

Raport tiin ific

privind implementarea proiectului

Solu ii pentru utilizarea energiei regenerabile din zona litoralului Românesc

ROMAR

în perioada mai – decembrie 2018

În prima etap de implementare a proiectului (E1) desf urat în perioada men ionat anterior, s-au considerat urm toarele obiective specifice ale proiectului, dup cum urmeaz :

- 1.1 Evaluarea resurselor de vânt din zona româneasc prin procesarea unor baze de date (Act.1.1).
- 1.2 Identificarea performan elor economice i tehnice ale unei ferme de vânt amplasat în această zon costier (Act. 1.2).
- 1.3 Compararea rezultatelor ob inute cu zone marine din Europa unde opereaz ferme de vânt. Analiza se va realiza considerând puncte de referin alese în partea de nord, centru si sud ale litoralului românesc (Act. 1.3).
- 1.4 Realizarea paginii web prin care se disemineaz rezultatele proiectului.
- 1.5 Diseminarea rezultatelor.

1.1 Evaluarea resurselor de vânt din zona româneasc prin procesarea unor baze de date

1.1.1 Evaluarea resurselor de vânt din Marea Neagr din apropierea zonelor de coast .

Sectorul energetic i cel al emisiilor de carbon par s fie strâns legate i deoarece se preconizeaz c cererea de energie va cre te în viitorul apropiat, va deveni tot mai vizibil impactul negativ asupra mediului înconjur tor. O solu ie pentru a rezolva această problem const în folosirea resurselor naturale (cum ar fi energia solar sau geotermal) pentru a putea asigura un viitor sustenabil i pentru a limita efectele cauzate de folosirea combustibililor fosili. Energia vântului reprezint unul dintre cele mai de succes sectoare energetice, care si-a dovedit deja viabilitatea tehnico-economic în diverse p ri ale lumii, fiind posibil dezvoltarea unor proiecte atât în zona de uscat cât i în mediul marin.

Marea Neagr este un bazin semi-închis definit de o arie de circa 423000 km² i o adâncime maxim de 2258 m. Coordonatele geografice care delimiteaz extremit ile acestei zone sunt 41°N/46°N i respectiv 27°E/42°E. În partea de vest, se afl o extindere a platoului continental care este definit de o adâncime mic a apei, în timp ce în celelalte zone întâlnim pante abrupte care se termin cu un fund al m rii plat, unde adâncimile apei dep esc frecvent 2000 m. La scar larg , condi iile de vânt sunt influen ate de zonele de înalt presiune care se formeaz în apropiere de Siberia sau Azore, precum i de zonele de joas presiune care apar în apropierea Asiei.

Figura 1 prezint punctele de referin considerate pentru evaluare (notate în sens orar de la P1 la P20), care sunt repartizate în patru sectoare (A-B-C-D). Fiecare punct este asociat cu un reper major din Marea Neagr (ora sau port), dup cum se poate observa i din Tabelul 1. Punctele au fost definite pentru adâncimi ale apei care variaza între 26 m i 31 m, acestea

reprezentând cele mai întâlnite zone în care sunt instalate fermele de vânt din Europa. De asemenea, trebuie precizat că punctul Odesa (14 m) și Kerch (11 m) au adâncimi mici ale apei, cel de-al doilea punct fiind situat în Marea Azov. Raportat la distanța față de țărm, se poate menționa un maxim de 42 km pentru P3 (Bilhorod-Dnistrovskiyi, Ucraina), în timp ce un minim de 0.9 km este asociat cu punctul P19 (Primorsko, Bulgaria).

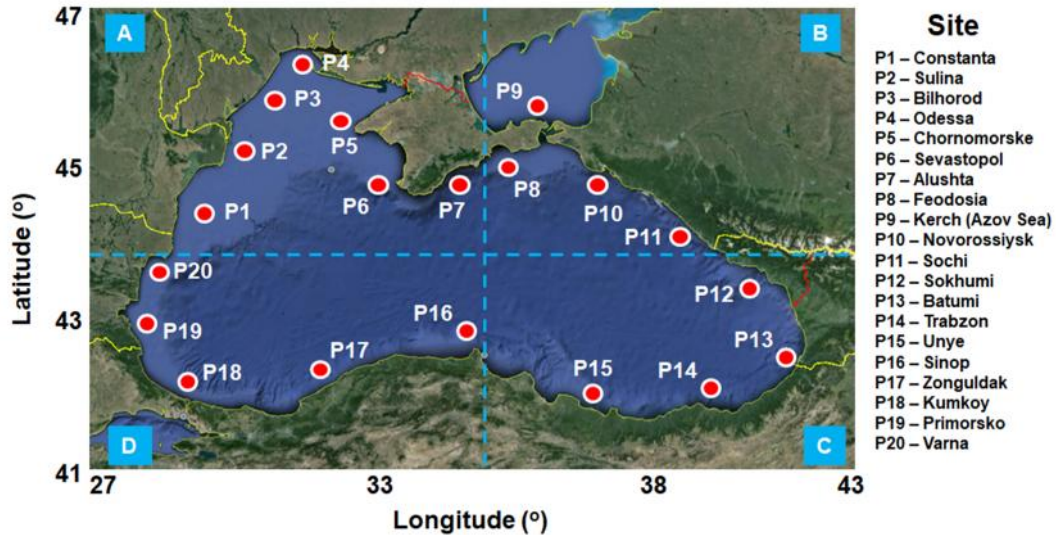


Figura 1. Marea Neagră și pozițiile punctelor considerate pentru evaluare (hartă Google Earth, 2018)

Tabel 1. Caracteristici principale ale punctelor de evaluat.

Nr.	Punct	Țară	Sector	Long (°)	Lat (°)	Adâncime (m)	Distanța față de țărm (km)
P1	Constanta	România	A	28.77	44.15	31	9.32
P2	Sulina		A	29.90	45.09	28	7.17
P3	Bilhorod-Dnistrovskiyi	Ucraina	A	30.82	45.78	26	42.37
P4	Odessa		A	31.18	46.45	14	3.2
P5	Chornomorske	Rusia	A	32.66	45.57	28	6.93
P6	Sevastopol		A	33.36	44.58	32	1.46
P7	Alushta		A	34.45	44.66	30	3.16
P8	Feodosia		B	35.52	44.95	30	9.66
P9	Kerch (*Marea Azov)		B	36.48	45.61	11	18.11
P10	Novorossiysk		B	37.77	44.62	31	3.23
P11	Sochi		B	39.68	43.57	30	1.95
P12	Sokhumi		C	41.02	42.97	29	3.19
P13	Batumi	Georgia	C	41.56	41.64	31	3.59
P14	Trabzon	Turcia	C	39.71	41.02	32	1.4

Figura 2 prezintă distribuția valorilor medii indicate pentru parametrul U_{80} (viteză vânt la 80 m), aceasta fiind raportată pentru diverse intervale de timp, cum ar fi total (toate valorile), sezon de iarnă (decembrie – februarie), sezon de primăvară (martie – mai), sezon de vară (iunie – august) și respectiv toamnă (septembrie – noiembrie). În general, atractivitatea unei anumite zone pentru dezvoltarea unei ferme de vânt este indicată prin intermediul unor clase de vânt notate de la C1 la C7, clasele mai mari fiind considerate mai potrivite pentru dezvoltarea unui astfel de proiect. După cum era de așteptat, sezonul de iarnă prezintă cele mai importante resurse, în timp ce valorile mai scăzute sunt raportate în perioada de vară. În cazul punctelor P1 – P10 putem observa că valorile oscilează în intervalul 6 – 9 m/s, cele mai importante valori fiind raportate în apropiere de punctele P6 (Sevastopol) și P9 (Kerch – Marea Azov), care în perioada de iarnă prezintă valori asociate cu clasa C6. Punctele P18 și P20 sunt definite de

viteze ale vântului mai consistente, dar care nu depășesc clasa C4. Viteze mai mici ale vântului apar în apropiere de punctele P11 – P17 (sud și sud-est), valorile medii fiind asociate cu clasa C1, indiferent de intervalul de timp considerat pentru analiză.

Figura 3 prezintă distribuția parametrului U_{80} (valori medii asociate cu măsurătorile de satelit AVISO) pentru punctele P1 – P20. După cum se poate observa, anumite puncte prezintă valori lipsă (NaN – Not A Number) care indică faptul că punctele selectate sunt prea aproape de linia țărmului, iar măsurătorile de satelit nu pot furniza informații precise pentru aceste regiuni.

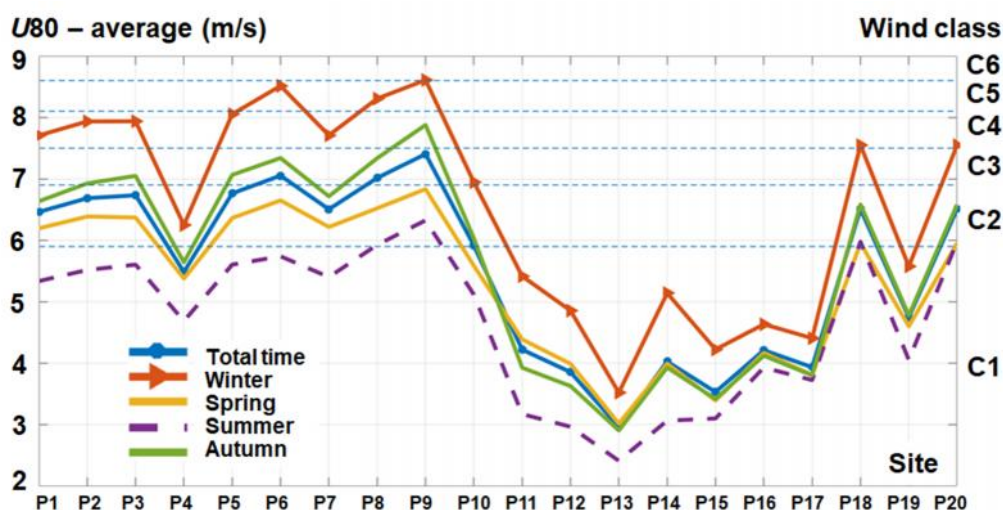


Figura 2. Distribuția valorilor medii U_{80} corespunzătoare perioadei totale și sezonelor reprezentative, considerând date ERA-Interim (ianuarie 1998 – decembrie 2017). Clasele de vânt (C1 – C6) sunt, de asemenea, indicate.

Raportat la datele ERA-Interim (Figura 2), se observă valori mai mici, cu mențiunea că de această dată, punctul P5 pare să prezinte cele mai bune condiții de vânt în comparație cu P9 care era indicat anterior. În general, se poate spune că punctele situate în sectorul A raportează diferențe mici între valori, în timp ce punctele din sectorul C sunt asociate cu condiții de vânt moderate, un minim de 3.78 m/s fiind observat în apropiere de P14.

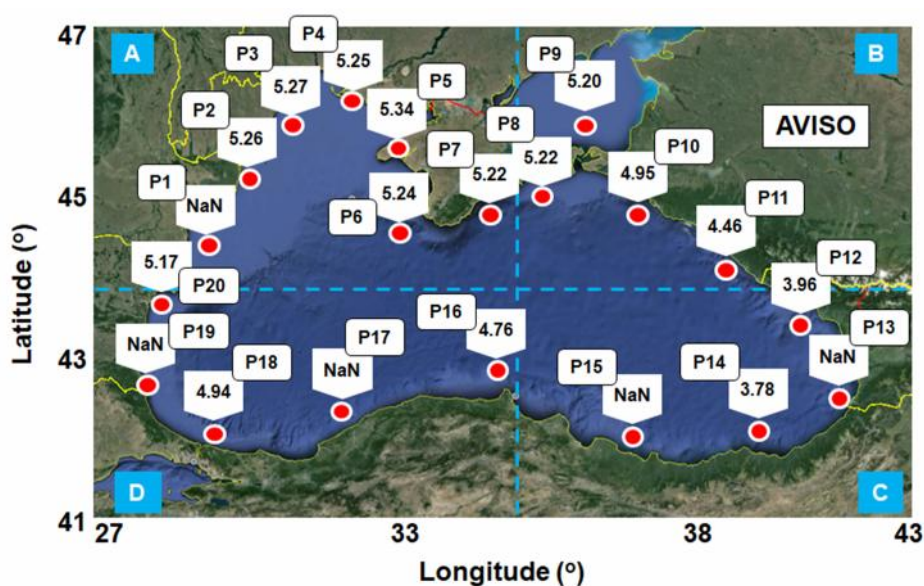


Figura 3. Valori medii U_{80} raportate de măsurătorile AVISO (septembrie 2009 – septembrie 2017).

Mai multe detalii privind distribuția resurselor de vânt din bazinul Mării Negre se pot obține din lucrarea [1] din lista de publicații, acest articol fiind publicat în jurnalul Energies.

1.1.2 Evaluarea resurselor de vânt din apropierea zonei costiere românești

Rezultatele prezentate în lucrarea [3] sunt axate doar pe zona costieră românească, după cum se poate observa și din Figura 4. Mai multe puncte de referință din mediul marin au fost considerate pentru evaluare, la care se adaugă și un proiect aflat în zona de uscat, acesta fiind asociat cu ferma de vânt Fântânele – Cogealac.



Figura 4. Zona costieră românească și punctele de referință considerate pentru analiză (hartă Google Earth, 2018)

Pentru fiecare punct, condițiile de vânt au fost evaluate pentru diverse distanțe față de țărm (0 km, 20 km, 40 km și 80 km), după cum se poate observa din Figura 5, unde este reprezentată variația adâncimii apei.

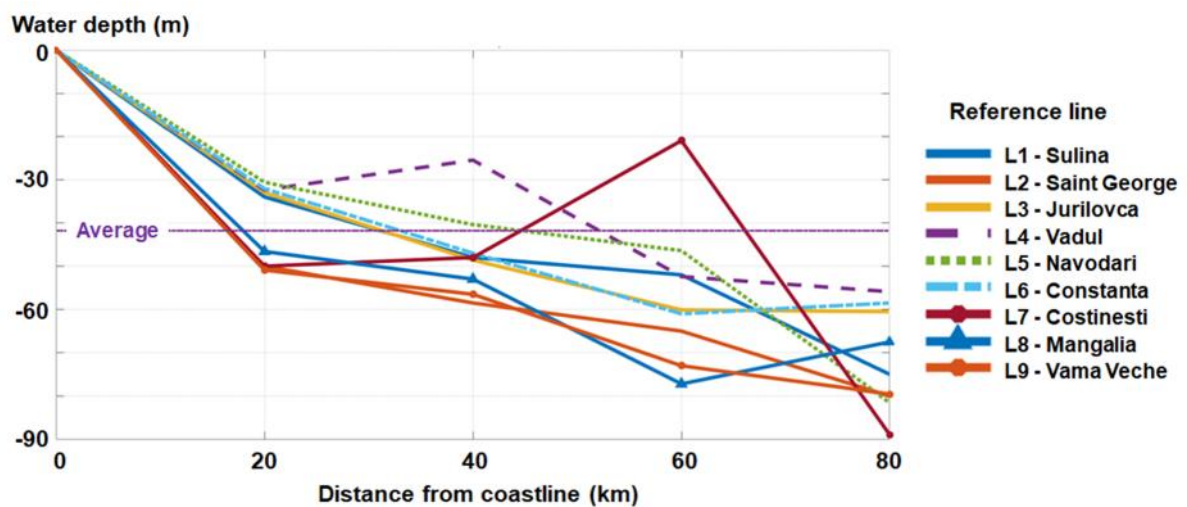


Figura 5. Variația adâncimii apei raportată la fiecare punct de referință și diverse distanțe față de țărm (0 km, 20 km, 40 km, 60 km sau 80 km).

Pentru acest studiu de caz, condițiile de vânt au fost evaluate pentru intervalul de timp ianuarie 1998 – decembrie 2017, folosind date ERA-Interim caracterizate de o mare rezoluție spațială (0.125° x 0.125°). Parametrii avuți în vedere sunt viteza vântului raportată la o înălțime de 80 m (U_{80}) și densitatea de putere a vântului (WPD în W/m^2), după cum se poate observa din Figura 6.

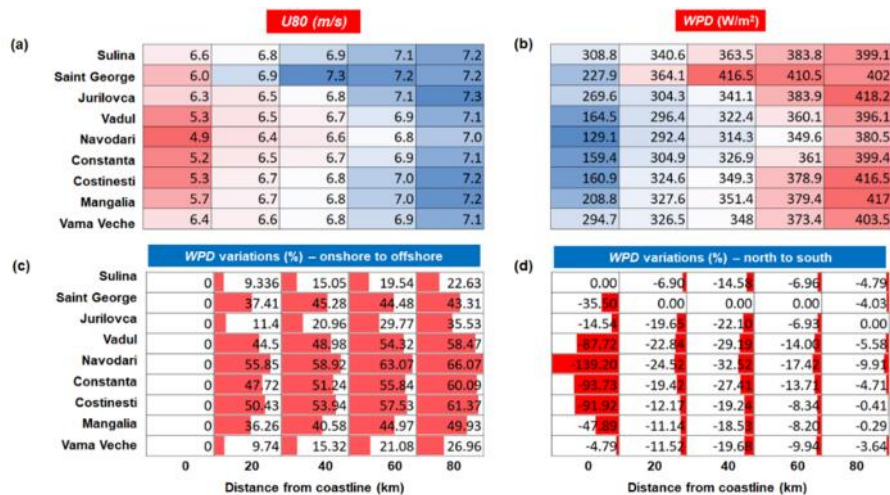


Figura 6. Distribuția spațială a resurselor de vânt, considerând date ERA-Interim pentru intervalul de timp ianuarie 1998 – decembrie 2017. Rezultatele sunt indicate pentru: (a) parametrul U_{80} – valori medii; (b) parametrul WPD – valori medii; (c) variații WPD – țarm către larg; (d) variații WPD – nord către sud considerând ca referință valorile maxime din fiecare coloană.

1.2 Analiza tehnico – economic a performanțelor unei ferme de vânt offshore

O altă direcție de cercetare este legată de analiza performanțelor unor turbine de vânt care ar putea opera în apropiere de zona costieră românească, mai precis în vecinătatea punctelor prezentate în Figura 4. O primă analiză este prezentată în Figura 7, unde este indicat perioada de timp (în %) în care turbinele de vânt nu vor genera electricitate. Rezultatele sunt obținute prin combinarea curbelor de putere a fiecărei turbine cu datele de vânt ERA – Interim (0.125° x 0.125°).

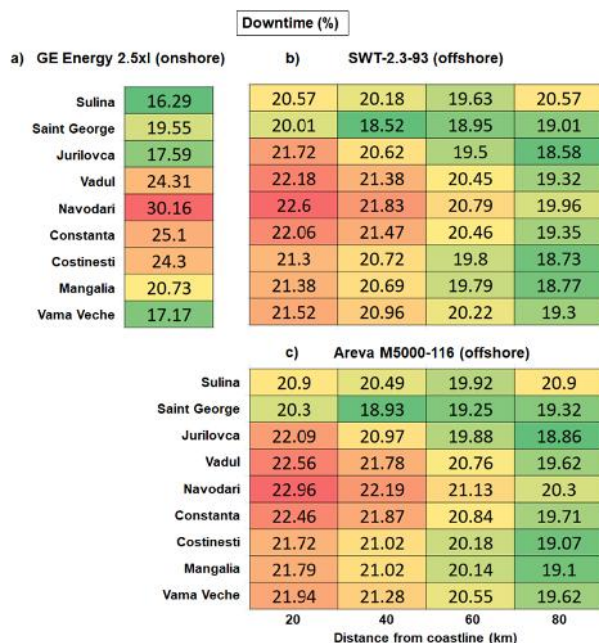


Figura 7. Perioadă de timp (%) în care turbinele de vânt nu produc electricitate. Rezultate raportate pentru intervalul de timp ianuarie 1998 – decembrie 2017, indicate pentru sistemele: (a) GE Energy 2.5xl; (b) SWT-2.3-93; (c) Areva M5000-116.

Figura 8 prezintă distribuția factorului de capacitate (în %), care este frecvent utilizat pentru a estima performanțele unei anumite turbine de vânt. După cum se poate observa, rezultate mai bune sunt raportate în partea de nord a zonei țintă fiind indicate, de asemenea, și anumite puncte din sud, cum ar fi Mangalia sau Vama Veche.

Capacity factor (%)					
a) GE Energy 2.5xl (onshore)		b) SWT-2.3-93 (offshore)			
Sulina	25.18	25.82	27.13	28.24	29.07
Saint George	19.71	27	29.73	29.48	29.08
Jurilovca	22.46	23.41	25.62	27.99	29.76
Vadul	14.59	22.85	24.45	26.64	28.58
Navodari	11.54	22.53	23.91	26	27.7
Constanta	14.15	23.25	24.61	26.57	28.65
Costinesti	14.25	24.33	25.82	27.5	29.46
Mangalia	17.98	28.65	25.89	27.46	29.44
Vama Veche	23.73	24.37	25.66	27.1	28.7

c) Areva M5000-116 (offshore)					
Sulina	11.88	12.48	12.99	13.37	
Saint George	12.42	13.68	13.56	13.38	
Jurilovca	10.77	11.78	12.88	13.69	
Vadul	10.51	11.25	12.26	13.15	
Navodari	10.36	11	11.96	12.74	
Constanta	10.69	11.32	12.22	13.18	
Costinesti	11.19	11.88	12.65	13.55	
Mangalia	13.18	11.91	12.63	13.54	
Vama Veche	11.21	11.8	12.47	13.2	

20 40 60 80
Distance from coastline (km)

Figura 8. Distribuția factorului de capacitate, indicată pentru: (a) GE Energy 2.5xl; (b) SWT-2.3-93; (c) Areva M5000-116.

Pentru a putea identifica o posibilă configurație a unei ferme de vânt amplasată în largul litoralului românesc, s-a considerat ca referință producția de energie din România conform datelor furnizate de CIA World Factbook (<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ro.html>). Pentru a putea realiza o estimare realistă, s-a luat în considerare doar 1% (6.2 billion kWh) din această producție, în vederea identificării numărului de turbine necesare să acopere această cerere. O astfel de analiză este prezentată în Figura 9.

a) GE Energy 2.5xl (onshore)		b) SWT-2.3-93				
Sulina	113	129	119	114	109	106
Saint George	144	168	114	104	105	106
Jurilovca	126	146	132	120	110	104
Vadul	195	232	135	126	116	108
Navodari	246	298	137	129	119	111
Constanta	201	240	133	125	116	108
Costinesti	199	238	127	119	112	105
Mangalia	158	185	108	119	112	105
Vama Veche	120	137	127	120	114	107

c) Areva M5000-116					
Sulina	52	49	46	45	43
Saint George	68	47	43	43	43
Jurilovca	59	54	49	45	43
Vadul	93	55	51	47	44
Navodari	120	56	52	48	46
Constanta	96	54	51	47	44
Costinesti	96	52	49	46	43
Mangalia	75	44	49	46	43
Vama Veche	56	52	49	47	44

0 20 40 60 80
Distance from coastline (km)

Figura 9. Estimarea numărului de turbine necesare să acopere 1% din producția de electricitate a României. Rezultate indicate pentru: (a) GE Energy 2.5xl; (b) SWT-2.3-93; (c) Areva M5000-116.

Aspectele economice ce țin de implementarea unei ferme de vânt în zona de larg a României sunt în curs de procesare, rezultatele obținute urmând să fie diseminate în publicațiile următoare.

1.3 Compararea rezultatelor raportate pentru zona românească cu zone marine din Europa unde sunt implementate ferme de vânt.

Chiar dacă cele mai bune zone din punct de vedere al energiei vântului se află situate în apropiere de Peninsula Crimeea, având în vedere actuala situație geopolitică din zonă, se poate spune că aceasta nu este favorabilă dezvoltării unui proiect de energie regenerabilă. De aceea, probabil că atenția ar trebui axată pe o țară UE, cum ar fi România, care prezintă, de asemenea, importante resurse de vânt conform rezultatelor furnizate de bazele de date AVISO și ERA-Interim. În acest caz, punctul P2 (din Figura 3) a fost ales pentru a realiza o comparație cu diverse proiecte europene.

Condițiile de vânt din apropierea a 171 de ferme de vânt marine au fost considerate pentru evaluare, acestea incluzând proiecte din Belgia, Danemarca, Franța, Germania, Olanda, Suedia sau Marea Britanie. Prin compararea resurselor de vânt (date AVISO – valori medii U_{80}) asociate punctului P2 cu cele din Europa, s-a realizat un top 10 al celor mai bune corelații, așa cum rezultă din Figura 10. Proiectele aflate în curs de implementare au fost marcate cu simbolul asterix (*). Conform valorilor indicate de datele AVISO (Figura 10a), toate punctele europene selectate prezintă valori mai bune în comparație cu punctul P2, acestea indicând viteze medii ale vântului în intervalul 5.7 m/s și 5.9 m/s.

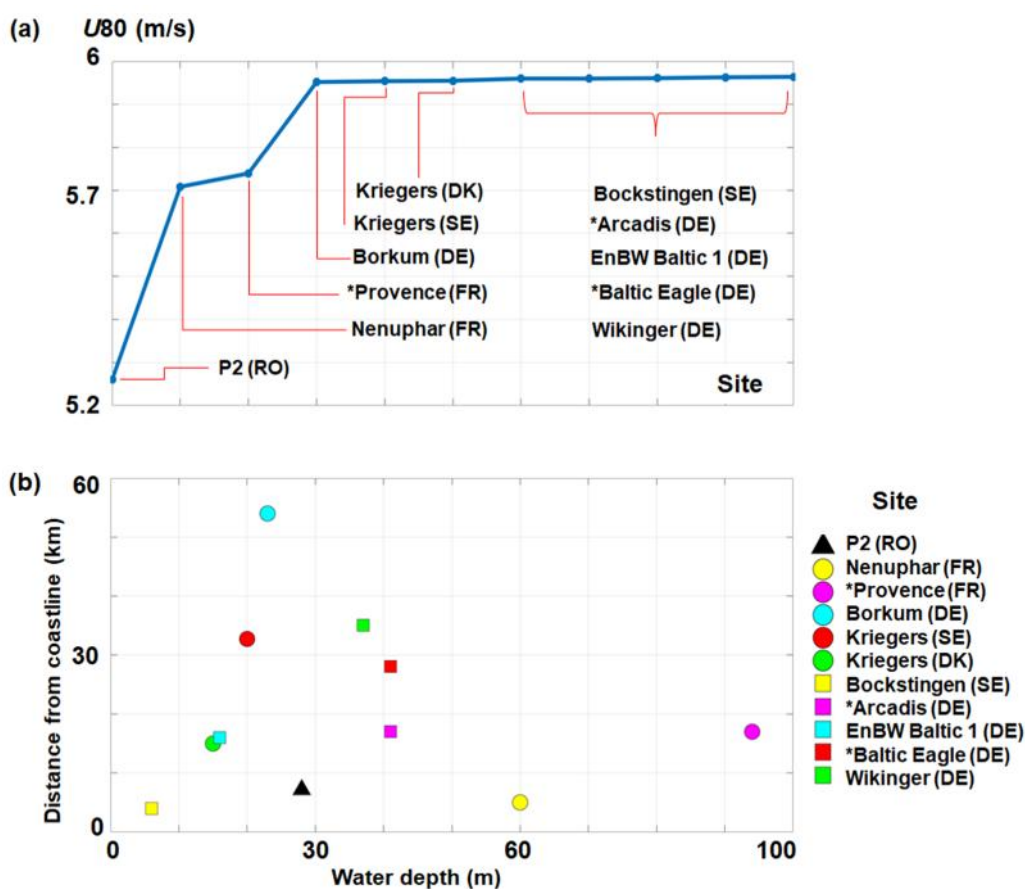


Figura 10. Comparații directe între viteza vântului raportată în apropiere de punctul P2 (România, Marea Neagră) și diverse proiecte europene, considerând m surturi de vânt AVISO (septembrie 2009 – septembrie 2017). Rezultatele corespund: (a) comparații U_{80} ; (b) caracteristici ale punctelor selectate.

1.4 Realizare pagin web (Ro – Eng.) a proiectului ROMAR

A fost creat o pagin web care este asociat cu proiectul ROMAR http://193.231.148.42/romar/index_en.php, aceasta fiind actualizat cu activit țile și rezultatele obținute. De asemenea, proiectul ROMAR a fost inclus în platforma ResearchGate prin intermediul unui link care leag proiectul de această rețea internațională.

<https://www.researchgate.net/project/ROmanian-MARine-Renewable-solutions-ROMAR>

1.5 Diseminarea rezultatelor

Publicații în jurnale internaționale (1)

1. Onea F, Rusu L, 2018. Evaluation of some state-of-the-art wind technologies in the nearshore of the Black Sea. *Energies* 11(9), 2452 (WoS, IF=2.676). <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/9/2452>

Particip ri la conferințe internaționale (2)

2. Onea F, Rusu L, 2018. Evaluation of the Black Sea wind energy potential for a renewable energy perspective. 3rd International Conference on Power and Renewable Energy, 21-24 septembrie, 2018, Berlin, Germania. <http://www.icpre.org/>
3. Onea F, Rusu L, 2018. Assessment of the Romanian coastline wind energy potential. 4th International Conference "Water resources and wetlands", 5-9 septembrie, 2018, Tulcea, România. <https://www.limnology.ro/wrw2018/wrw2018.html>

Publicații în jurnale naționale indexate în baze de date internaționale (1)

4. Onea F, Caranfil V, Rusu L, 2018. Renewables and the Romanian energy system. *Mechanical Testing and Diagnosis* 2018, 2, pp. 5-10 http://www.im.ugal.ro/mtd/download/2018-2/1_MTD_Volume%201_2018_One%20xx%20xx%20final.pdf Presentat la CSSD-UDJG 2018, 7-8 iunie 2018, Galați, România <http://www.cssd-udjg.ugal.ro/index.php/abstracts-2018>.

În plus, la conferința ICPRE (lucrarea 2) autorul a primit diploma de cea mai bună prezentare oral . (<https://www.researchgate.net/project/ROmanian-MARine-Renewable-solutions-ROMAR>)

1.6 Concluzii

Dacă ne raportăm la rezultatele preconizate pentru această etapă a proiectului (1 articol ISI – 2 conferințe – 1 pagin web), se poate observa că autorul și-a îndeplinit aceste obiective, la care se adaugă și 1 articol BDI. Este important de precizat că materialele logistice prevăzute pentru acest proiect au fost obținute în cea de-a doua parte a Etapei I și, astfel, intervalul de timp necesar procesării datelor de vânt s-a redus considerabil. De aceea, pentru etapele următoare ale proiectului, autorul estimează atingerea obiectivelor (rezultatelor) propuse, care urmează să fie diseminate în publicații științifice recunoscute pe plan internațional.

Buget (2018) 82.110,00 lei (aprox 17 620 EUR)

Director de proiect
șef lucrări dr. ing. Florin Onea

