ale radarelor - au fost excluse suprapunerile ZEO cu zonele interzise în apropierea radarelor civile.
4. Aerodromuri - au fost excluse suprapunerile ZEO cu zona tampon de 15 km din jurul aerodromurilor certificate.
5. Sol bogat - au fost calculate suprapunerile ZEO cu sol bogat.
6. Dr (distanța până la cel mai apropiat drum) - Deoarece Dr pentru cele mai importante ZEO a fost foarte scurtă (0 - 2,4 km), a fost efectuată o analiză pentru a verifica sensibilitatea eLCOE a top unsprezece zone eoliene la Dr. Pe baza analizei, s-a concluzionat că Dr nu are niciun efect semnificativ asupra clasamentului eLCOE al ZEO.

Îmbunătățirile de mai sus au dus la excluderea a patru zone din top 15 zone. Costul nivelat extins al energiei (eLCOE) a fost utilizat pentru a clasifica din nou cele unsprezece zone eoliene rămase.

În plus față de identificarea celor unsprezece zone eoliene în Etapa 2, capacitatea eoliană a zonelor de top a fost comparată cu obiectivele de energie regenerabilă stabilite de Moldova în vederea atingerii obiectivelor de decarbonizare a sectorului energetic. Au fost luate în considerare următoarele scenarii:

1. Scenariul 1A: cota surselor regenerabile în consumul de energie = 30% până în 2030 și 50% până în 2050. În acest scenariu, a fost luată în considerare contribuția centralelor eoliene existente țintele generării din surse regenerabile pentru 2030 și 2050. Cantitatea totală de noi capacități eoliene alocate zonelor este de 249 MW până în 2030 și de 747 MW până în 2050.
2. Scenariul 1B: cota surselor regenerabile în consumul de energie = 30% până în 2030 și 50% până în 2050, fără nicio contribuție din partea centralelor eoliene existente (din cauza vechimii centralelor eoliene și a echipamentelor existente). Cantitatea totală de noi capacități eoliene ce poate fi amplasată în zonele eoliene este de 298 MW până în 2030 și 796 MW până în 2050.
3. Scenariul 2: De asemenea, a fost luat în considerare un al doilea scenariu cu obiective mai ambițioase privind generarea energiei eoliene, conform țăintelor din proiectul Strategiei Energetice a Moldovei până în 2050 - 600 MW până în 2030 și 3 000 MW până în 2050.

Amplasarea centralelor eoliene în zonele eoliene a arătat că capacitatea eoliană vizată în scenariile 1A și 1B pentru 2030 și 2050 și în scenariul 2 pentru 2030 poate fi satisfăcută de utilizând capacitățile disponibile ale stațiilor electrice aflate în apropierea top unsprezece zone. Cu toate acestea, pentru a găzdui o capacitate eoliană comparabilă cu cea planificată pentru 2050 în cele unsprezece zone eoliene, ar fi necesare modernizări ale rețelei de transport.

În faza inițială a Etapei 3, au fost efectuate examinări în teren în top unsprezece zone pentru a valida rezultatele studiului analitic și pentru a reflecta mai bine condițiile din teren legate de utilizarea terenurilor, vegetație, relief și alte aspecte. Concluziile vizitelor la fața locului realizate în octombrie 2023 sunt următoarele:

- Top unsprezece zone eoliene au resurse eoliene bune. Treisprezece instalații de turbine eoliene (cu o capacitate totală mai mică de 20 MW) au fost identificate în patru din cele unsprezece zone.
- Majoritatea terenurilor din aceste zone sunt utilizate în scopuri agricole, dar centralele eoliene din aceste zone pot fi amenajate astfel încât să reducă la minimum impactul asupra terenurilor agricole.
- În timpul examinării în teren nu au fost identificate probleme legate de impactul asupra mediului.

Top 11 zone eoliene a fost redus în continuare la top 5 zone prin îndepărtarea câtorva zone cu o suprafață și o capacitate total disponibilă a rețelei de transport (TAIC) mai mici și prin consolidarea zonelor rămase în fiecare din regiunile Moldovei. Cele cinci zone eoliene de top au un potențial total de energie eoliană de 3 771 MW, în timp ce capacitatea totală disponibilă a rețelei de transport aferente este de 1 504 MW. Rezultatele Etapei 3 sunt enumerate în Tabelul 12:

Tabelul 12 Top cinci zone de energie eoliană.

Zonă Eoliană	Descriere	Potențial eolian, MW	TAIC, MW
Cunicea + Ghindești	Zona se găsește în partea de nord-est a Moldovei. Are resurse eoliene înalte (viteza medie a vântului - 7,33 m/s), distanță mică până la cel mai apropiat nod ale rețelei de transport, pe drum regional și eLCOE de 54,2 USD pe MWh. Cele mai apropiate substații sunt Șoldănești, Rădulenii, Florești și Vertiujeni.	746	444
Batîr + Sagaidac	Zona se găsește în partea central-sudică a Moldovei. Are resurse eoliene înalte (viteza medie a vântului - 7,29 m/s), distanță mică până la cel mai apropiat nod ale rețelei de transport, pe drum regional și eLCOE de 54,3 USD pe MWh. Cele mai apropiate substații sunt Taraclia Nord, Gura Galbenei și Cimișlia.	466	266
Cuizăuca + Sîrcova	Zona se găsește în partea de nord-est a Moldovei. Are resurse eoliene înalte (viteza medie a vântului - 7,28 m/s), distanță mică până la cel mai apropiat nod ale rețelei de transport, pe drum regional și eLCOE de 54,4 USD pe MWh. Cele mai apropiate substații sunt Cinișeuți, Șoldănești, Rezina și Cișmea.	834	350
Ștefan Vodă	Zona se găsește în partea de sud-est a Moldovei. Are resurse eoliene înalte (viteza medie a vântului - 7,21 m/s), distanță mică până la cel mai apropiat nod ale rețelei de transport, pe drum regional și eLCOE de 54,8 USD pe MWh. Cele mai apropiate substații sunt Ștefan Vodă, Răscăieții Noi și Căplani.	780	220
Burlacu	Zona se găsește în partea de sud-vest a Moldovei. Are resurse eoliene înalte (viteza medie a vântului - 7,25 m/s), distanță mică până la cel mai apropiat nod ale rețelei de transport și eLCOE de 55,2 USD pe MWh. Cele mai apropiate substații sunt Baimaclia, Gotești și Novosiolovca.	945	224
Total în MW		3,771	1,504

Capacitățile eoliene pentru top cinci zone eoliene au fost recalculat cu scopul de a analiza îndeplinirea obiectivelor de decarbonizare ale Moldovei pentru 2030 și 2050. Obiectivele de generare a energiei electrice din surse eoliene în scenariului conservativ (2030 și 2050) și ale scenariului optimist (doar 2030) pot fi atinse utilizând capacitățile disponibile ale rețelei de transport aferente celor top cinci

zone. Cu toate acestea, pentru a atinge obiectivul generării din surse eoliene pentru 2050 din scenariul optimist, ar fi necesare zone eoliene suplimentare sau/și modernizări majore ale rețelei electrice de transport.

RECOMANDĂRI PENTRU ETAPELE URMĂTOARE

Un rezultat esențial al eforturilor privind zonele de energie eoliană ar fi identificarea unei instituții care să promoveze investițiile în energia eoliană, și să servească drept punct focal pentru atragerea investițiilor în zonele eoliene, prin achiziții publice concurențiale (agenție de promovare). Scopul acestei acțiuni ar fi atingerea obiectivelor privind generarea energiei eoliene la un cost global minim al energiei (costuri de achiziție și de integrare în rețea). Agenția de promovare ar putea servi, de asemenea, drept punct unic de contact pentru toate obstacolele administrative, cum ar fi licențele, permisele, aprobările, accesul la terenuri, modernizarea rețelei de transport, modernizarea logisticii, atenuarea efectelor asupra mediului și altele. Pentru a atinge acest obiectiv, se fac următoarele recomandări în două domenii: îmbunătățirea studiului actual privind ZEO și crearea unei foi de parcurs pentru dezvoltarea și promovarea zonelor de energie eoliană.

ÎMBUNĂTĂȚIREA STUDIULUI ACTUAL PRIVIND ZONELE EOLIENE

Efortul de modelare al ZEO s-a bazat pe mai multe ipoteze care vor fi revizuite în Etapa 3. Impactul ipotezelor asupra determinării zonelor va fi evaluat și, dacă rezultatele sunt sensibile la un set de ipoteze, vor fi efectuate verificări suplimentare. Recomandarea este de a îmbunătăți actualul studiu al ZEO prin încorporarea următoarelor date de înaltă calitate mai înalte și/sau oficiale în următoarea fază a analizei:

1. **Utilizarea și destinația terenurilor (LULC):** Datele LULC oficiale trebuie să fie încorporate pentru a exclude următoarele tipuri de utilizare a terenurilor: Zone construite, corpuri de apă, acoperire cu arbori și altele. Aceste date ar trebui obținute de la Agenția Relații Funciare și Cadastru.
2. **Căile păsărilor migratoare:** Sunt necesare straturi GIS oficiale ale căilor păsărilor migratoare pentru a verifica suprapunerea cu zonele eoliene identificate. În prezent, a fost utilizată o zonă tampon de aproximativ 10 km lățime pentru a verifica suprapunerea cu zonele eoliene. Aceste date ar trebui obținute de la Agenția de Mediu.
3. **Rețeaua rutieră:** Administrația de Stat a Drumurilor trebuie să îndeplinească următoarele cerințe:
 - a. Identificarea drumurilor principale care pot susține transportul componentelor turbinelor eoliene. Aceste date vor fi utilizate pentru revizuirea calculelor Dr (distanța până la cel mai apropiat drum/feroviar) în modelul ZEO.
 - b. Confirmarea costului pe km al construcției drumurilor principale. Aceste date vor fi utilizate pentru a revizui ipotezele din modelul financiar.
4. **Obstrucționarea spațiului aerian al aviației:** Verificarea obstrucționării spațiului aerian de către turnurile de măsurare a vântului și turbinele eoliene propuse. Analiza trebuie efectuată în Etapa 3 înainte de finalizarea amplasamentelor de măsurare a vântului.
5. **Studiul interferențelor radar:** Verificarea interferențelor radar (radare militare) cauzate de centralele eoliene propuse în zonele de energie eoliană. Analiza urmează să fie efectuată de SNFR în calitate de agenție principală. Această analiză ar trebui efectuată în Etapele 4 și 5.
6. **Studiul interferențelor cu unde mici și micro:** Verificarea interferențelor cu microunde (turnuri de telefonie mobilă) ale instalațiilor eoliene propuse în zonele eoliene identificate. Analiza urmează să fie efectuată de SNFR în calitate de agenție principală. Această analiză ar trebui efectuată în Fazele 4 și 5.

FOAIE DE PARCURS PENTRU DEZVOLTAREA ȘI PROMOVAREA ZONELOR DE ENERGIE EOLIANĂ

În plus, se recomandă desfășurarea următoarelor activități subsecvente:

1. **Campania de măsurare a potențialului și evaluarea resurselor eoliene pentru zonele de top:** Planificarea și implementarea campaniei de măsurare a potențialului eolian. Obiectivul campaniei de măsurare ar trebui să fie colectarea de date de înaltă calitate (finanțabile) privind viteza vântului pentru cel puțin un an. Această activitate ar trebui să fie realizată în Etapa 3, incluzând următoarele sarcini:
 - a. Identificarea locațiilor de măsurare a vântului.
 - b. Planificarea campaniei de măsurare a vântului.
 - c. Implementarea campaniei de măsurare a vântului prin instalarea stațiilor de măsurare a vântului și colectarea datelor timp de cel puțin un an.
 - d. Pregătirea evaluării resurselor eoliene bancabile pentru zonele de top cu un an de date de măsurare a vântului. Aceasta va include modelarea vitezei vântului pe baza datelor detaliate de măsurare a acestuia, a datelor privind terenul local, utilizarea terenurilor, destinația terenurilor și altele. În continuare, se elaborează hărți ale resurselor eoliene pentru zone, se selectează clasa turbinelor, turbinele eoliene sunt amplasate teritorial și se estimează producția anuală de energie (PAE) împreună cu pierderile și incertitudinea.
2. **Elaborarea foii de parcurs:** Elaborarea unei foi de parcurs pentru dezvoltarea pe termen mediu (2030) și lung (2050) a zonelor eoliene identificate. Aceasta va include pregătirea recomandărilor pentru formarea unei instituții dedicate dezvoltării zonelor eoliene (Agenția de promovare a investițiilor în energia eoliană), diversele sarcini care urmează să fie desfășurate/coordonate de instituție și formularea de către aceasta a politicii în domeniul RE. Această activitate ar trebui să fie realizată la sfârșitul Etapei 3.
3. **Studiu privind integrarea în rețea și modernizarea rețelei:** Această activitate trebuie efectuată în Etapa 4 și include următoarele sarcini:
 - a. Evaluarea capacității rețelei electrice: Analiza cerințelor de flexibilitate și rezervă în rețea.
 - b. Analiza sistemelor electroenergetice pentru a analiza efectul generării eoliene asupra stabilității statice și dinamice a rețelei. Ar trebui efectuată utilizând un pachet software de analiză a sistemelor energetice, de exemplu - DlgSILENT's Powerfactory.
 - c. Dezvoltarea elementelor rețelei recomandate de către studii.
4. **Studiul disponibilității terenurilor și asigurarea acestora pentru zone:** Evaluarea drepturilor de proprietate asupra terenurilor și confirmarea de către autorități a disponibilității terenurilor pentru dezvoltarea zonei eoliene. Securizarea terenurilor pentru dezvoltarea centralelor eoliene ar trebui efectuată în Etapele 4 și 5.
5. **Studiul logistic și modernizările necesare:** Acest lucru ar trebui să fie realizat de Administrația de stat a Drumurilor în Etapa 5 pentru:
 - a. Identificarea modernizărilor necesare la rețeaua rutieră.
 - b. Evaluarea costurilor de modernizare a drumurilor.
 - c. Punerea în aplicare a modernizărilor necesare.
6. **Alte studii:** Este nevoie de numeroase alte studii, inclusiv:
 - a. Obstrucționarea spațiului aerian al aviației
 - b. Interferențe radar civile și militare
 - c. Interferențe cu undele de radiocomunicații și alte semnale electromagnetice
 - d. Evaluarea impactului social și de mediu
7. **Evaluare financiară:** În cadrul acestei activități vor fi îndeplinite următoarele sarcini:

- a. Evaluarea viabilității financiare a zonelor pe baza estimărilor PAE, a costului instalației eoliene și elementelor auxiliare ale instalației, a costului rețelei de transport și distribuție, a costului de construcție, a costului logistic și a altor parametri financiari.
 - b. Evaluarea surselor de finanțare.
8. **Elaborarea unei politici pentru energia regenerabilă:** Următoarele activități ar trebui să fie desfășurate în Etapa 5:
- a. Definirea metodei de procurare/contractare - tarife fixe, tarife negociate, licitații etc.
 - b. Identificarea stimulentei și a tarifelor în cazul achiziționării prin intermediul tarifelor negociate, licitațiilor, etc.
 - c. Elaborarea contract de achiziție a energiei electrice
 - d. Elaborarea liniilor directe privind licențierea și obținerea autorizației pentru dezvoltatori centralelor eoliene.
9. **Instituirea Autorității de promovare a zonelor de energie eoliană:** Aceasta ar trebui să fie o autoritate centrală pentru:
- a. Gestionarea tuturor aspectelor legate de dezvoltarea zonelor de energie eoliană și de promovarea zonelor în rândul potențialilor investitori.
 - b. Ghișeu unic pentru toate activitățile legate de acordarea de licențe, permise, aprobări și alte aspecte administrative.
 - c. Promovarea zonelor eoliene pentru dezvoltatorii și investitorii internaționali și naționali în proiecte eoliene.
 - d. Desfășurarea de achiziții publice competitive pentru proiectele eoliene din zone.

Secvența de realizare a activităților de mai sus este prezentată în Tabelul 13. Domeniul de aplicare actual nu include Etapele 3C, 4 și 5, prin urmare aceste activități reprezintă o planificare preventivă pentru Ministerul Energiei și ar trebui să servească drept plan la nivel înalt pentru activitățile ulterioare.

Tabelul 13 Calendarul la nivel înalt pentru etapele următoare.

Etapele următoare	2023 4S	2024	2025	2026
Etapa 3B: a. Identificarea locațiilor pentru măsurarea vitezei vântului b. Crearea unei foi de parcurs pentru dezvoltarea zonelor eoliene				
Etapa 3C: Planificarea și implementarea campaniei de măsurare a vitezei vântului				
Etapa 4A: Instituirea unei autorități pentru dezvoltarea și promovarea ZEO și a unui ghișeu unic pentru toate licențele, autorizațiile și aprobările.				
Etapa 4B: Evaluarea viabilității tehnice și financiare preliminară a zonelor eoliene, inclusiv: a. Studii de integrare în rețea b. Studii de logistică c. Evaluarea impactului asupra mediului d. Studiul disponibilității terenurilor e. Evaluarea financiară f. Altele				

Etapa 5: Executarea foii de parcurs pentru zonele eoliene: a. Actualizarea foii de parcurs pentru dezvoltarea zonelor eoliene b. Efectuarea de achiziții publice competitive specifice locației utilizând ZEO				
---	--	--	--	--

ANEXE

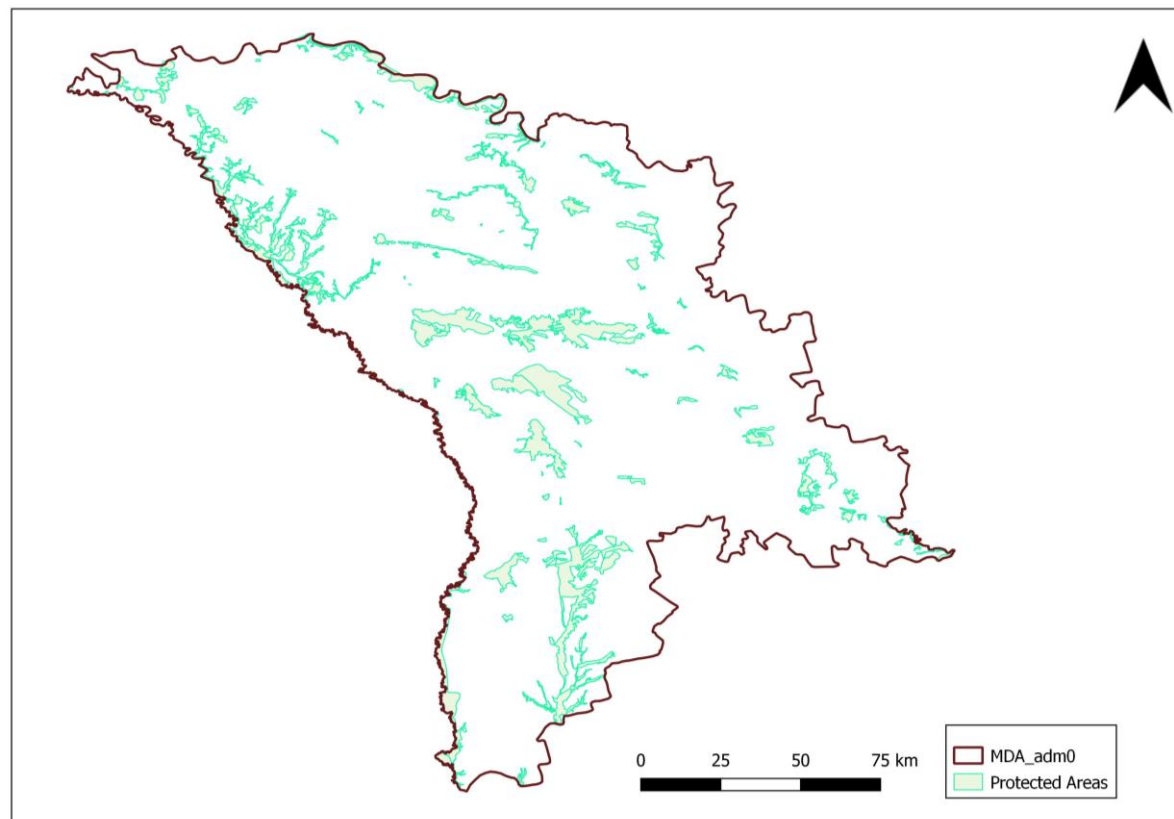
GRUPUL TEHNIC PENTRU PROIECTUL PRIVIND ZONELE DE ENERGIE EOLIANĂ

Tabelul 14 Membrii grupului tehnic pentru proiectul Zonele de Energie Eoliană din Moldova.

ORGANIZAȚIE	MEMBRI
MESA	Akanksha Jain(Specialist GIS) Akash Jain (Specialist în Zone de RE) Pramod Jain (Director de Proiect) Daniel Chiviriga (Coordonator de Proiect) Leonid Damian (Colectarea de Date)
Ministerul Energiei	Nicolae Magdil
Î.S. Moldelectrica	Eugen Banaga Iurie Cazacu Octavian Ciobîrcă
Premier Energy	Victor Vîntu
Agencia Națională pentru Reglementare în Energetică (ANRE)	Mihail Doboș Mariana Chiviriga
Î.S. Administrația de Stat a Drumurilor (ASD)	Ruslan Postovan
Agencia de Mediu	Ecaterina Tataru
S.A. Rețelele Electrice de Distribuție Nord	Eduard Pulbere
Calea Ferată	Aleksandr Gutkovski
Agencia pentru Eficiență Energetică	Manole Balan
Agencia Relații Funciare și Cadastru (ARFC)	Tamara Rudenco Igor Paharikov
SNFR	Maxim Cumanici

ARII PROTEJATE

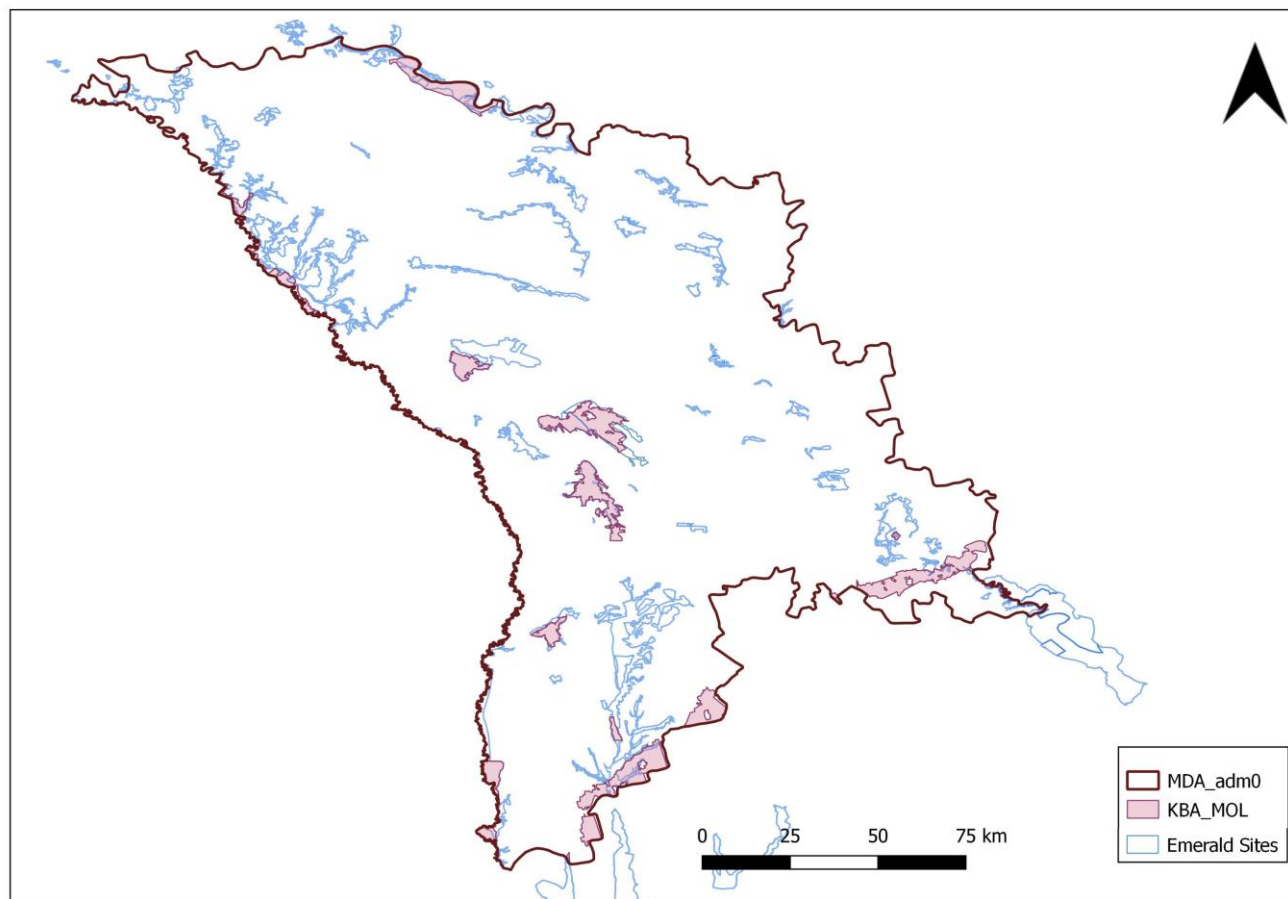
Figura 14 Ariile protejate din Moldova, Sursa: WDPA



Datele au fost obținute dintr-o sursă deschisă. Se așteaptă datele oficiale privind zonele protejate/zonele sensibile din punct de vedere al mediului.

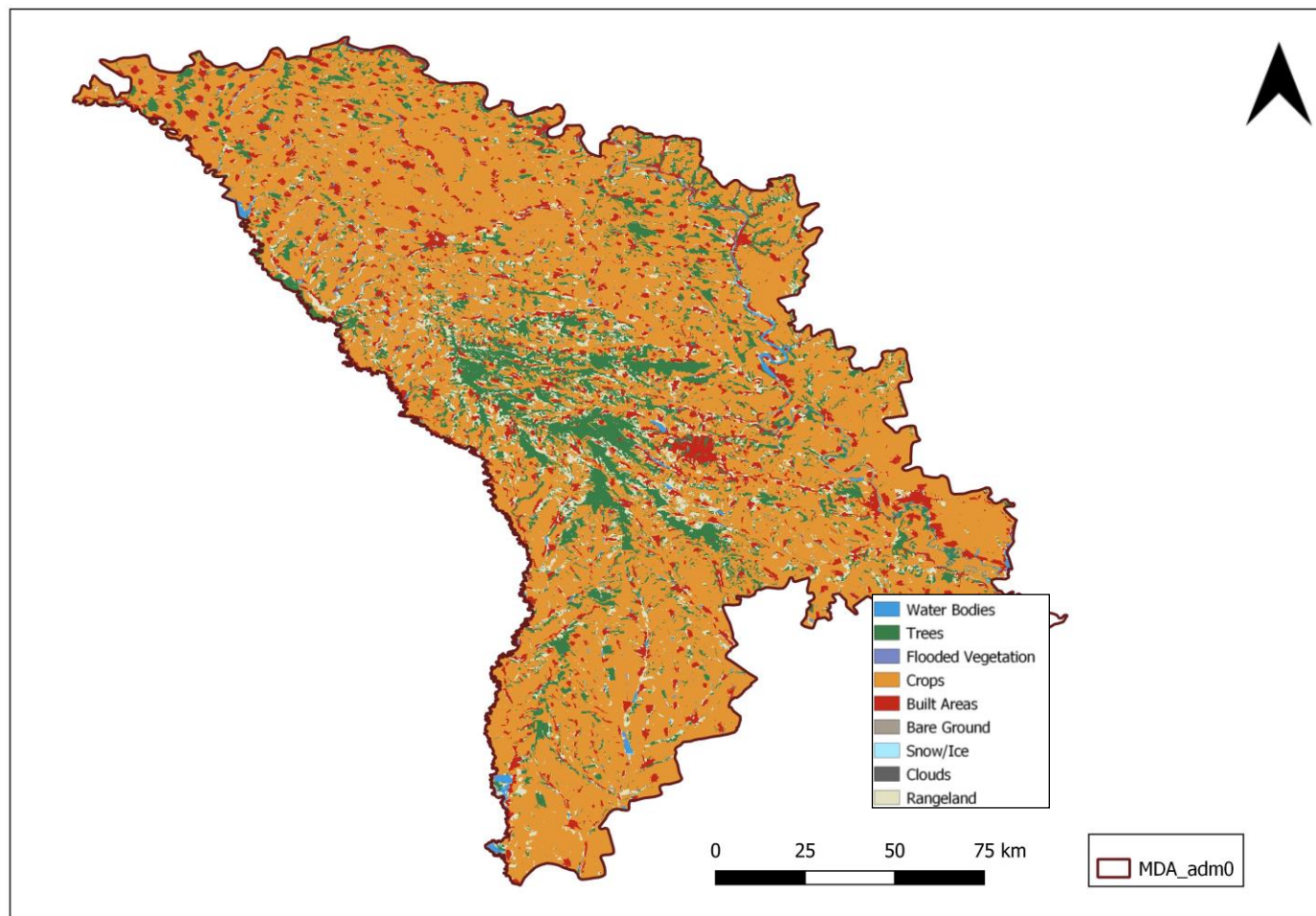
SITURILE EMERALD ȘI ARIILE IMPORTANTE DE BIODIVERSITATE DIN MOLDOVA

Figura 15 Situri Emerald și zone-cheie pentru biodiversitate în Moldova



UTILIZAREA ȘI DESTINAȚIA TERENURILOR

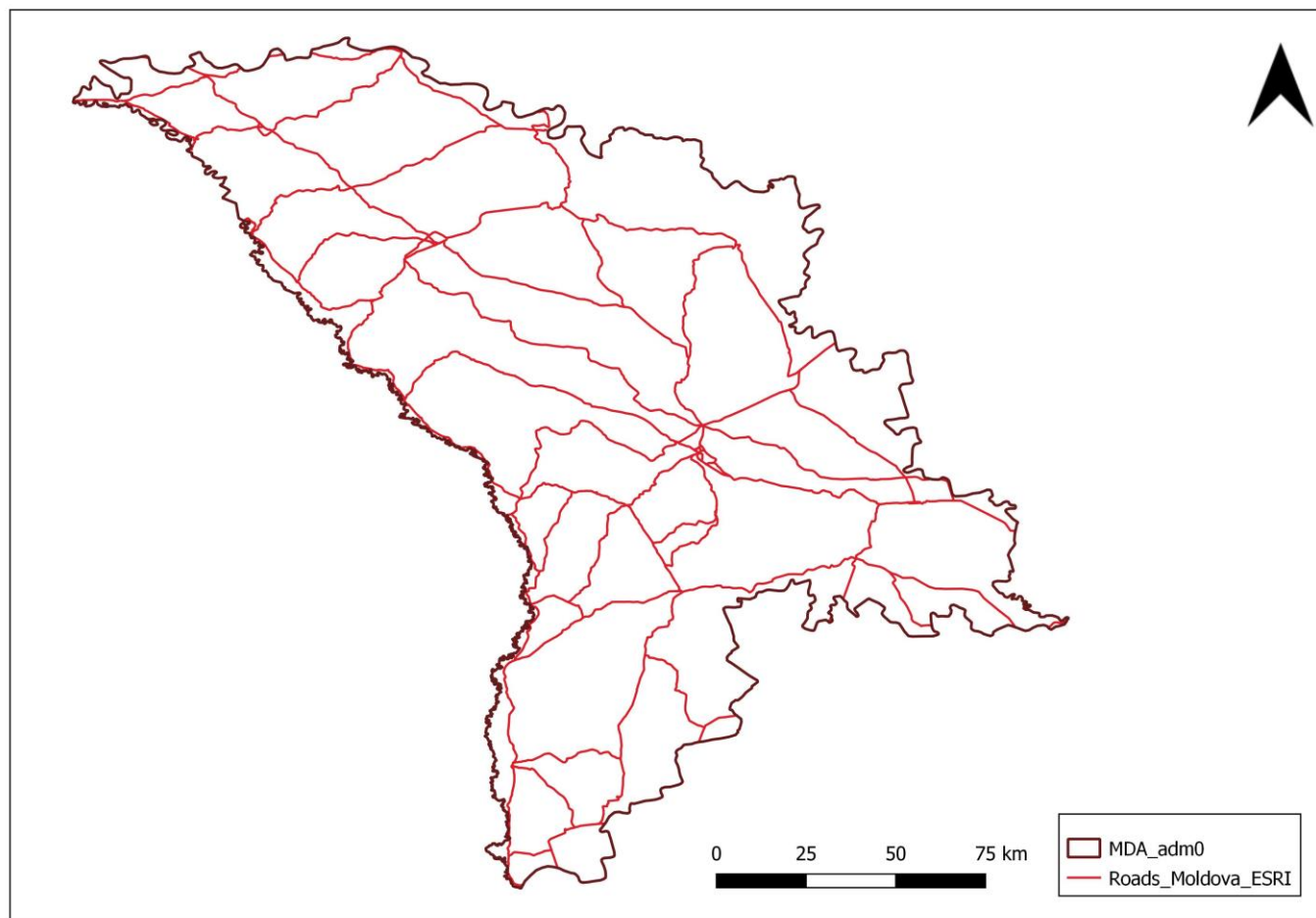
Figura 16 Utilizarea și destinația terenurilor în Moldova, Sursa: ESRI



Datele au fost obținute dintr-o sursă deschisă. Se așteaptă datele oficiale privind utilizarea și destinația terenurilor.

REȚEAUA RUTIERĂ

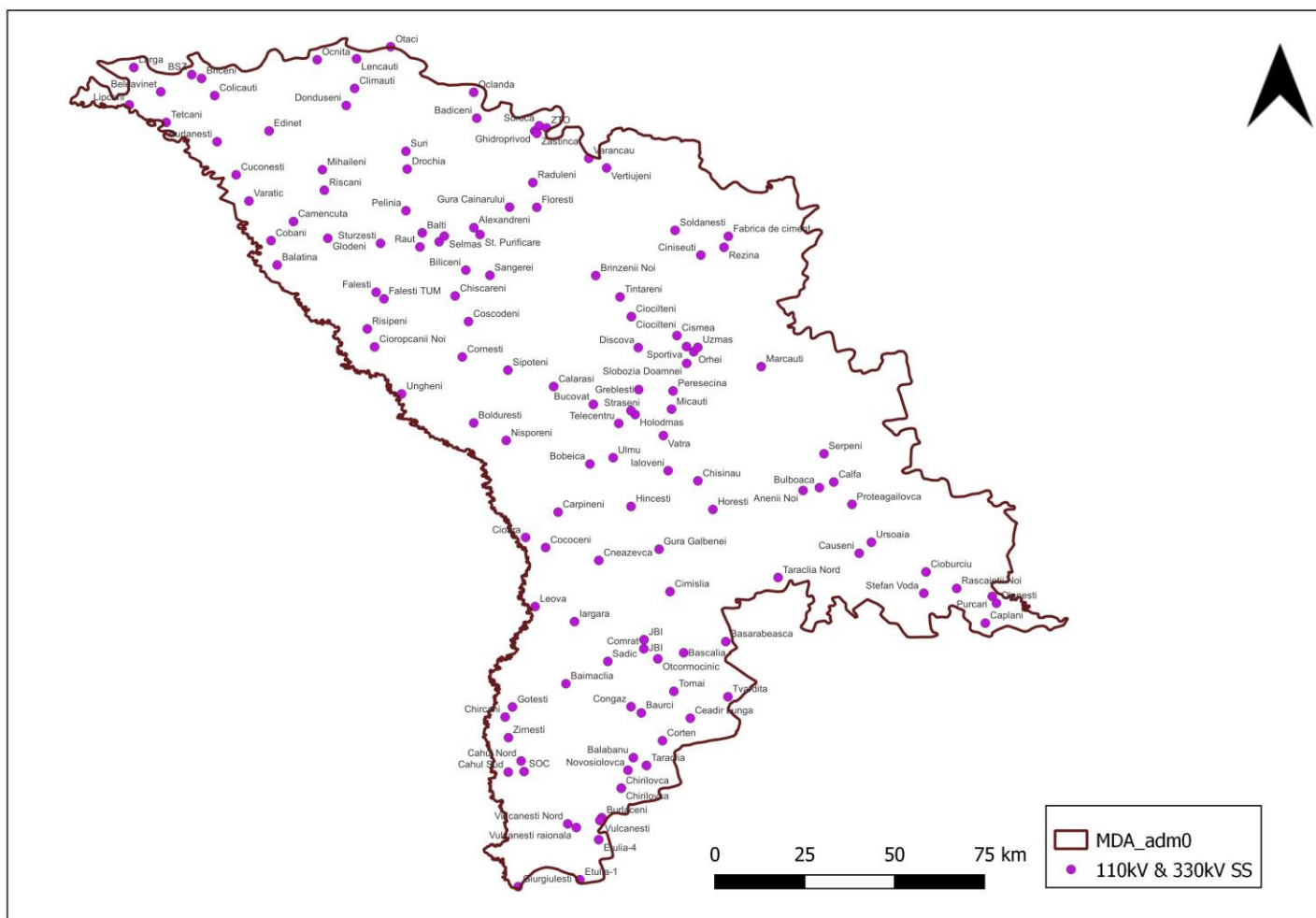
Figura 17 Rețeaua de drumuri în Moldova, Sursa: ESRI



Datele au fost obținute dintr-o sursă deschisă. Se așteaptă verificarea oficială a acestor date.

NODURI/SUBSTAȚII DE TRANSMISIE

Figura 18 Localizarea substațiilor în Moldova, Sursa Moldelectrica



ALTITUDINE ȘI PANTĂ

Figura 19 Harta de elevație a Moldovei, Sursa: SRTM

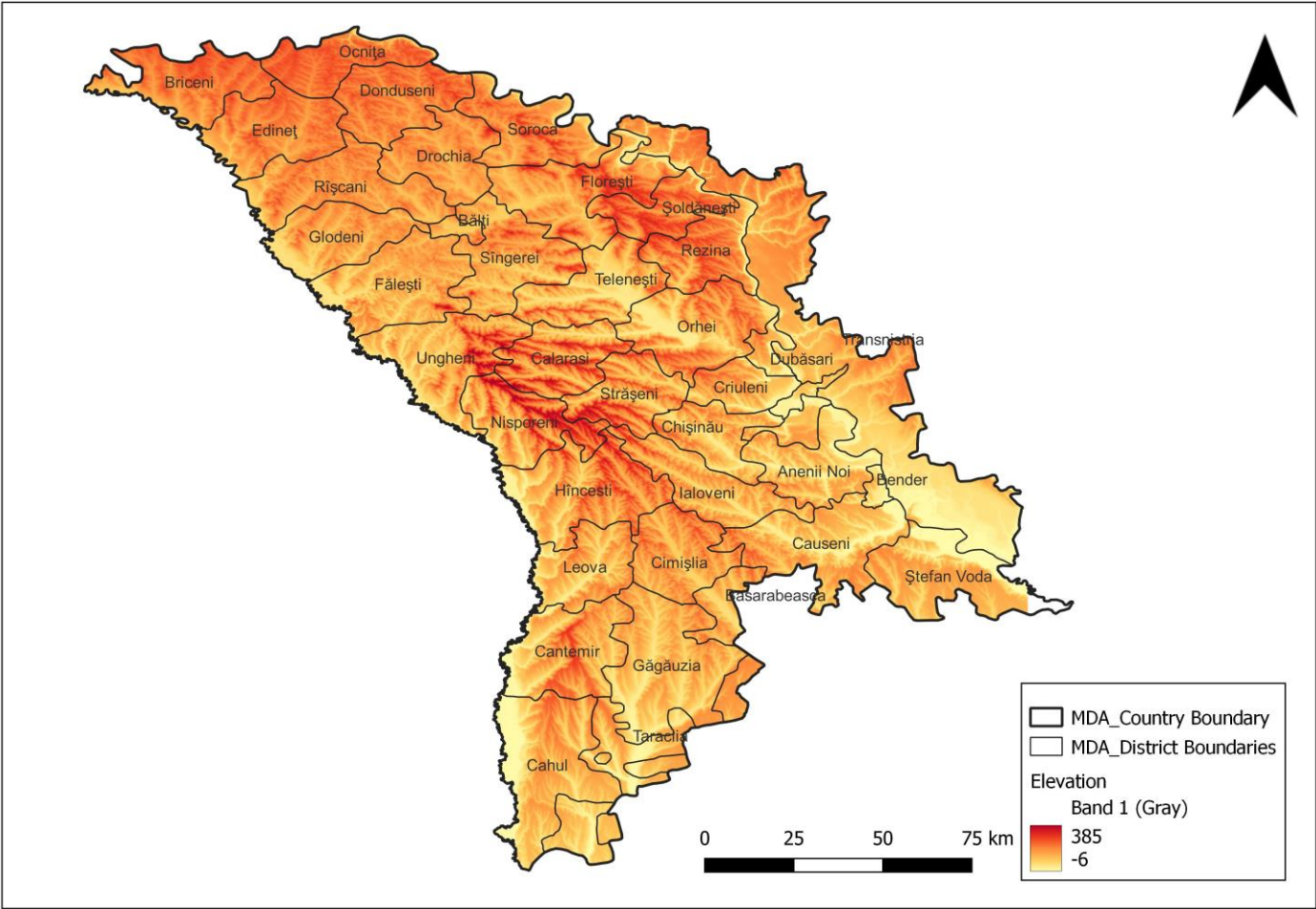
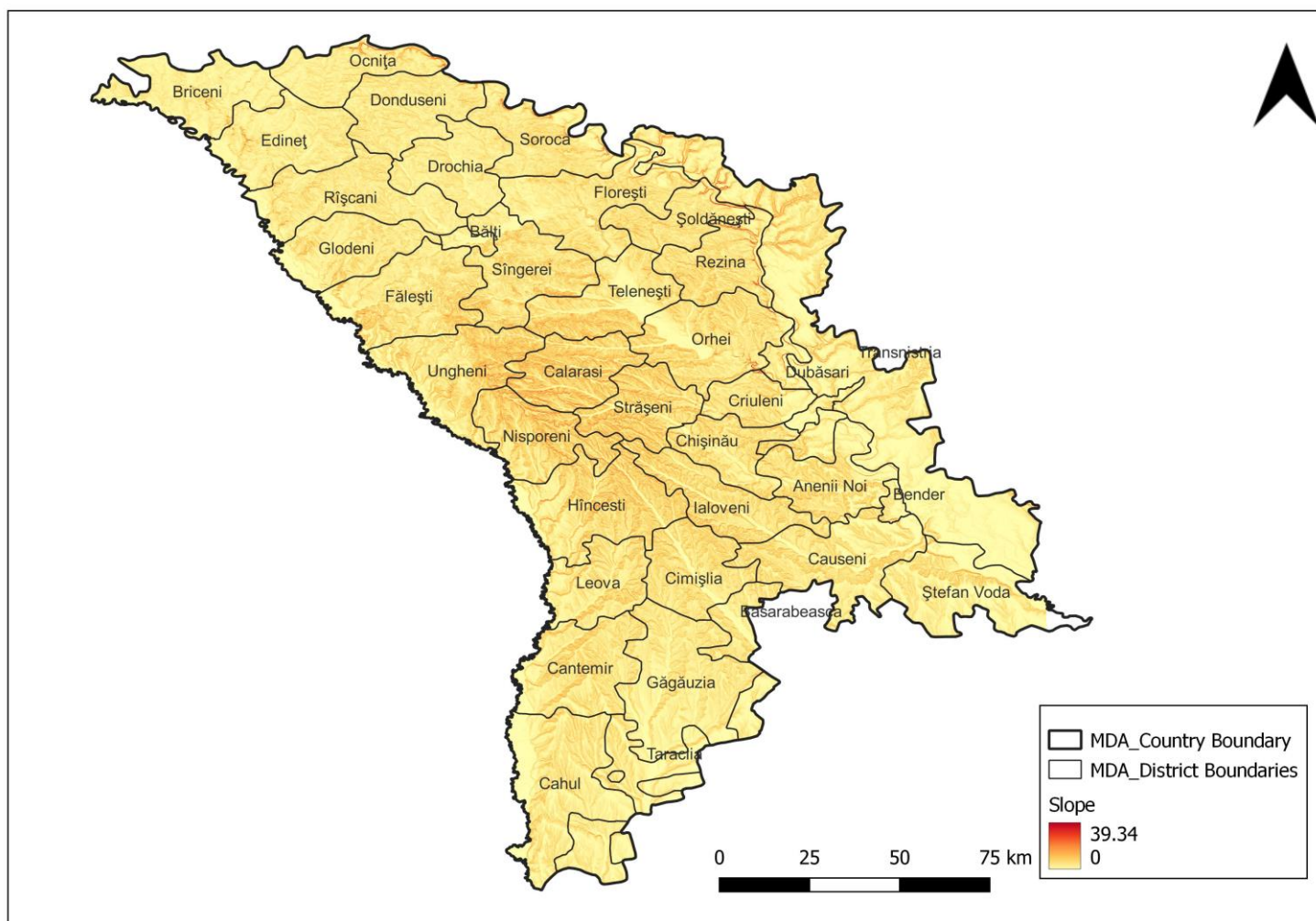


Figura 20 Harta pantei în Moldova, calculată în QGIS folosind sursa de date SRTM.



CAPACITĂȚILE DE INECȚIE LA NODURILE DE TRANSMISIE A REȚELEI DE TRANSPORT

Tabelul 15 Capacități de inecție la substații.

Valorile din coloana 3 reprezintă capacitățile de inecție disponibile în MW, neconstrânse de autorizațiile de ER existente. Valorile din coloana 4 sunt capacitățile de inecție în MW constrânse de autorizațiile de ER.

Denumire	Punct Racordare	C3	C4
SE 110kV ABA	ID 110 kV	95	0
SE 110kV Alexăndreni	ID 110 kV	61	46
SE 110kV Anenii Noi	ID 110 kV	129	0
SE 110kV Bădiceni	ID 110 kV	72	64
SE 110kV Baimaclia	ID 110 kV	71	0
SE 110kV Balabanu	ID 110 kV	84	0
SE 110kV Balatina	ID 110 kV	82	82
SE 330kV Bălți	ID 110 kV	428	318
SE 110kV Bălți Centru	ID 110 kV	72	72
SE 110kV Basarabeasca	ID 110 kV	71	0
SE 110kV Bașcalia	ID 110 kV	71	0
SE 110kV Baurci	ID 110 kV	84	0
SE 110kV Beliavineț	ID 110 kV	84	84
SE 110kV Biliceni	ID 110 kV	60	60
SE 110kV Bobeica	ID 110 kV	79	0
SE 110kV Boldurești	ID 110 kV	71	0
SE 110kV Briceni	ID 110 kV	85	85
SE 110kV Brânceni Noi	ID 110 kV	71	71
SE 110kV Bucovăț	ID 110 kV	75	0
SE 110kV Bulboaca	ID 110 kV	70	0
SE 110kV Burlăceni	ID 110 kV	76	0
SE 110kV Burlănești	ID 110 kV	71	71
SE 110kV Cahul-Nord	ID 110 kV	53	0
SE 110kV Cahul-Sud	ID 110 kV	73	0
SE 110kV Călărășăuca	ID 110 kV	71	30
SE 110kV Călărăși	ID 110 kV	71	0
SE 110kV Calfa	ID 110 kV	71	0
SE 110kV Camencuța	ID 110 kV	75	55
SE 110kV Căplani	ID 110 kV	71	0
SE 110kV Cărpineni	ID 110 kV	85	0
SE 110kV Căușeni	ID 110 kV	130	7
SE 110kV Ceadr-Lunga	ID 110 kV	84	0
CET Nord	ID 110 kV	98	50
CHE Costești	ID 110 kV	84	84
SE 110kV Chircani	ID 110 kV	57	0

Denumire	Punct Racordare	C3	C4
SE 110kV Chirilovca	ID 110 kV	82	0
SE 110kV Chișcăreni	ID 110 kV	70	0
SE 330kV Chișinău	ID 110 kV	771	263
SE 110kV Cimișlia	ID 110 kV	98	0
SE 110kV Cinișeuți	ID 110 kV	96	46
SE 110kV Cioara	ID 110 kV	82	0
SE 110kV Cioburciu	ID 110 kV	95	0
SE 110kV Ciocâlteni	ID 110 kV	83	77
SE 110kV Cioropcanii Noi	ID 110 kV	73	0
SE 110kV Cișmea	ID 110 kV	84	75
SE 110kV Climăuți	ID 110 kV	66	66
SE 110kV Cococeni	ID 110 kV	82	0
SE 110kV Colicăuți	ID 110 kV	85	85
SE 110kV Comrat	ID 110 kV	295	0
SE 110kV Congaz	ID 110 kV	84	0
SE 110kV Cornești	ID 110 kV	68	0
SE 110kV Coșcodeni	ID 110 kV	70	0
SE 110kV Cubani	ID 110 kV	83	83
SE 110kV Cucușeni	ID 110 kV	82	82
SE 110kV Dișcova	ID 110 kV	85	84
SE 110kV Dondușeni	ID 110 kV	159	159
SE 110kV Drochia	ID 110 kV	85	85
SE 110kV Edineț	ID 110 kV	139	139
SE 110kV Etulia-I	ID 110 kV	84	0
SE 110kV Etulia-4	ID 110 kV	82	0
SE 110kV Fălești	ID 110 kV	78	0
SE 110kV Fălești TUM	ID 110 kV	71	0
SE 110kV Fabrica de ciment	ID 110 kV	75	0
SE 110kV Florești	ID 110 kV	226	120
SE 110kV FZ Briceni	ID 110 kV	117	117
SE 110kV Ghidroprivod	ID 110 kV	82	72
SE 110kV Giurgiulești	ID 110 kV	71	0
SE 110kV Glodeni	ID 110 kV	85	84
SE 110kV Gotești	ID 110 kV	71	0
SE 110kV Greblești	ID 110 kV	85	83
SE 110kV Gura Galbenă	ID 110 kV	95	0
SE 110kV Gura-Căinarului	ID 110 kV	71	70
SE 110kV Hâncești	ID 110 kV	106	0
SE 110kV Holodmaș	ID 110 kV	96	96
SE 110kV Horești	ID 110 kV	73	0
SE 110kV Ialoveni	ID 110 kV	71	71
SE 110kV Iargara	ID 110 kV	71	0
SE 110kV Cneazevca	ID 110 kV	70	0
SE 110kV Corten	ID 110 kV	82	0
SE 110kV Larga	ID 110 kV	82	82

Denumire	Punct Racordare	C3	C4
SE 110kV Lencăuți	ID 110 kV	71	67
SE 110kV Leova	ID 110 kV	68	0
SE 110kV Lipcani	ID 110 kV	84	84
SE 110kV Marcăuți	ID 110 kV	71	56
SE 110kV Micăuți	ID 110 kV	71	71
SE 110kV Mihăileni	ID 110 kV	71	70
SE 110kV Nisporeni	ID 110 kV	73	0
SE 110kV Novosiolovca	ID 110 kV	82	0
SE 110kV Oclanda	ID 110 kV	60	60
SE 110kV Ocnița	ID 110 kV	67	67
SE 110kV Olănești	ID 110 kV	71	0
SE 110kV Orhei	ID 110 kV	129	74
SE 110kV Otaci	ID 110 kV	129	121
SE 110kV Otcormocinic	ID 110 kV	82	0
SE 110kV Pelinia	ID 110 kV	65	65
SE 110kV Peresecina	ID 110 kV	85	56
SE 110kV Proteagailovca	ID 110 kV	83	79
SE 110kV Purcari	ID 110 kV	71	0
SE 110kV Răduleni	ID 110 kV	73	52
SE 110kV Răscăeții Noi	ID 110 kV	73	7
SE 110kV Răut	ID 110 kV	62	62
SE 110kV Rezina	ID 110 kV	96	48
SE 110kV Râșcani	ID 110 kV	71	71
SE 110kV Risipeni	ID 110 kV	75	0
SE 110kV Sadic	ID 110 kV	73	0
SE 110kV Sărata	ID 110 kV	82	0
SE 110kV Selmaș	ID 110 kV	95	86
SE 110kV Șerpeni	ID 110 kV	73	0
SE 110kV Sîngera	ID 110 kV	85	0
SE 110kV Sângerei	ID 110 kV	84	74
SE 110kV Sîpoteni	ID 110 kV	71	0
SE 110kV Slobozia Doamnei	ID 110 kV	71	56
SE 110kV SOK	ID 110 kV	70	0
SE 110kV Șoldănești	ID 110 kV	74	0
SE 110kV Soroca	ID 110 kV	109	0
SE 110kV SPG	ID 110 kV	71	0
SE 110kV Sportiva	ID 110 kV	71	56
SE 110kV Stația de purificare	ID 110 kV	60	46
SE 110kV Ștefan Vodă	ID 110 kV	76	7
SE 330kV Strășeni	ID 110 kV	428	335
SE 110kV Struzești	ID 110 kV	75	75
SE 110kV Șuri	ID 110 kV	95	90
SE 110kV Taraclia	ID 110 kV	82	0
SE 110kV Taraclia Nord	ID 110 kV	73	0
SE 110kV Telecentru	ID 110 kV	75	0

Denumire	Punct Racordare	C3	C4
SE 110kV Tețcani	ID 110 kV	71	71
SE 110kV Tănțăreni	ID 110 kV	84	83
SE 110kV Tomai	ID 110 kV	84	0
SE 110kV Tvardița	ID 110 kV	82	0
SE 110kV Ulmul	ID 110 kV	75	0
SE 110kV Ungheni	ID 110 kV	75	0
SE 110kV Ursoaia	ID 110 kV	85	7
SE 110kV Uzmaș	ID 110 kV	71	46
SE 110kV Vărăncău	ID 110 kV	71	69
SE 110kV Văratice	ID 110 kV	84	84
SE 110kV Vatra	ID 110 kV	71	71
SE 110kV Vertiujeni	ID 110 kV	71	66
SE 400kV Vulcănești	ID 110 kV	360	0
SE 110kV Vulcănești Nord	ID 110 kV	71	0
SE 110kV Vulcănești raion	ID 110 kV	71	0
SE 110kV Zastâncă	ID 110 kV	62	62
SE 110kV Zărnești	ID 110 kV	42	0
SE 110kV ZTO	ID 110 kV	50	50

PROPRIETĂȚILE ZONELOR EOLIENE CU CAPACITATE DE INECȚIE LIMITATĂ

Tabelul 16 Clasamentul celor 34 de zone eoliene atunci când capacitatea de inecție la substații este constrânsă de avizele de racordare existente care au fost emise pentru producerea de energie electrică.

Zona Nr.	Denumirea Zonei	Aria	Potențial MW	Factor mediu de capacitate	Pantă medie	Viteza medie a vântului	Altitudin e medie	Cel mai apropiat nod de transmisie	Dt ¹⁷	Dr ¹⁸	eLCOE
		km2	MW	%	Grade	m/s	m		km	km	USD
10	Horodiște	33.19	165.95	48.9%	7.7	7.49	350	Strășeni	22.9	0.0	0.0540 \$
3	Parcani	53.25	266.25	48.0%	5.3	7.31	256	Zastâncă	3.6	0.0	0.0542 \$
32	Cuizăuca	204.75	1023.75	47.9%	5.7	7.30	252	Cinișeuți	1.8	0.0	0.0543 \$
8	Ghindești	23.15	115.75	47.9%	5.0	7.30	249	Cinișeuți	2.3	1.1	0.0543 \$
34	Cunicea	273.11	1365.55	47.9%	5.2	7.31	265	Vertiujeni	3.1	0.0	0.0544 \$
11	Bursuc	32.91	164.55	48.0%	6.9	7.37	344	Strășeni	20.1	7.5	0.0547 \$
2	Rublenița	28.17	140.85	47.6%	5.3	7.27	239	Ghidroprivod	2.7	5.2	0.0547 \$
18	Batîr	105.88	529.4	47.9%	5.4	7.29	200	Chișinău	25.8	0.0	0.0549 \$
20	Tocuz	86.33	431.65	47.9%	3.4	7.29	167	Proteagailovca	28.5	0.0	0.0550 \$
14	Sagaidac	35.77	178.85	47.6%	6.3	7.26	218	Chișinău	22.6	2.4	0.0552 \$
4	Sîrcova	28.21	141.05	47.3%	4.5	7.25	260	Cinișeuți	4.0	0.0	0.0552 \$
22	Cioc Maidan	42.55	212.75	47.7%	4.2	7.28	185	Larga	26.9	0.0	0.0553 \$
21	Ștefan Vodă	446.26	2231.3	47.5%	2.2	7.25	147	Proteagailovca	23.9	1.0	0.0554 \$
1	Visoca	42.40	212	47.0%	4.3	7.21	251	Bădiceni	4.3	0.0	0.0555 \$
31	Burlacu	227.43	1137.15	47.1%	3.8	7.25	214	Larga	15.5	2.8	0.0556 \$
7	Ciutulești	25.55	127.75	47.6%	5.9	7.30	251	Florești	12.7	0.0	0.0557 \$
13	Fârlădeni	142.87	714.35	46.8%	4.0	7.19	160	Proteagailovca	5.7	1.0	0.0558 \$
5	Șoldănești	25.72	128.6	46.6%	4.3	7.17	238	Cinișeuți	3.5	0.0	0.0558 \$

¹⁷ Dt- Distanța până la cel mai apropiat nod de transmisie

¹⁸ Dr- Distanța până la cel mai apropiat nod logistic

Zona Nr.	Denumirea Zonei	Aria	Potențial MW	Factor mediu de capacitate	Pantă medie	Viteza medie a vântului	Altitudinea medie	Cel mai apropiat nod de transmisie	Dt ¹⁷	Dr ¹⁸	eLCOE
		km2	MW	%	Grade	m/s	m		km	km	USD
33	Pohrebeni	51.40	257	47.3%	5.3	7.23	228	Marcăuți	7.7	0.3	0.0559 \$
19	Brezoaia	40.78	203.9	47.1%	3.0	7.22	167	Proteagailovca	25.3	0.0	0.0559 \$
9	Peresecina	26.97	134.85	46.5%	3.8	7.17	224	Peresecina	2.9	0.0	0.0560 \$
23	Başcalia	40.98	204.9	47.6%	4.8	7.26	180	Larga	29.9	0.4	0.0561 \$
17	Ialpujeni	35.26	176.3	47.0%	5.6	7.20	208	Larga	24.3	5.2	0.0561 \$
16	Taraclia	23.02	115.1	46.9%	4.2	7.21	171	Proteagailovca	30.0	0.0	0.0562 \$
6	Rădoaia	20.35	101.75	47.3%	5.2	7.25	233	Stația de purificare	4.5	0.0	0.0562 \$
30	Lărguța	29.58	147.9	46.7%	4.7	7.21	202	Larga	12.4	10.2	0.0562 \$
24	Tvardița	206.89	1034.45	47.1%	1.9	7.22	170	Larga	55.2	0.5	0.0566 \$
15	Covurlui	20.05	100.25	46.4%	4.2	7.18	209	Larga	17.7	0.3	0.0569 \$
12	Cobusca Veche	35.56	177.8	46.1%	2.3	7.12	162	Proteagailovca	20.8	0.0	0.0570 \$
25	Hutulu	28.37	141.85	46.1%	3.2	7.14	177	Larga	48.6	1.3	0.0576 \$
29	Colibași	47.95	239.75	46.2%	2.5	7.15	152	Larga	76.6	0.0	0.0583 \$
28	Cahul	34.62	173.1	45.9%	2.4	7.12	170	Larga	61.0	0.0	0.0583 \$
26	Copceac	34.32	171.6	46.8%	1.2	7.18	152	Larga	61.7	4.9	0.0587 \$
27	Burlăceni	28.47	142.35	45.6%	1.6	7.08	148	Larga	63.4	0.0	0.0588 \$

Datorită acestei constrângeri privind capacitatea de injecție, unele noduri de transmisie nu au capacitate de injecție sau o au extrem de redusă. Prin urmare, aceste noduri de transmisie nu au fost considerate candidate pentru injectarea de energie din zonele eoliene.

VIZITAREA SITULUI

Figura 21 conține câteva fotografii de la vizitele în teren în zonele de energie eoliană Cuiăuca și Cunicea.

Figura 21 Imagini de la vizita în teren în zonele eoliene din nord-estul Moldovei

