

Raport științific

privind implementarea proiectului

Soluții pentru utilizarea energiei regenerabile din zona litoralului Românesc

ROMAR

în perioada ianuarie – aprilie 2020

În ceea ce-a treia parte a implementării proiectului (E3 - *Protecția zonei costiere românești prin intermediul unor ferme care folosesc energia marină*) care s-a desfășurat în perioada menționată mai sus, s-au avut în vedere următoarele obiective specifice:

- 3.1** Identificarea variației curenților costieri în prezența fermelor de val (Act 3.1).
- 3.2** Determinarea variațiilor care pot apărea în transportul de sedimente din zona litoralului românesc prin amplasarea unor ferme de val (Act 3.2).
- 3.3** Identificarea impactului de mediu asupra ecosistemului marin românesc în cazul dezvoltării unor proiecte de energie regenerabilă (Act 3.3).
- 3.4** Diseminarea rezultatelor.
- 3.5** Concluzii.

3.1 Identificarea variației curenților costieri în prezența fermelor de val

Este cunoscut faptul că un procent semnificativ din populația globului trăiește în apropierea zonelor costiere. Se estimează că aproximativ 20% din populația totală este localizată la o distanță nu depășește 25 km față de mare, în timp ce acest procent ajunge la 40% dacă luăm în considerare zonele aflate la o distanță de circa 100 km. Aceste regiuni sunt considerate a fi medii dinamice, estimându-se o creștere anuală urbană de circa 2.6%. Drept dovadă, în raport cu anul 1950 numărul orașelor costiere a crescut în mod semnificativ. Chiar dacă aceste regiuni sunt definite de numeroase oportunități, ele sunt supuse și unor probleme cauzate de mediul în care se află, cum ar fi de exemplu eroziunea costieră. Acest fenomen natural este influențat de mai mulți factori, cei mai importanți fiind: acțiunea vântului, valurilor sau curenților costieri. Mai mult decât atât, se estimează că schimbările climatice vor avea un impact negativ asupra zonelor costiere, deoarece se presupune că nivelul mării va crește, acest lucru contribuind la apariția unor fenomene naturale tot mai agresive. Chiar dacă mai mulți parametri sunt implicați în modelarea zonelor costiere, acțiunea valurilor are ponderea cea mai mare în cazul eroziunii costiere.

În cazul de față, patru zone Europene au fost considerate pentru evaluare, două din acestea fiind situate în vecinătatea Atlanticului de Nord, iar celelalte zone se află în mări închise (Marea Mediterană și Marea Neagră). Figura 1 prezintă zonele întinse avute în vedere, unde în regiunea A sunt prezentate arcele de coastă din zona costieră Portugheză. În partea de sud a regiunii s-a ales un sector costier ce definește peninsula Sines, în timp ce din partea de nord s-a considerat un sector aflat în apropiere de zona Leixoes (la nord de orașul Porto). Regiunea B definește Marea Mediterană, în acest caz fiind analizată insula Sardinia (partea de nord-vest). Din Marea Neagră (regiunea C), s-a avut în vedere analiza condițiilor de val din apropierea sectorului Sfântul Gheorghe, care este o parte importantă a Deltei Dunării.

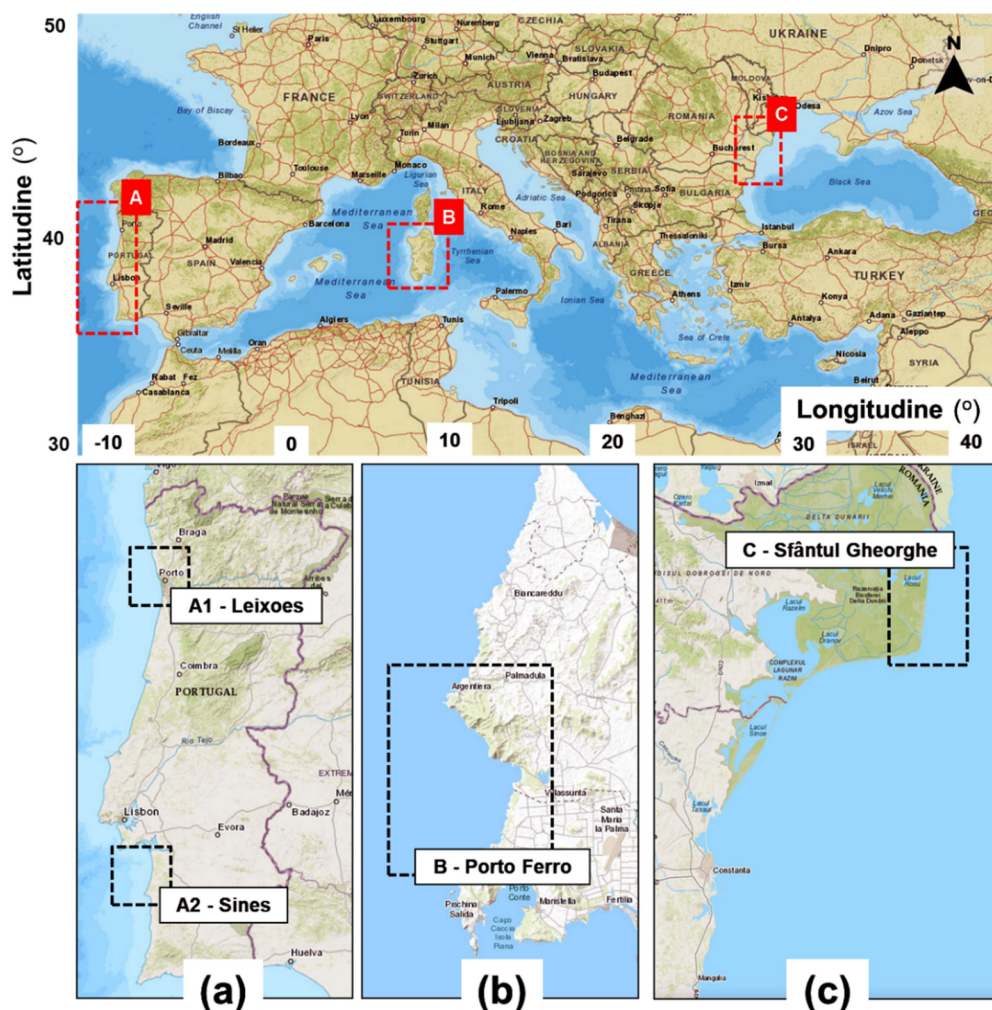


Figure 1. Identificarea zonelor înt considerate pentru evaluare, unde: (a) zona Portughez (Atlanticul de Nord); (b) Porto Ferro, Sardinia (Marea Mediteran); (c) Sfântul Gheorghe (Marea Neagr). Figuri procesate din Google Earth (2019).

Un prim pas în evaluarea impactului costier constă în identificarea unor condiții de mediu relevante. În acest caz, cei mai importanți parametri de val sunt: înălțimea semnificativă a valului – H_s (în metri); perioada medie de val – T_m (în secunde); direcția valurilor – Dir (în grade). Tabelul 1 prezintă valorile statistice ale acestor parametri, raportate pentru fiecare zonă. Folosind condiții de val oarecum identice, este posibil să se identifice în același mod impactul unor ferme energetice asupra zonelor costiere. Din această perspectivă, trebuie precizat că, deși condițiile de val sunt reprezentative pentru zonele înt alese, ele pot fi incluse în diverse categorii în funcție de regiunile geografice avute în vedere (ocean sau mare închis).

De exemplu, ceea ce reprezintă media absolută pentru valurile din ocean se apropie de valorile medii raportate în sezonul de iarnă pentru mările închise, în timp ce o furtună normală din ocean poate fi asociată cu o furtună extremă care se poate manifesta în apropierea zonelor costiere din Marea Mediterană și Marea Neagră. Aceste presupuneri au la bază diverse analize care au fost realizate pentru a caracteriza climatul valurilor din cadrul zonelor înt. Studiile de caz au fost procesate cu ajutorul interfeței ISSM (Interface for SWAN and Surf Models) care combină un model de val cu un model de analiză a proceselor hidrodinamice din zona de surf.

Tabel 1. Caracteristicile condițiilor de val definite pentru diverse zone întinse.

Zon	Condiții	H_s (m)	T_m (s)	Dir (°)
A1—Leixoes (Atlanticul de Nord)	Medie absolut	1.5	7	300 (asociat cu 30° în raport cu normala la linia rmului)
	Medie iarn	3	8	
	Condiții energetice	4.5	9	
	Furtun	6	11	
A2—Sines (Atlanticul de Nord)	Medie absolut	1.5	7	300 (asociat cu 30° în raport cu normala la linia rmului)
	Medie iarn	3	8	
	Condiții energetice	4.5	9	
	Furtun	6	11	
B—Porto Ferro (Marea Mediteran)	Medie iarn	1.5	5	300 (asociat cu 30° în raport cu normala la linia rmului)
	Condiții energetice	3	6	
	Furtun	4.5	7	
	Furtun puternic	6	9	
C—Sfântul Gheorghe (Marea Neagr)	Medie iarn	1.5	5	60 (asociat cu 30° în raport cu normala la linia rmului)
	Condiții energetice	3	6	
	Furtun	4.5	7	
	Furtun puternic	6	9	

Figura 2 prezintă studiile de caz considerate. Pentru fiecare zonă întinse, s-a considerat o linie având o lungime de circa 3 km, care are rolul de a simula impactul unei ferme de val generice. Între această fermă de val și linia rmului s-a stabilit o distanță de circa 2 km, iar orientarea fermei s-a realizat în funcție de specificitățile fiecărei zone întinse. Variațiile condițiilor de val în prezența fermei urmează să fie identificate prin intermediul unor hărți spațiale, în timp ce o analiză mai detaliată urmează să se realizeze cu ajutorul unor linii de referință (notate cu L) sau a unor puncte (notate cu O sau NP).

Pentru a putea furniza o imagine completă a influenței unei ferme de val, două studii de caz au fost evaluate, după cum se poate observa din Tabelul 2. Primul caz implică un scenariu realist, în care ferma de val este definită de un coeficient de absorbție mediu (notat cu $Ferm - M$), în care doar 20% din valurile care se apropie de fermă sunt captate de fermă. Cel de-al doilea caz, se axează pe o fermă definită de o capacitate de absorbție mare (notat cu $Ferm - H$), care implică un procent de absorbție de circa 40%, acest scenariu fiind asociat cu o fermă de val definită de mai multe linii de sisteme de captare a energiei valurilor.

Tabel 2. Studii de caz privind ferma generică de val.

Studiu de caz	Transmisie	Reflecție
	(0%—fără fermă ; 100%—blocare complet)	(0%—fără fermă ; 100%—blocare complet)
Absorbție moderată ($Ferm - M$)	20%	5%
Absorbție mare ($Ferm - H$)	40%	10%

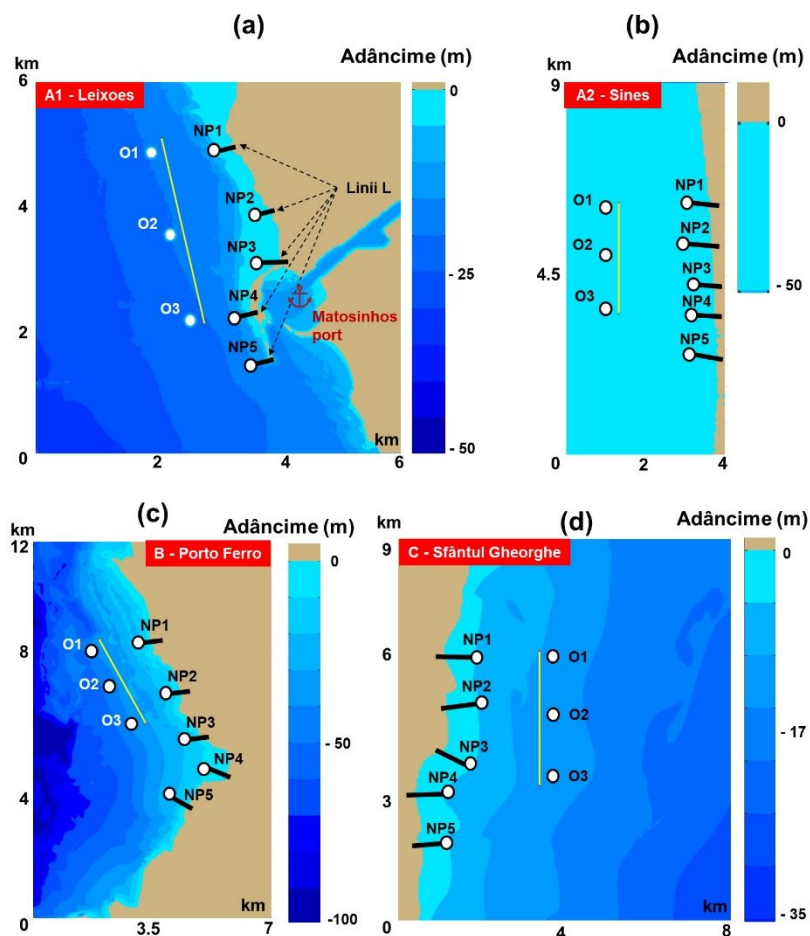


Figura 2. Studii de caz în domeniile de calcul considerate pentru evaluare, unde: (a) Leixoes; (b) Sines; (c) Porto Ferro; (d) Sfântul Gheorghe. În prim plan sunt prezentate configurațiile fermelor de val, iar în fundal sunt reprezentate hărțile batimetrice.

Este cunoscut faptul că zonele costiere sunt influențate de prezența curenților longitudinali. Acești curenți sunt generați de valurile care se sparg în zona de surf, fiind de așteptat că în cazul unor furtuni să se înregistreze o creștere a vitezei acestora. Figura 3 prezintă distribuția vitezelor pentru zona Porto Ferro. În acest caz, variații mai importante sunt raportate în apropiere de linia L3, unde prezența fermei de val duce la o scădere a vitezei curenților până la un minim de 0.2 m/s pentru condiții energetice și furtun (Ferm -H). Aici trebuie menționat faptul că în cazul unor anumite condiții de val, viteza curenților poate crește în apropierea liniei L1, ajungând la valori maxime de circa 0.99 m/s (medie iarnă) sau respectiv 1.37 m/s (condiții energetice).

Figura 4 prezintă valorile maxime ale curenților raportate de liniile de referință din zona Sfântul Gheorghe. Din analiza acestor rezultate, se poate observa că fiecare studiu de caz prezintă variații specifice. Astfel, în cazul scenariului medie iarnă și condiții energetice se observă că linia L1 indică creșterea valorilor pentru ferma cu absorbție mare și o scădere pentru cea cu absorbție moderată. Pentru scenariul medie iarnă /fără fermă, viteza curenților scade în apropiere de liniile L3, L4 și L5, ajungând la un minim de 0.07 m/s (medie iarnă /Ferm -M) sau respectiv 0.01 m/s (medie iarnă /Ferm -H).

Deoarece direcția valurilor reprezintă un parametru important în dezvoltarea curenților longitudinali, prin prezența fermei de val se pot înregistra schimbări ale direcției valurilor care poate afecta viteza curenților costieri. De aceea, chiar dacă valurile pierd energie la

contactul cu ferma de val, în anumite situații, datorită schimbării direcției valurilor, se poate observa o creștere a vitezei curenților în apropiere de fermă.

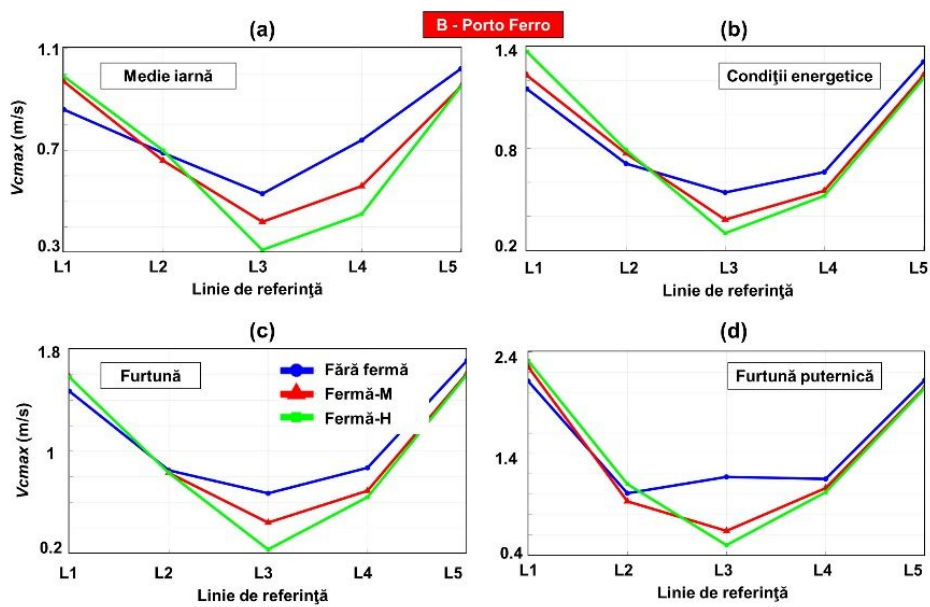


Figura 3. Analiză Porto Ferro—viteza maximă a curenților (V_{cmax} în m/s) estimată de-a lungul a cinci linii de referință (L1-L5). Rezultatele sunt indicate pentru: (a) medie iarnă; (b) condiții energetice; (c) furtună; (d) furtună puternică.

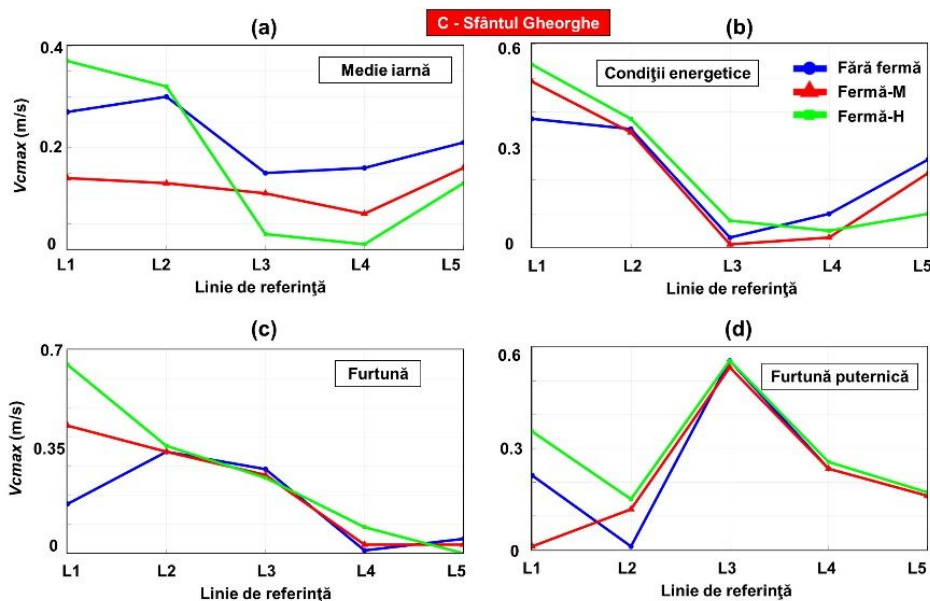


Figura 4. Analiză Sfântul Gheorghe—viteza maximă a curenților (V_{cmax} în m/s) estimată de-a lungul a cinci linii de referință (L1-L5). Rezultatele sunt indicate pentru: (a) medie iarnă; (b) condiții energetice; (c) furtună; (d) furtună puternică.

În cazul condițiilor energetice, viteza curenților poate crește în apropiere de linia L1, în timp ce o evoluție opusă este observată în apropiere de liniile L4 și L5. Fluctuații mici sunt observate de-a lungul liniilor L2 și L3, în timp ce o situație similară se înregistrează în cazul unei furtuni (liniile L2, L3 și L5) sau respectiv a unei furtuni puternice (liniile L3, L4 și L5).

3.2 Determinarea varia iilor care pot ap rea în transportul de sedimente din zona litoralului românesc prin amplasarea unor ferme de val

Tabelul 3 prezint evolu ia în l imilor semnificative de val corespunz toare grupului de puncte NP din zona Sfântul Gheorghe. Pe baza acestor valori se poate estima influen a pe care o au valurile asupra transportului de sedimente.

Tabel 3. Analiz Sfântul Gheorghe – varia ia parametrului H_s în prezen a unei ferme de val, raportat de grupul de puncte NP.

Scenariu	Valori H_s (m)									
	Medie iarn					Condi ii energetice				
F r ferm	1.02	1.01	0.98	0.90	0.92	1.84	1.76	1.73	1.61	1.60
Ferm -M	0.95	0.86	0.83	0.81	0.88	1.72	1.48	1.50	1.46	1.55
Ferm -H	0.89	0.72	0.69	0.73	0.84	1.62	1.22	1.25	1.32	1.51
	Furtun					Furtun puternic				
F r ferm	2.21	2.44	2.11	2.15	1.96	2.37	2.82	2.30	2.35	2.12
Ferm -M	2.15	2.12	2.03	2.10	1.95	2.34	2.69	2.29	2.34	2.12
Ferm -H	2.09	1.72	1.85	1.99	1.95	2.28	2.35	2.25	2.31	2.12
	NP1	NP2	NP3	NP4	NP5	NP1	NP2	NP3	NP4	NP5
	Puncte de referin					Puncte de referin				

În orice zon costier , transportul de sedimente este influen at de for ele care ac ioneaz asupra sedimentelor depuse pe fundul apei i a celor aflate în suspensie, estimându-se c principalul factor hidraulic pentru transportul de sedimente este reprezentat de condi iile de val. Numero i parametri trebuiesc avu i în vedere (în l imea semnificativ a valurilor, direc ie valuri, dimensiune sedimente, etc) pentru a putea determina volumul de sedimente transportat, care va fi notat cu Q ($m^3/24$ h). De exemplu, pentru valurile care sunt definite de un unghi incident de 30° (similar cu cel indicat în Tabelul 1), transportul de sedimente este asociat cu urm toarele valori: $H_s = 1$ m; $Q = 300$ $m^3/24$ h; $H_s = 3$ m; $Q = 10,000$ $m^3/24$ h; $H_s = 5$ m; $Q = 65,000$ $m^3/24$ h. Aceast estimare este valabil pentru zonele int avute în vedere, unde râurile locale reprezint principalele surse de sedimente (ex: Sfântul Gheorghe sau Sines). Prin interpolarea acestor valori de referin , s-a ob inut transportul de sedimente raportat pentru grupul de puncte NP, unde s-a presupus c aceste condi ii sunt raportate pentru un interval de 24 ore. Tabelul 4 prezint volumul de sedimente transportat pentru toate zonele int i includ doar câteva puncte de referin . Analizând aceste rezultate, se poate observa c chiar i o mic modificare a valorilor H_s duce la o reducere semnificativ a transportului de sedimente indus de ac iunea valurilor.

Viteza curen ilor longitudinali reprezint un alt parametru considerat pentru analiz (Figura 3 i Figura 4). Diagrama Hjulström este folosit în mod frecvent în hidrologie pentru a determina dac volumul de sedimente se depoziteaz pe fundul apei sau urmeaz a fi transportat, toate acestea fiind determinate de viteza apei i dimeniunile particulelor de sedimente. Astfel, dac viteza este mai mic de 3 m/s, sedimentele urmeaz a fi transportate sau depozitate pe fundul apei (<0.01 mm – transport), în timp ce la o vitez mai mare pot s apar procese de eroziune. O astfel de diagram poate fi folosit pentru a estima în prim faz interac iunile dintre deplasarea maselor de ap i sedimentele dintr-o anumit zon costier . Din analiza rezultatelor raportate pentru zona Leixoes, se poate observa c procesele de eroziune pot s apar în vecin tatea liniei L1, unde de fapt prezen a fermei de val cre te viteza curen ilor. În alte cazuri (medie absolut , medie iarn i condi ii energetice), prezen a fermei duce la o reducere a vitezei curen ilor în apropiere de liniile L4 i L5, care poate reprezenta un lucru benefic pentru protec ia costier . În ceea ce prive te zona Sines, o ferm de energie poate s accentueze procesele de eroziune din apropierea liniilor L1 i L2, în timp ce un trend opus se observ pentru liniile L4 i L5.

Tabel 4. Transportul de sedimente raportat pentru valuri ca au un unghi de incidență egal cu 30°. Rezultatele sunt raportate pentru toate zonele întinse, respectiv: Leixoes, Sines, Porto Ferro și Sfântul Gheorghe.

Leixoes	*	medie absolut /NP5	medie iarnă /NP4	cond. energetice /NP4	furtună /NP4
	**	759	5680	23200	62900
	***	Ferm -M – 15.7%; Ferm -H – 22.4%	Ferm -M – 60.6%; Ferm -H – 74.4%	Ferm -M – 52.6%; Ferm -H – 72.4%	Ferm -M – 40.6%; Ferm -H – 66.3%
Sines	*	medie absolut /NP5	medie iarnă /NP2	cond. energetice/NP2	furtună /NP1
	**	878	5840	22800	60450
	***	Ferm -M – 15.5% Ferm -H – 29%	Ferm -M – 42.5% Ferm -H – 69.2%	Ferm -M – 42.1% Ferm -H – 66%	Ferm -M – 14.5% Ferm -H – 67.9%
Porto Ferro	*	medie iarnă /NP5	cond. energetice/NP5	furtună /NP5	Furtună puternică /NP5
	**	827	4160	17000	55560
	***	Ferm -M – 6.2% Ferm -H – 8.2%	Ferm -M – 7.7% Ferm -H – 9.6%	Ferm -M – 5.9% Ferm -H – 7.1%	Ferm -M – 3.7% Ferm -H – 4.3%
Sfântul Gheorghe	*	medie iarnă /NP3	cond. energetice/NP3	furtună /NP3	furtună puternică /NP3
	**	294	1541	2880	4400
	***	Ferm -M – 15.3% Ferm -H – 29.6%	Ferm -M – 25.4% Ferm -H – 53%	Ferm -M – 22.2% Ferm -H – 39.4%	Ferm -M – 1.8% Ferm -H – 9.1%
* Condiții de val în puncte de referință; ** Ferm -M – (Q în $m^3/24$ h); *** Ferm -M de val (atenuare Q în %)					

Pentru zona Porto Ferro, rezultă că în cazul unor condiții energetice, în apropiere de linia L3 se poate înregistra o reducere a vitezei curenților. Acest lucru nu garantează neapărat că acest sector poate fi protejat, având în vedere că ferma de val nu raportează un impact semnificativ asupra vitezei curenților din zonele adiacente. În ceea ce privește sectorul Sfântul Gheorghe, se pare că curenții longitudinali nu reprezintă o sursă de eroziune costieră, ei fiind direcți implicați în transportul sedimentelor aflate deja în suspensie. Pentru această zonă, eroziunea costieră este direct legată de acțiunea valurilor, unde în cazul unor furtuni se pot atinge în apropierea rmului viteze orbitale de aproximativ 1.5 m/s.

3.3 Identificarea impactului de mediu asupra ecosistemului marin românesc în cazul dezvoltării unor proiecte de energie regenerabilă

Impactul unor proiecte de energie marină asupra mediului a fost menționat pe scurt în lucrările publicate în cadrul acestui proiect. În general, problemele care trebuie studiate se axează pe interacțiunea dintre presiuni și alte vieuitoare marine (coliziuni, zgomot sau electromagnetism), care par a fi mai importante în cazul fermelor de vânt offshore. Aceste proiecte au și părți pozitive, prezența fizică a sistemelor fiind similară cu cea a unor zone marine protejate, fiind observate în anumite cazuri o creștere a biodiversității locale (ex: ferme de vânt).

3.4 Diseminarea rezultatelor

Publicații în jurnale indexate WoS (1)

Raileanu A, Onea F, Rusu E, 2020. *An Overview of the Expected Shoreline Impact of the Marine Energy Farms Operating in Different Coastal Environments*. J. Mar. Sci. Eng. 2020, 8, 228, **IF=1.732**, <https://www.mdpi.com/2077-1312/8/3/228>

Participări la conferințe internaționale (1)

Onea F, Rusu L, 2020. *Impact Assessment of a Generic Wave Farm on the Wave Conditions at the Entrance to Danube Delta*. Academics World International Conference, 23–24 Martie, 2020, București, România. <http://www.academicworld.org/Conference2020/Romania/1/ICRAMHS/>

Participări la conferințe naționale (1)

Ruiz A, Rusu E, **Onea F**, 2020. *An Evaluation of the Offshore Wind Power Resources in the Spanish Nearshore*. Scientific Conference organized by the Doctoral Schools of “Dunărea de Jos” University of Galați (SCDS-UDJG) 2020, 18-19 June 2020, Galați, Romania. <http://www.cssd-udjg.ugal.ro/> (Acceptat pentru prezentare).

3.5 Concluzii

Deoarece în acest moment nu există nici o fermă de val, este dificil de estimat care ar putea fi configurația unui astfel de proiect, astfel că majoritatea studiilor legate de o posibilă protecție costieră sunt construite în jurul unor scenarii. Rezultatele prezentate în cadrul acestui raport sunt în linie cu cercetările curente care implică diferite sisteme hibride de modelare, care combină rezultatele unui model de val cu alte instrumente de simulare (ex: transport de sedimente, curenți costieri). Astfel, prin folosirea unei ferme generice se poate stabili un raport optim între energia produsă și protecția costieră, chiar și în cazul unor bazine închise cum este Marea Neagră.

Buget (2020) 42.090,00 lei (approx. 8770 Euro)

Dat

Aprilie 2020

Director de proiect

Conferențiar Dr. Ing. Florin Onea

