

Raport științific

privind implementarea proiectului

Evaluarea efectelor produse de schimbările climatice asupra condițiilor de val din Marea Neagră - ACCWA

în perioada ianuarie – decembrie 2018

În a doua etapă de implementare a proiectului, desfășurată în perioada mai sus menționată, au fost urmărite obiectivele specifice proiectului:

1. Realizarea simulărilor cu sistemul de climat de val pentru perioada ‘viitor apropiat’ (2021-2050), scenariile RCP4.5 și RCP8.5 (60 de ani de simulări).
2. Realizarea simulărilor cu sistemul de climat de val pentru perioada ‘viitor’ (2071-2100), scenariul RCP4.5 (30 de ani de simulări).
3. Diseminarea rezultatelor

1. Realizarea simulărilor cu sistemul de climat de val pentru perioada ‘viitor apropiat’ (2021-2050), scenariile RCP4.5 și RCP8.5 (60 de ani de simulări)

Pasul următor în implementarea proiectului a fost reprezentat de realizarea proiecțiilor privind condițiile de val din bazinul Mării Negre pentru viitorul apropiat care corespunde intervalului 2021-2050. Simularea condițiilor de val a fost realizată cu același sistem de modelarea a valurilor bazat pe modelul SWAN (Simulating WAVes Nearshore, Booij et al., 1999) utilizat în cazul simulărilor istorice (1976-2005). Câmpurile de vânt cu care s-a realizat forțarea modelului SWAN au fost produse de același RCM (Regional Climate Model) ca și în cazul simulărilor istorice, și anume RCA4, dar considerând diferite traiectorii ale concentrației de gaze cu efect de seră (nu a emisiilor) numite RCPuri (Representative Concentration Pathways - Căi reprezentative de evoluție a concentrațiilor).

S-a constatat că reacția climatică depinde în mod semnificativ de încălzirea globală și, probabil, și de istoria forțării. Încălzirea globală consideră ca bază climatologică anul 1850 și ajunge la anul 2100. Sunt stabilite patru scenarii RCP: RCP2.6, RCP4.5, RCP6 și RCP8.5 (Moss et al., 2010; Van Vuuren et al., 2011). Acestea sunt denumite după posibila gamă de valori ale forței radiative din anul 2100, față de valorile preindustriale. Astfel RCP2.6, cel mai optimist scenariu, presupune că emisiile globale anuale de gaze cu efect de seră (măsurate în echivalent CO₂) vor atinge un maxim în intervalul 2010-2020, considerând că emisiile vor scădea substanțial după aceea. În acest caz, la sfârșitul secolului se așteaptă o creștere a temperaturii de aproximativ 1,5° C, în timp ce valoarea de forțaj radiativ va fi de aproximativ 2,6 W/m². În RCP8.5, cel mai pesimist scenariu, se presupune că emisiile continuă să crească pe parcursul secolului al XXI-lea și se așteaptă o creștere de aproximativ 4,4° C până în 2100, cu un forțaj radiantiv care va depăși 8,5 W/m². De fapt, cele mai studiate scenarii ale concentrației gazelor cu efect de seră sunt RCP4.5 și RCP8.5 și, din acest motiv, doar ele vor fi considerate în continuare. RCP4.5 descrie un scenariu intermediar privind concentrația și cu forțaj de concentrare stabilizat la aproximativ 4,5 W/m².

1.1 Analiza vitezei vântului pentru perioada ‘viitor apropiat’ (2021-2050)

Diferite studii arată că, condițiile de val din Marea Neagră sunt foarte sensibile la schimbările climatice, în special în ceea ce privește schimbările din câmpurile de vânt. Astfel, modificările preconizate în configurarea matricei de mediu referitoare la viteza vântului pot să inducă modele noi și complet diferite în viitorul climat al valurilor. Din acest motiv, în primul rând comparațiile dintre vitezele vântului din trecutul recent cu proiecțiile din viitorul apropiat pot oferi o perspectivă a posibilelor schimbări care pot apărea în climatul de val din Marea Neagră în viitorul apropiat. În plus, în funcție de emisiile/concentrațiile de gaze cu efect de seră (reflexate într-un mod diferit în RCP4.5 și RCP8.5), aceste modificări pot fi mai mult sau mai puțin accentuate. S-au realizat unele comparații între câmpurile de vânt simulate în condițiile scenariilor RCP4.5 și RCP8.5 pentru a identifica diferențele induse de

aceste două scenarii diferite. Pe de altă parte, comparațiile dintre câmpurile de vânt din trecut și cele obținute în condițiile diverselor scenarii viitoare pot indica o posibilă evoluție ulterioară a condițiilor de vânt.

O estimare a climatului de vânt așteptat în viitorul apropiat (2021-2050) a fost realizată de Ganea et al. (2018) considerând condițiile a două scenarii RCP diferite (RCP4.5 și RCP8.5). Evaluarea impactului schimbărilor climatice asupra vitezei vântului și a potențialului energetic eolian a fost realizată prin comparații între previziunile anterioare și proiecțiile viitoare ale acestor mărimi. Luând în considerare faptul că studii anterioare au arătat existența unor diferențe între condițiile de vânt din diferite zone ale Mării Negre, aria țintă a fost împărțită în cinci zone geografice cu caracteristici/modele asemănătoare, etichetate de la A la E. În fiecare zonă au fost definite diverse puncte de referință situate în apă adâncă și puțin adâncă.

În acest studiu au fost folosite câmpuri de vânt din baza de date EURO-CORDEX care conțin informații privind componentele vitezei vântului la înălțimea de 10 m. Aceste date au o rezoluție spațială de $0,11^\circ$ și o rezoluție temporală de 6 ore. Câmpurile de vânt sunt simulate de modelul climatic regional al Centrului Rossby (modelul RCA4), la SMHI (Institutul Meteorologic și Hidrologic din Suedia), în condițiile proiecțiilor climatice viitoare reprezentate de două scenarii RCP de emisii menționate mai sus. Mai multe detalii privind scenariile CORDEX pentru zonele europene (EURO-CORDEX), așa cum sunt prevăzute în modelul climatic regional RCA4 al Centrului Rossby, se regăsesc în studiile realizate de Strandberg et al. (2015) și Kjellström et al. (2016). Aceste două scenarii au fost simulate cu modelul RCA4 considerând condiții de frontieră produse de un model climatic global (GCM), și anume EC-EARTH.

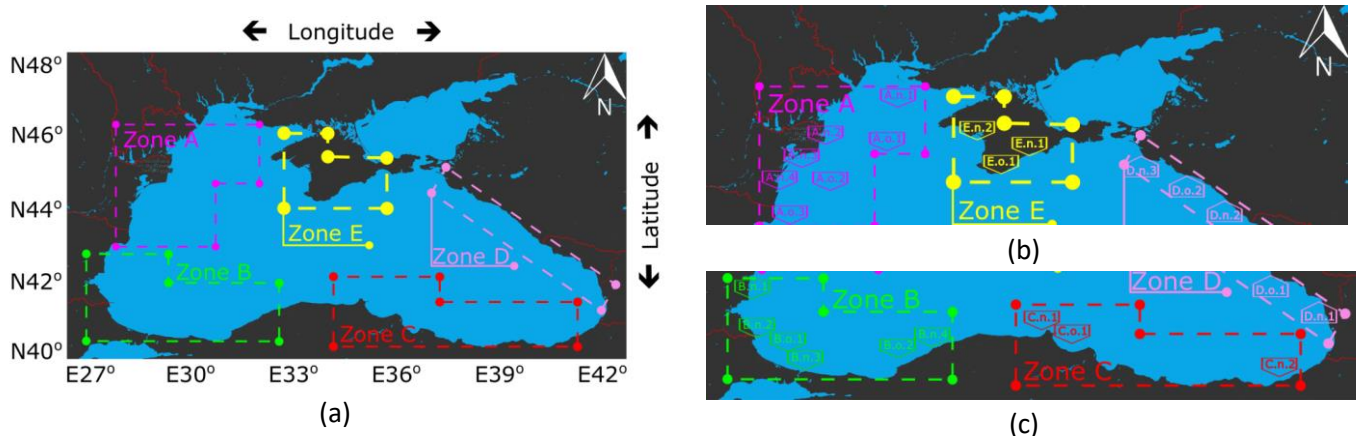


Figure 1. Locațiile geografice ale punctelor de referință corespunzătoare celor 5 zone considerate: zona A (puncte în apă puțin adâncă: A.n.1 la A.n.4 și puncte în apă adâncă: A.o.1 la A.o.3), zona B (puncte în apă puțin adâncă: B.n.1 la B.n.4 și puncte în apă adâncă: B.o.1 și B.o.2), zona C (puncte în apă puțin adâncă C.n.1 și C.n.2, și puncte în apă adâncă C.o.1), zona D (puncte în apă puțin adâncă: D.n.1 la D.n.3, puncte în apă adâncă: D.o.1 și D.o.2) și zona E (puncte în apă puțin adâncă: E.n.1 și E.n.2, puncte în apă adâncă: E.o.1); (a) Privire de ansamblu asupra zonelor țintă; (b). Amplasarea punctelor corespunzătoare zonelor A, E și a unei secțiuni din zona D; (c) Locația punctelor care corespund zonelor B, C și unei secțiuni din zona D.

În Figura 2 este prezentată o analiză comparativă dintre proiecțiile vitezelelor vântului realizate în cadrul a două dintre scenariile viitoare disponibile în cadrul proiectului EURO-CORDEX, RCP4.5 și RCP8.5. Analizând Figura 2, se poate observa că între cele două date nu apar diferențe semnificative în ceea ce privește valorile medii, percentilele 5 și 95. Pe de altă parte, se observă diferențe semnificative între valorilor maxime ale vitezei vântului în zonele de apă puțin adâncă din ariile aflate în apropierea zonei costiere a Bulgariei și României.

Conform datelor din viitorul apropiat, ambele scenarii prezintă aproximativ aceleași valori în termeni de medii anuale (a se vedea Figura 3), dar cu un decalaj de mai mulți ani între vârfuri. În cazul zonei A (locații din apă adâncă), datele pentru scenariul RCP4.5 sunt în medie cu 1% mai mari, în timp ce pentru zona B cu aproape 1% mai mici decât datele de la RCP8.5. Prin efectuarea unei analize comparative a valorilor din locurile de apă puțin adâncă și cele de adâncime, pentru ambele zone A și B se poate concluziona că nu există diferențe notabile în ceea ce privește intensitatea vântului. În apropierea zonei costiere a Turciei, proiecțiile din viitorului apropiat (a se vedea Figura 3d)

prezintă valori medii similare cu ale vitezei vântului calculate din datele EURO-CORDEX Evaluare pentru climatul actual. Analiza anuală a vitezei vântului, pe ansamblu, nu evidențiază nici o tendință. În plus, diferențele dintre mediile anuale sunt mici.

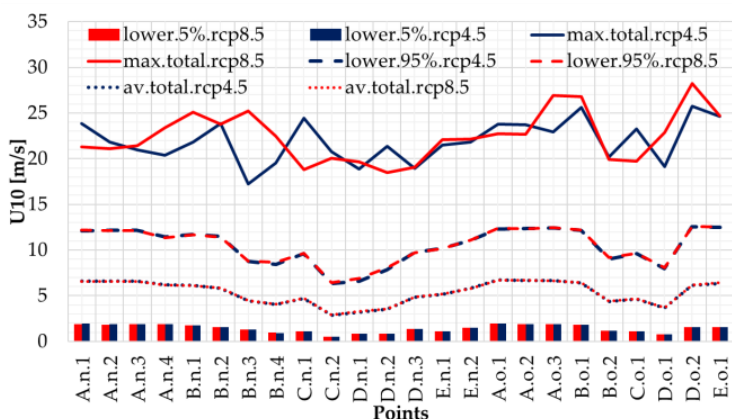


Figure 2. Analiza vitezei vântului la o înălțime de 10 m (U10) în ceea ce privește valorile maxime (max.total), valorile medii (av.total), valorile percentila 5 (lower.5%) și percentila 95 (lower.95%) corespunzătoare punctelor de referință. Comparăție între vitezele vântului EURO-CORDEX corespunzătoare scenariilor RCP4.5 și RCP8.5 pentru o perioadă de 30 de ani (2021-2050).

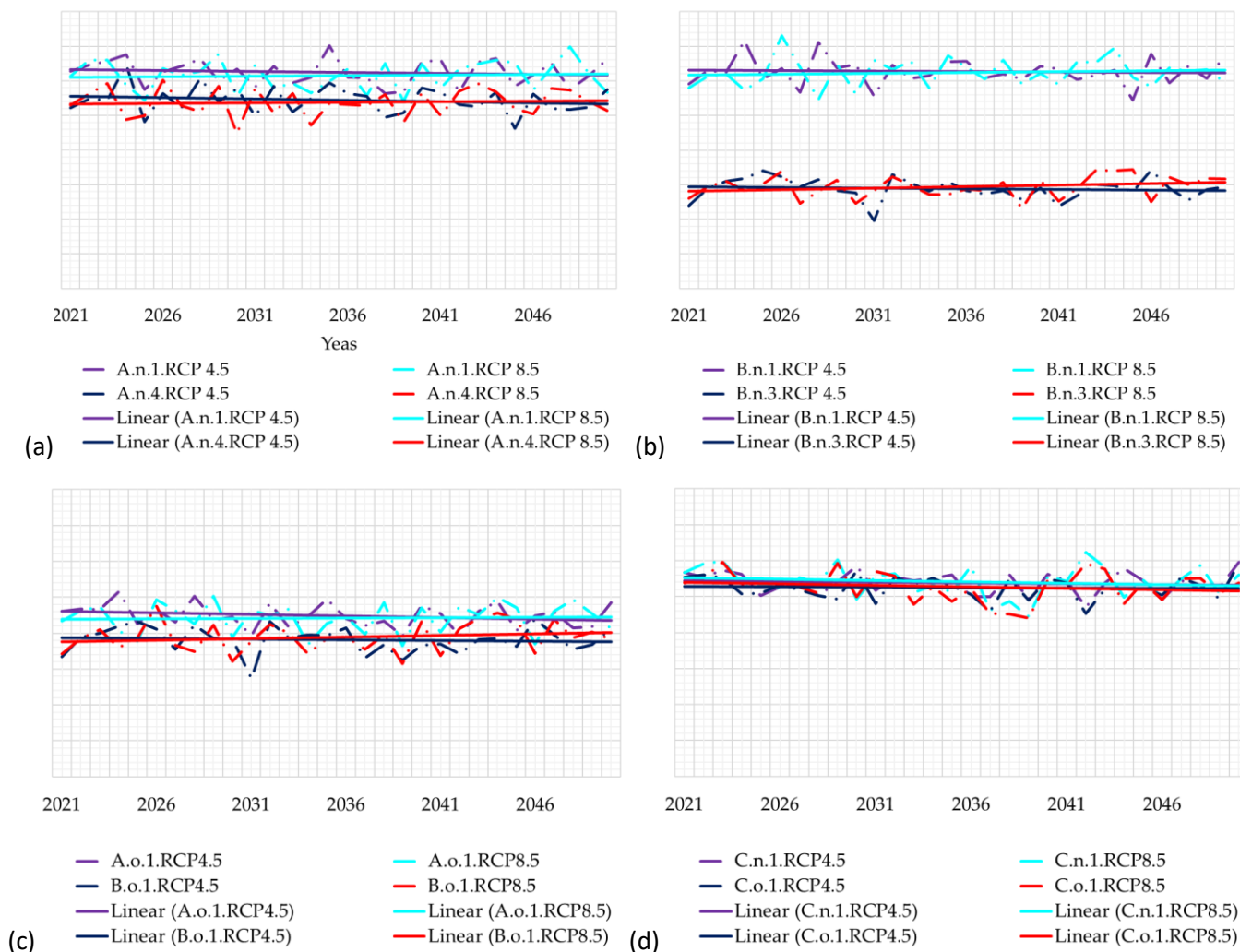


Figure 3. Mediile anuale ale vitezei vântului la înălțimea de 10 m, datele pentru RCP4.5 și RCP8.5, intervalul de timp 2021-2050, pentru cele mai reprezentative puncte situate în: (a) nearshore România; (b) nearshore Bulgaria; (c) apă adâncă Bulgaria (B.o.1) și România (A.o.1); (d) apa puțin adâncă (C.n.1) și în apă adâncă (C.o.1) Turcia.

Deși datele pentru intervalul 1981-2010 arată o creștere a vitezei vântului în apropierea liniei de coastă a Rusiei (nu sunt prezentate aici), ambele estimează un tipar aproximativ constant pentru intervalul de 30 de ani din viitorul apropiat. Proiecțiile pentru ambele scenarii RCP4.5 și RCP8.5 indică pentru regiunea Peninsulei Crimeea o creștere a vitezei vântului la înălțimea standard de 10 m deasupra nivelului mării.

Distribuțiile totale și sezoniere ale intensității vântului (total perioadă, iarna, primăvara, vara și toamna) sunt prezentate în Figura 4. Se poate observa din datele prezentate că în timpul iernii magnitudinea medie a vitezei vântului este mai mare. În aproape 90% din cazurile prezentate, vitezele vântului în intervalul de vară au cele mai scăzute valori. Totuși, în punctele C.n.1 și C.o.1 situate la nord de Turcia, în timpul verii viteza medie a vântului este aproape la fel de mare ca în intervalul de iarnă sau există diferențe foarte mici între mediile sezoniere. În ceea ce privește mediile sezoniere calculate pentru ambele scenarii, rezultatele indică în majoritatea cazurilor că nu există diferențe relevante privind vitezele medii ale vântului (diferențe mai mici de 0,4 m/s). Acest lucru se datorează, probabil faptului că, până la mijlocul secolului, diferențele nu sunt foarte mari în ceea ce privește concentrația gazelor cu efect de seră considerate în cele două RPCuri.

În ceea ce privește tendința liniară a vitezei vântului pentru perioada de timp 2021-2050, scenariul RCP4.5 arată că viteza vântului va avea o scădere ușoară, în timp ce pentru RCP8.5 o creștere mică. Valorile tendințelor liniare calculate pentru datele din viitorul apropiat sunt prezentate în Tabelul 1. Pentru scenariul RCP4.5 tendința liniară pentru perioada 2021-2050 indică că viteza vântului va avea o scădere ușoară în 92% din puncte (valori variind de la -0.044 la -0.009 m/s pe decadă), în timp ce pentru scenariul RCP8.5 prezintă o creștere mică în 83% din cazuri (valori cuprinse între 0.008 și 0.044 m/s pe decadă).

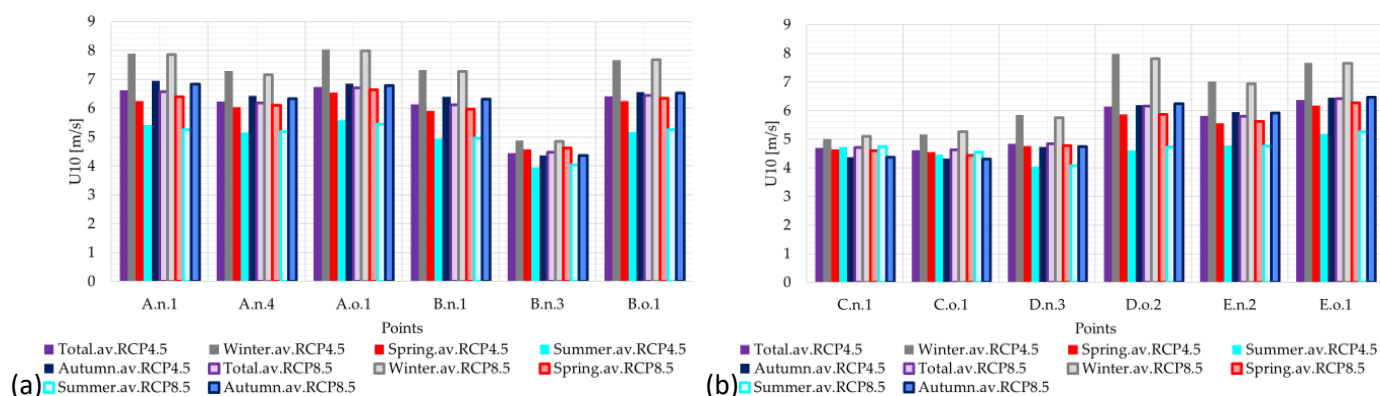


Figure 4. Mediile sezoniere ale vitezei vântului la înălțimea de 10 m comparate cu mediile totale, datele pentru scenariile RCP4.5 și RCP8.5 (intervalul 2021-2050), pentru puncte reprezentative situate în: (a) apă puțin adâncă și apă adâncă din zona costieră a Bulgariei și României; (b) apă puțin adâncă și apă adâncă din zona costieră a Peninsulei Crimeea, Rusiei și Turciei.

Table 1 – Valorile trendului liniar pentru datele din viitorul apropiat (m/s pe decadă) calculate pentru toate cele 24 puncte.

Point	A.n.1	A.n.2	A.n.3	A.n.4	B.n.1	B.n.2	B.n.3	B.n.4	C.n.1	C.n.2	D.n.1	D.n.2
RCP4.5	-0.026	-0.026	-0.040	-0.039	-0.013	-0.016	-0.022	-0.028	-0.021	-0.013	-0.013	-0.011
RCP8.5	0.016	0.023	0.016	0.015	0.025	0.018	0.044	0.016	-0.037	-0.027	0.008	0.010
Point	D.n.3	E.n.1	E.n.2	A.o.1	A.o.2	A.o.3	B.o.1	B.o.2	C.o.1	D.o.1	D.o.2	E.o.1
RCP4.5	-0.009	0.006	-0.023	-0.044	-0.042	-0.040	-0.018	-0.042	-0.012	-0.018	-0.011	0.002
RCP8.5	0.034	0.044	0.031	0.009	0.011	0.023	0.044	0.022	-0.041	-0.013	0.023	0.024

În ceea ce privește direcția vântului, seturile de date analizate conțin informații despre viteza zonală (componentă u) și cea meridională (componentă v) necesare pentru analiza direcțiilor principalelor de unde suflă vântul. Din diagramele direcționale ale vântului prezentate în Figura 5, se poate observa direcția dominantă și, de asemenea, intervalul predominant de viteză a vântului pentru toate cele cinci zone studiate. La prima vedere, datele arată că în

Marea Neagră există două direcții principale (tipare) de unde suflă vântul. Primul tipar acoperă sectoare direcționale mai largi și este observat în nord-vestul și vestul bazinului Mării Negre. Principalele direcții pentru aceste zone sunt nord, nord-est și sud-vest. Cu toate acestea, se poate observa că datele EURO-CORDEX indică, că vântul suflă destul de des de la vest. În plus, cele mai frecvente valori ale vitezei vântului sunt în intervalul de la 0 la 12 m/s. Al doilea tipar dominant al vântului prezintă sectoare direcționale mai restrânse și se regăsește în nord, est, sud și sud-vest.

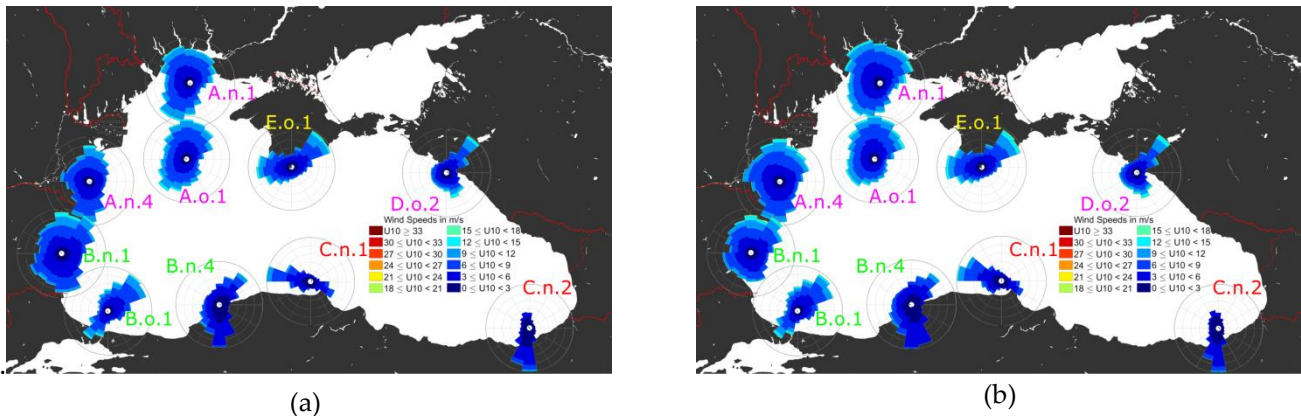


Figure 5. Diagrame direcționale pentru 30 ani de date (2021-2050) provenite de la EURO-CORDEX: (a) scenariul RCP4.5; (b) scenariul RCP8.5.

De asemenea, au fost calculate proiecțiile energiei (puterii) vântului din Marea Neagră pentru viitorului apropiat, intervalul 2021-2050, și comparate cu cele corespunzătoare perioadei 1981-2010. În zilele noastre, înălțimile tipice pentru turbinele eoliene offshore variază de la 80 m până la 100 m (Letcher, 2017) și din acest motiv datele de vânt la înălțimea de 10 m trebuie să fie recompilate. Pentru evaluarea potențialului de energie eoliană, și a energiei generate de o anumită turbină, se folosește o metodă logaritmică pentru a ajusta viteza vântului la un nivel de 100 m. Această metodă presupune condiții neutre de stabilitate (Kubik et al., 2011). Câteva rezultate referitoare la proiecțiile energiei vântului și unele comparații sunt prezentate în Figura 6.

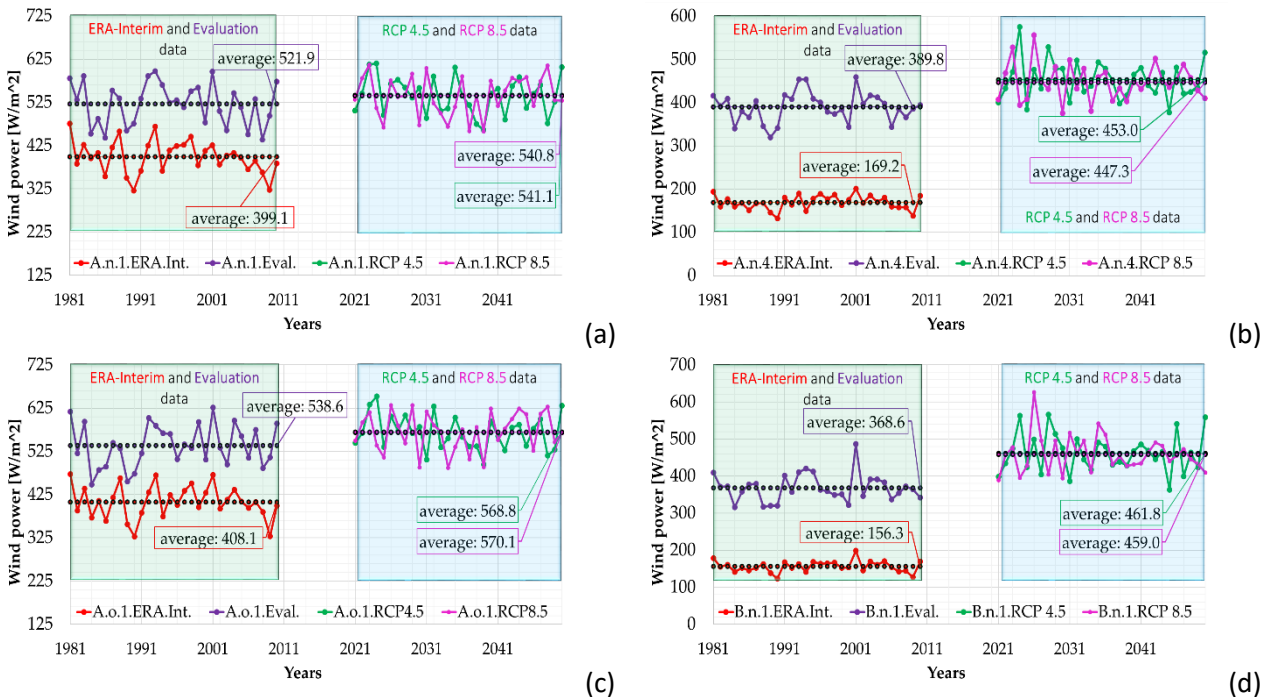


Figure 6. Media anuală a energiei vântului la înălțimea de 100 m pentru 6 puncte reprezentative, scenariile RCP4.5 și RCP8.5, intervalul 2021-2050. În casetă este indicată media energiei vântului corespunzătoare întregului interval de timp, pentru fiecare set de date.

Conform mediilor energiei vântului calculate pentru viitorul apropiat, rezultă că cele mai energetice zone ale Mării Negre par să fie situate în nord-vest (punctele An1 și Ao1), sud-vest (punctul Bo1), est (punctul Do 2) și Peninsula Crimeea (punctul Eo1). Mai exact, în aceste puncte, mediile calculate pentru perioada de 30 de ani sunt mai mari de

500 W/m². În ceea ce privește zona A, în viitorul apropiat creșterea cea mai mare a energiei medii a vântului se observa în punctul A.n.4 (Figura 6b), unde aceasta va trece de 400 W/m², în timp ce în prezent este sub acest prag. Faptul că s-a observat o creștere a valorilor medii ale resurselor eoliene în 95,6% din punctele de referință luate în considerare în Marea Neagră, fie în cadrul scenariului RCP4.5, fie în RCP8.5, poate fi considerat benefic din perspectiva implementării de proiecte de energie eoliană, dând astfel un impuls instalării parcurilor eoliene în zonele deja identificate ca având un potențial bun, cum ar fi de exemplu partea vestică a bazinului Mării Negre.

Distribuția sezonieră a puterii medii a vântului este prezentată în Figurile 7 și 8 pentru ambele scenarii (Rusu, 2018a). Se poate observa cu ușurință că puterea medie a vântului este mai mare în condițiile de iarnă.

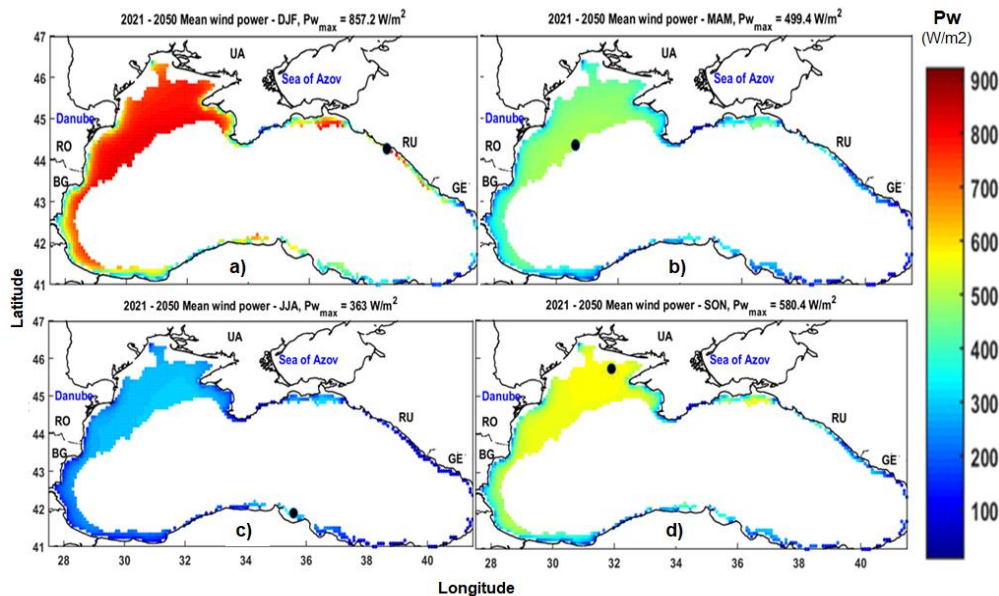


Figure 7. Valori sezoniere medii ale puterii vântului la înălțimea de 80m (P_w) corespunzătoare perioadei de 30 de ani 2021-2050, scenariul RCP4.5; a) iarna (DJF); b) primăvara (MAM); c) vara (JJA); d) toamna (SON).

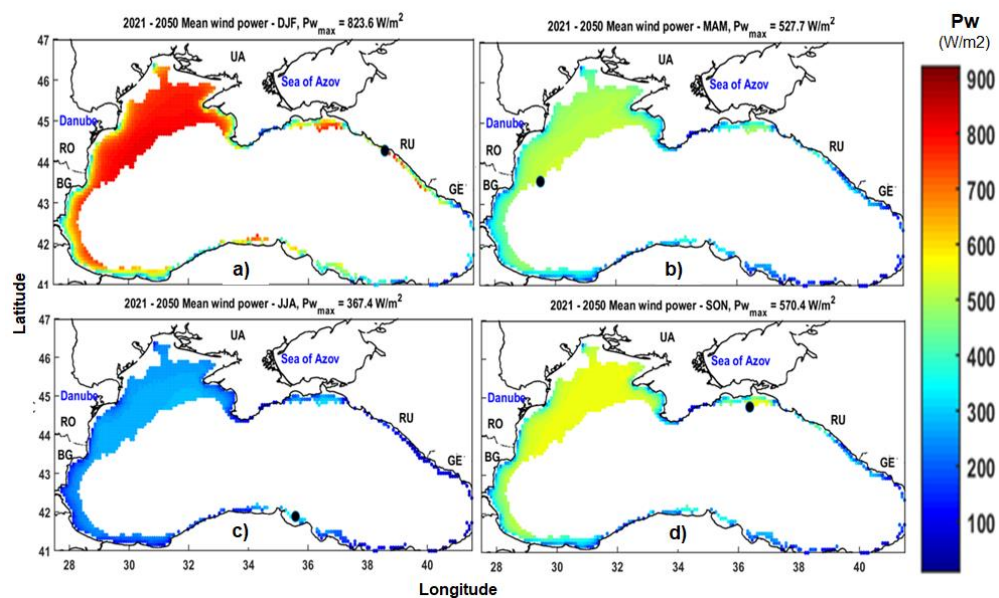


Figure 8. Valori sezoniere medii ale puterii vântului la înălțimea de 80m (P_w) corespunzătoare perioadei de 30 de ani 2021-2050, scenariul RCP8.5; a) iarna (DJF); b) primăvara (MAM); c) vara (JJA); d) toamna (SON).

Pentru ambele scenarii rezultatele arată că sunt de așteptat creșteri moderate ale puterii medii a vântului. Cea mai energetică zonă de coastă este partea nord-vestică a bazinului, și se pare că exact în această zonă creșterea puterii vântului va fi cea mai mare. În plus, scenariul RCP4.5 indică diferențe mai mari între vară și iarnă, lunile ianuarie și februarie fiind mai energetice, mult mai mult decât în cazul scenariului RCP8.5. Pe

de altă parte, în cazul scenariului RCP8.5, deși valoarea medie maximă este ușor mai mare decât în cazul scenariului RCP4.5 ($543.7\text{W}/\text{m}^2$ față de $540.7\text{W}/\text{m}^2$, această îmbunătățire este distribuită mai omogen.

1.2 Simularea condițiilor de val pentru perioada ‘viitor apropiat’ (2021-2050), scenariile RCP4.5 și RCP8.5

Proiecțiile condițiilor de val din Marea Neagră au fost realizate considerând condițiile pentru scenariile RCP4.5 and RCP8.5. Fiecare simulare acoperă un interval de timp de 30 ani (2021-2050). Câmpurile de vânt utilizate pentru forțarea modelului SWAN sunt cele simulate de modelul RCA4 pentru condițiile din scenariile menționate mai sus. Ca și în cazul simulărilor istorice realizate în prima etapă de implementare a proiectului, în toate punctele grilei de calcul au fost generate valorile următorilor parametri de val: înălțimea semnificativă (H_s), perioada medie (T_m), perioada vârfului spectral (T_p), direcția medie (Dir), energia transportată de val (E_{tr}) și direcția de transport a energiei (D_{tr}). Pe baza acestor date a fost efectuată o analiză climatică pentru întregul bazin al Mării Negre prin evaluarea valorilor medii pentru toate datele, pe anotimpuri și luni. Toate aceste date au o rezoluție spațială de $0,08^\circ$, atât în latitudine cât și în longitudine, cu un pas de timp de 3 ore.

Figura 9 prezintă distribuțiile spațiale ale valorilor medii pentru H_s rezultate din simulările SWAN forțat cu câmpurile de vânt RCA4 corespunzătoare scenariului RCP4.5 (a) și RCP8.5 (b). Ambele câmpuri de H_s prezintă un tipar similar, cu o zonă mai extinsă de valori ale lui H_s mai mari de 1 m în cazul scenariului RCP8.5.

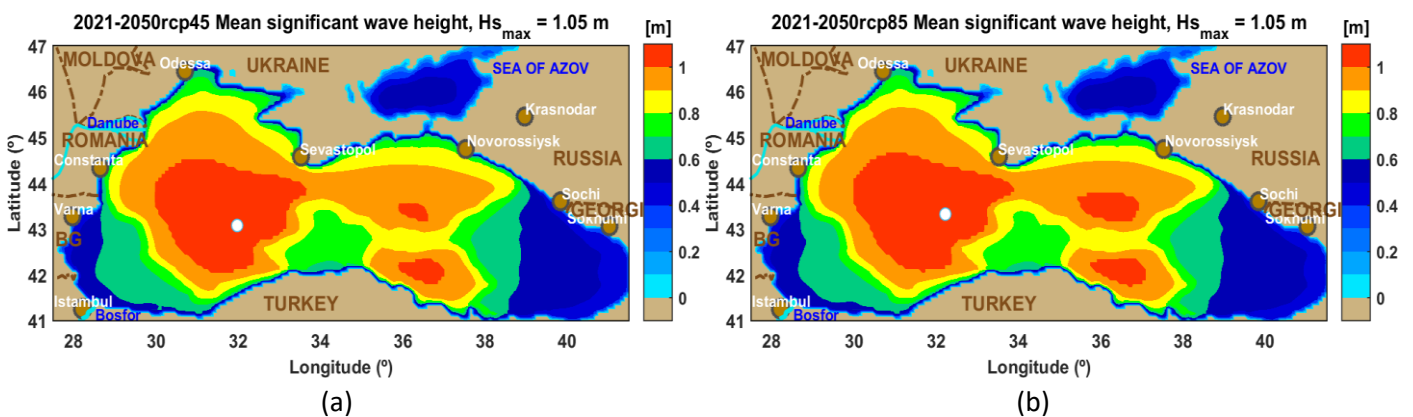


Figure 9. Câmpuri de H_s , valori medii rezultate din simulările cu modelul SWAN forțat cu câmpuri de vânt RCA4 corespunzătoare scenariului RCP4.5 (a) și RCP8.5 (b) pentru o perioadă de 30 ani (2021-2050).

O analiză a dinamicii furtunilor a fost realizată de Rusu (2018b) pentru intervalul viitor apropiat (2021-2050), pe baza proiecțiilor privind condițiile de furtună preconizate în bazinul Mării Negre. Astfel, s-a constatat că reacția climatică depinde în mod semnificativ de încălzirea globală și, probabil, și de istoria forțării. Astfel, Figura 10 ilustrează seria maximelor anuale de H_s estimate pentru intervalul de timp de 30 de ani 2021-2050. Sunt indicate și valorile maxime ale vitezei vântului.

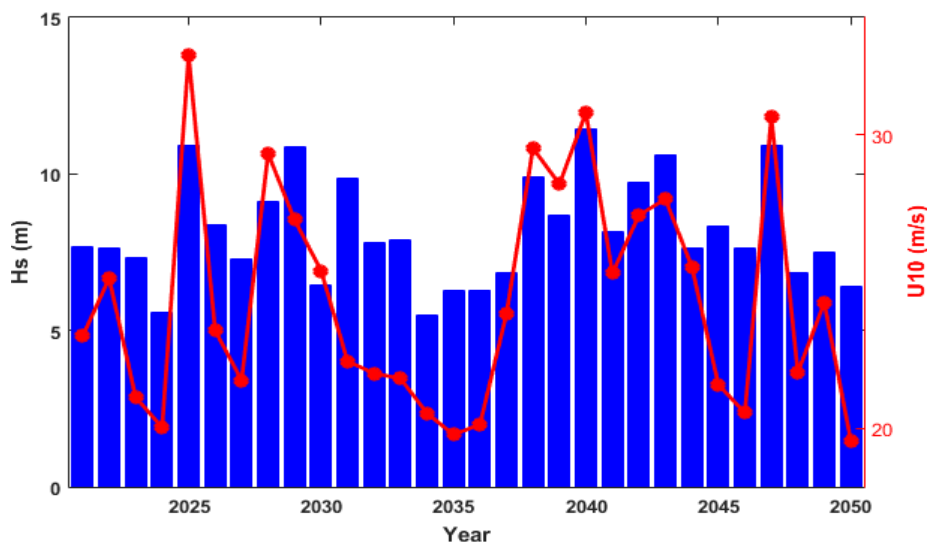


Figure 10. Valori maxime anuale H_s și U_{10} , proiecții realizate pentru o perioadă de 30 ani (2021-2050).

Din Figura 10 se poate observa că valoarea maximă a lui H_s este așteptată în 2040/10/28. Această valoare maximă a înălțimii semnificative a valului ar fi de aproximativ 11,5m. Viteza vântului maximă corespunzătoare pentru intervalul de timp respectiv în bazinul Mării Negre este de așteptat să fie de aproximativ 30,75 m/s. În plus, Figura 11 ilustrează maximele lunare de H_s așteptate în același interval de timp de 30 de ani. Valorile exacte ale înălțimii semnificative a valurilor și ale vitezei vântului la înălțimea de 10 metri deasupra nivelului mării (U_{10}), precum și localizarea înălțimii maxime lunare maxime sunt, de asemenea, prezentate în Tabelul 2.

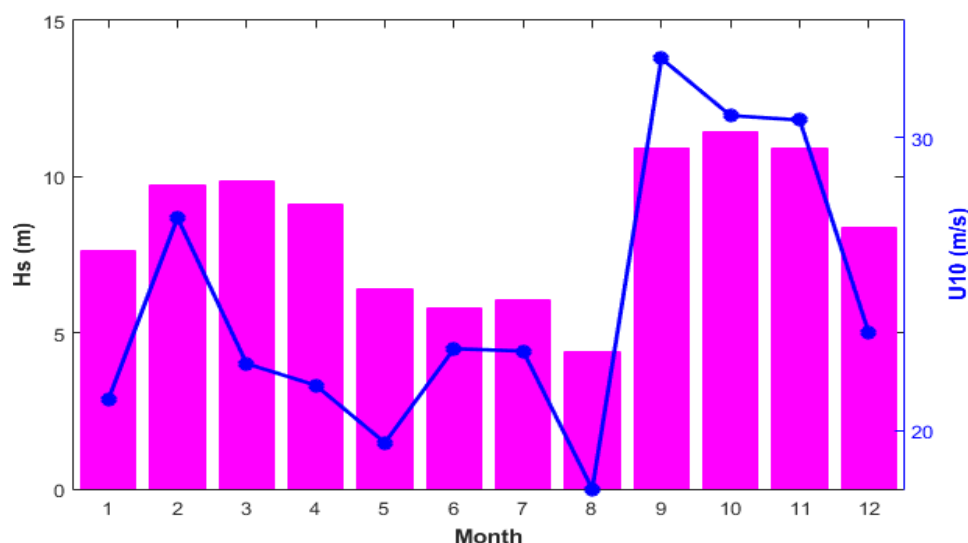


Figure 11. Valori maxime lunare H_s and U_{10} , proiecții realizate pentru o perioadă de 30 ani (2021-2050).

Table 2. Valori și poziții ale maximelor lunare H_s , proiecții realizate pentru perioada de 30 ani (2021-2050).

Luna	Data	Long (°)	Lat (°)	H_s (m)	U_{10} (m/s)
Ianuarie	2022/01/24	36.22	44.60	7.62	21.05
Februarie	2042/02/06	37.90	44.36	9.74	27.26
Martie	2031/03/31	33.10	44.04	9.84	22.28
Aprilie	2031/4/01	34.38	43.88	9.12	21.54
Mai	2050/05/13	30.46	43.16	6.40	19.58
Junie	2038/06/25	38.30	44.04	5.80	22.79
Julie	2038/07/03	37.10	44.20	6.04	22.71
August	2033/08/23	32.62	43.08	4.38	18.00
Septembrie	2025/09/27	29.50	44.12	10.93	32.70
Octombrie	2040/10/28	38.38	44.04	11.45	30.75
Noiembrie	2047/11/11	37.74	44.44	10.89	30.60
Decembrie	2026/12/11	29.34	43.64	8.36	23.33

La prima vedere, acest rezultat obținut pentru perioada din viitorul apropiat (2021-2050) pare contradictoriu deoarece o creștere clară a intensității vitezei vântului este urmată de o scădere clară a înălțimii semnificative a valului. De asemenea, concluzii interesante rezultă și din analiza Figurii 12 care ilustrează localizarea geografică a maximelor anuale ale H_s înregistrate în intervalul de timp de 30 ani corespunzător perioadei 1987-2016 (pe baza datelor din prima etapă), reprezentate de cercuri galbene, față de maximele anuale ale H_s proiectate în intervalul de 30 de ani corespunzător perioadei 2021-2050, reprezentat de cercuri magenta. Din analiza localizării maximelor anuale înregistrate în trecutul recent, față de cele proiectate pentru viitorul apropiat, se observă o tendință de migrare a furtunilor din sud și centrul mării, spre vest și spre nord

În ceea ce privește proiecțiile furtunilor anuale din viitorul apropiat, momentele de timp considerate sunt 2040/10/28 ($H_s=11.45\text{m}$, $U_{10}=30.75\text{m/s}$), 2025/09/27 ($H_s=10.93\text{m}$, $U_{10}=32.70\text{m/s}$) and 2047/11/11 ($H_s=10.89\text{m}$, $U_{10}=30.6\text{m/s}$). În Figura 11 (a, c and e) sunt ilustrate câmpurile de înălțimi semnificative și direcția valurilor pentru cele mai mari trei furtuni rezultate din proiecțiile realizate pentru 30 ani, perioada 2021-2050.

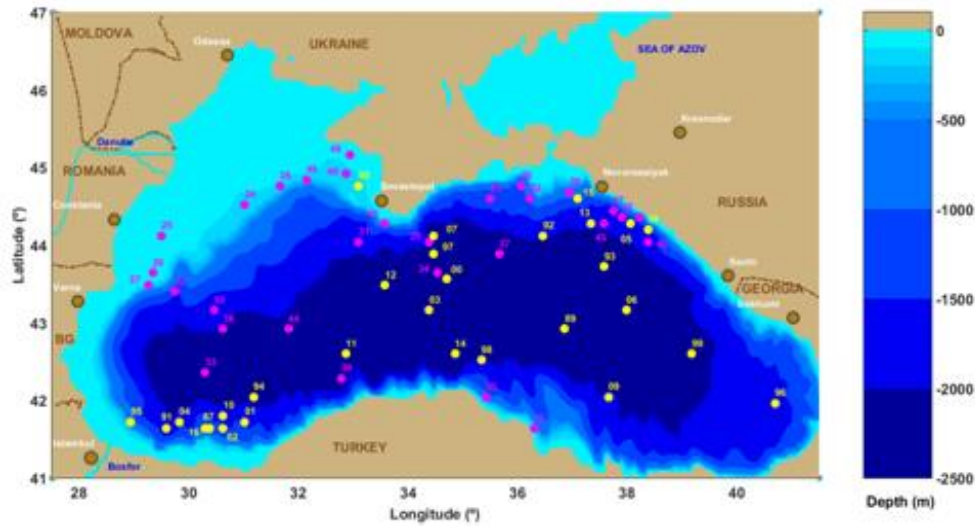


Figure 12. Poziția geografică a maximelor anuale H_s înregistrate în perioada 1987-2016 (cercuri galbene) și maximele anuale H_s proiecții pentru perioada 2021-2050 (cercuri mov).

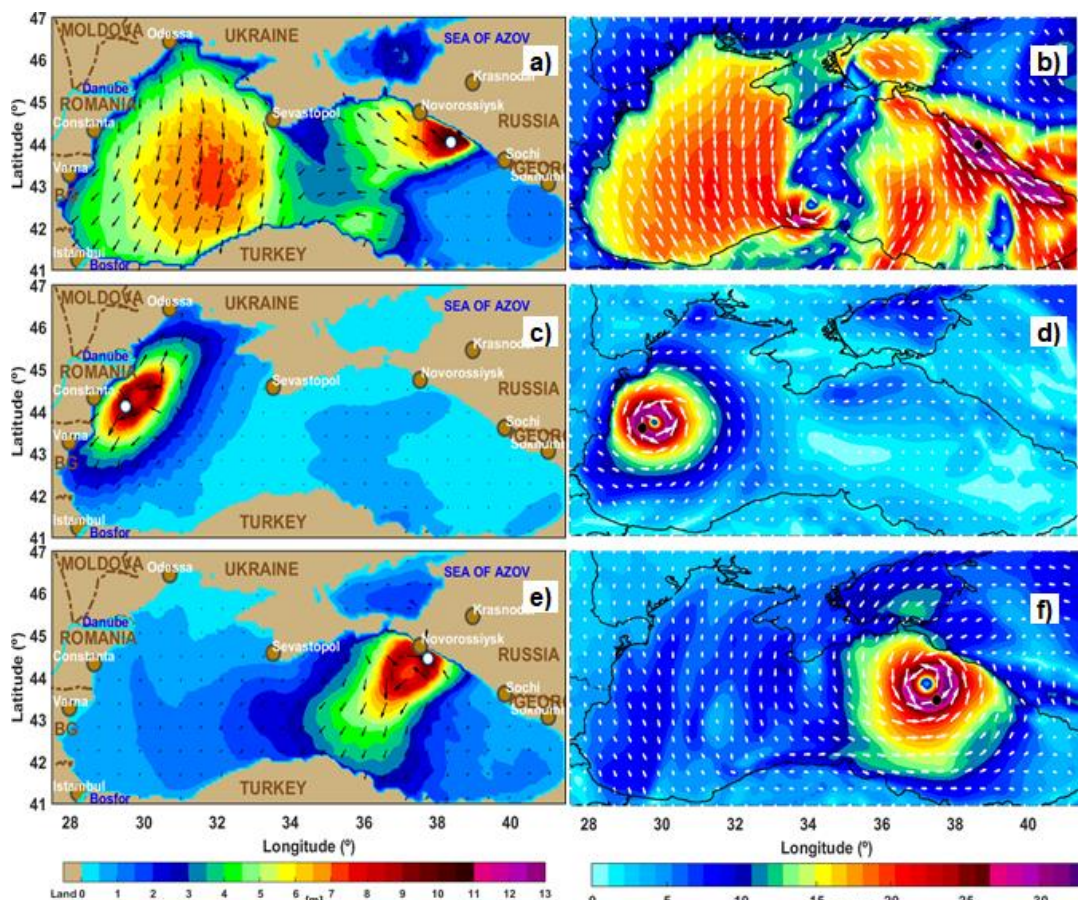


Figure 13. Câmpurile de înălțimi semnificative (H_s) și direcția valurilor pentru cele mai mari trei furtuni rezultate din proiecțiile realizate pentru 30 ani, perioada 2021-2050. Momentele de timp considerate sunt: a) 2040/10/28-h06; c) 2025/09/27-h18; e) 2047/11/11-h12. Câmpurile de vânt și direcția vântului (U10) corespunzătoare fiecărei furtuni: b) 2040/10/28-h06; d) 2025/09/27-h18; f) 2047/11/11-h12.

Locațiile unde furtuna atinge intensitatea maximă sunt indicate în hărți cu cercuri albe. Privind aceste hărți putem observa că, pentru furtunile prezentate în Figurile 13a și 13e, valorile maxime sunt situate în partea de nord a mării, foarte aproape de coastă. În plus, ambele vârfuri (storm peaks) sunt situate nu departe unul de celălalt, și totodată aproape de orașul rus Novorossiysk. Pe de altă parte, vârful furtunii ilustrat în Figura 13c pare să fie pe partea vestică a mării, foarte aproape de litoralul Românesc. Rezultate foarte interesante provin din analiza câmpurilor de vânt

prezentate în Figurile 13b, 13d și 13f. În toate aceste cazuri, valoarea maximă a vitezei vântului este mai mare de 30 m/s. În plus, în toate cele trei cazuri se poate observa un comportament ciclonic în distribuția spațială a câmpului.

Cu toate acestea, în cazul ilustrat în Figura 13b furtuna acoperă întregul bazin maritim, iar cicloul este situat în partea de sud a mării, departe de vârful furtunii. În celelalte două cazuri (ilustrate în Figurile 13d și 13f), vârful furtunii este situat practic în interiorul cicloulului. În plus, în aceste două cazuri furtunile deși foarte puternice, sunt destul de locale iar restul mării pare să fie aproape calm. Efectul acestei variabilități ridicate în direcția vântului, care se pot observa în toate cele trei cazuri prezentate în Figura 13, este că deși vitezele vântului sunt foarte mari totuși valorile maxime rezultate pentru H_s sunt mai scăzute decât în cazurile extreme întâlnite în trecutul recent. Acest lucru se datorează faptului că, pentru furtunile extreme din viitorul apropiat proiecțiile privind configurațiile câmpului de vânt indică o variabilitate ridicată a direcției vântului, ceea ce reduce 'fetch-ul' de propagare a valurilor și nu permite dezvoltarea valurilor foarte înalte (swell) ca în cazurile întâlnite în trecutul recent.

Distribuțiile spațiale ale energiei valurilor care corespund viitorului apropiat (2021-2050) sunt de asemenea calculate pe baza energiei de transport simulate de modelul SWAN, forțat cu proiecțiile câmpurilor de vânt pentru condițiile din scenariile RCP4.5 și RCP8.5. Valorile medii ale energiei valurilor pentru scenariile RCP4.5 și RCP8.5 sunt reprezentate în Figura 14, ambele prezentând o valoare maximă de 3,8 kW/m (poziția geografică a valorii maxime este indicată cu un cerc alb). Direcția medie a transportului de energie, calculată prin medierea separată a componentelor sale în spațiul geografic, este reprezentată cu săgeți albe scalate cu câmpul energiei valurilor. Nu se observă diferențe semnificative între cele două câmpuri de putere medie (vezi Rusu, 2018c).

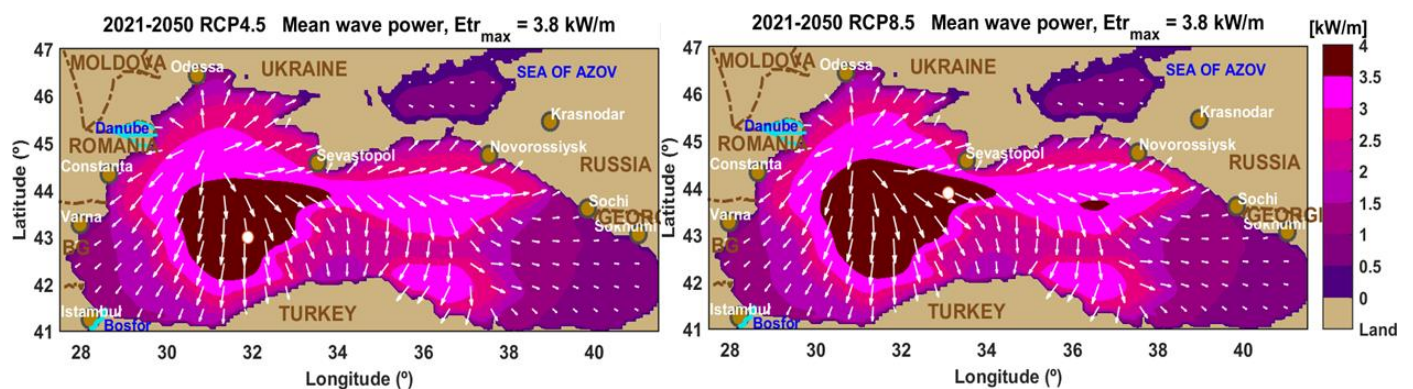


Figure 14. Distribuția spațială a câmpurilor de energie medie a valurilor corespunzătoare viitorului apropiat (2021-2050), pentru cele două scenarii analizate: RCP4.5 (stânga) and RCP8.5 (dreapta).

2. Realizarea simulărilor cu sistemul de climat de val pentru perioada 'viitor' (2071-2100), scenariul RCP4.5 (30 de ani de simulări).

Simulările cu sistemul de modelare a climatului de val privind proiecțiile din viitor ale condițiilor de val din Marea Neagră pentru perioada de 30 ani din viitor (2071 - 2100) au fost finalizate în totalitate, urmând ca să fie realizată procesarea datelor pentru includerea în baza de date a proiectului. În următoarea etapă de implementare a proiectului aceste rezultate vor fi analizate.

3. Diseminarea rezultatelor

3.1 Pregătirea de articole științifice, prezentări și postere pentru diseminarea rezultatelor obținute

- Publicatii in reviste indexate WoS (3)

1. Rusu, L., Raileanu, A.B., Onea, F., 2018. "A comparative analysis of the wind and wave climate in the Black Sea along the shipping routes", *Water* 10(7), 924. <http://www.mdpi.com/2073-4441/10/7/924> (WoS, IF=2.069)
2. Rata, V., Gasparotti, C., Rusu, L., 2018. "Ballast Water Management in the Black Sea's Ports", *Journal of Marine Science and Engineering* 6(2), 69. <http://www.mdpi.com/2077-1312/6/2/69> (WoS indexed)

3 Ganea, D., Mereuta, E., Rusu, L., 2018. "Estimation of the Near Future Wind Power Potential in the Black Sea", Energies 11(11). https://www.mdpi.com/journal/energies/special_issues/offshore (WoS, IF=2.676)

- Publicații în reviste naționale indexate în baze de date internaționale (2)

1. Rusu, E., 2018. "An analysis of the storm dynamics in the Black Sea", Romanian Journal of Technical Sciences - Applied Mechanics, 63(2), 127–142. <http://www.academiaromana.ro/RJTS-AM.htm>

2. Banescu, A. Georgescu, L.P., Iticescu, C., Rusu, E., 2018. Analysis of river level and of the volume flow on the Danube close to the city of Tulcea, based on in situ measurements. *Journal of Marine Technology and Environment* 1, 7-13.

https://www.researchgate.net/publication/324149440_ANALYSIS_OF_RIVER_LEVEL_AND_OF_THE_VOLUME_FLOW_ON_THE_DANUBE_CLOSE_TO_THE_CITY_OF_TULCEA_BASED_ON_IN_SITU_MEASUREMENTS

- Lucrări prezentate la conferințe internaționale și publicate în volumele acestora (12)

1. Rusu, L., 2018. "The influence of climate change on the near future wave energy resources in the Black Sea Basin", prezentată la 13th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES2018), 30 September – 4 October, Palermo, Italia. <http://www.palermo2018.sdewes.org/>

2. Rusu, E., 2018. "A 30-year projection of the future wind energy resources in the coastal environment of the Black Sea", prezentată la 13th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES2018), 30 September – 4 October, Palermo, Italia. <http://www.palermo2018.sdewes.org/>

3. Rata, V., Rusu, L., 2018. "Assessing the traffic risk along the main Black Sea maritime routes", Proceeding of the Fourth International Conference on Traffic and Transport Engineering (ICTTE Belgrade 2018), 27 - 28 September, Belgrade, Serbia. (indexe WoS) http://ijtte.com/article/102/ICTTE_Belgrade_2018.html

4. Rusu, L., 2018. "Assessment of the wave climate in the Black Sea based on 30-year of wave hindcast", prezentată la Coordinated Ocean Wave Climate Project (COWCLIP) meeting - UNESCO, 21 - 23 May, Paris, France. http://www.ioc-unesco.org/index.php?option=com_oe&task=viewEventAgenda&eventID=2242

5. Banescu, A. Georgescu, L.P., Rusu, E., Iticescu, C. 2018. "Use of GIS technology to support the navigation on the Danube River", Proceeding of the Fourth International Conference on Traffic and Transport Engineering (ICTTE Belgrade 2018), 27 - 28 September, Belgrade, Serbia. (indexe WoS), pp 160-168. http://ijtte.com/article/102/ICTTE_Belgrade_2018.html

6. Rusu, L., Bernardino, M., Guedes Soares, C., 2018. "Analysis of extreme storms in the Black Sea", Presented at the 4th International Conference on Maritime Technology and Engineering - MARTECH 2018, 7-9 May, Lisbon, Portugal, published in Progress in Maritime Engineering and Technology , Guedes Soares & Santos (Eds.), Taylor & Francis Group, London, 699-704. <http://www.centec.tecnico.ulisboa.pt/martech2018/>

7. Ganea, D., Mereuta, E., Rusu, L., 2018. "Analysis of the present and near future wind conditions in the western side of the Black Sea". Proceeding of the 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018 – Renewable Energy Sources and Clean Technologies, 30 June – 9 July, Albena, pp. 127-134. (indexed WoS) <https://www.sgem.org/> <https://doi.org/10.5593/sgem2018/4.1>

8. Ganea, D., Rusu, L., Mereuta, E., 2018. "Study of the winter extreme wind in the Black Sea in the context of the climate changes". Proceeding of the 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018 – Renewable Energy Sources and Clean Technologies, 30 June – 9 July, Albena, pp. 659-665. (indexed WoS) <https://www.sgem.org/>

9. Rață, V., Rusu, L., Gasparotti, C., 2018. "Analysis of the extreme events reported in the proximity of the Romanian harbour areas". Proceeding of the 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018 – Marine and Ocean Ecosystems, 30 June – 9 July, Albena, pp. 1071-1077. (indexed WoS) <https://www.sgem.org/>

10. Raileanu, A., Onea, F., Rusu, L., 2018. "Coastal Protection of the Romanian Nearshore throughout Hybrid Wave and Offshore Wind Farms", Paper presented at *Int. Conference on Advances on Clean Energy Research (ICACER2016)*, 6-8 April, Barcelona, Spain. (indexed **WoS**) <http://www.icacer.com/> <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185101006>
11. Mateescu, R., Vlasceanu, E., Rusu, L., 2018. "Analysis-based results on the delineation of prearrangement areas for marine renewable energy installations in the western Black Sea basin", Paper presented at *Int. Conference on Advances on Clean Energy Research (ICACER2016)*, 6-8 April, Barcelona, Spain. (indexed **WoS**) <http://www.icacer.com/> <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185101009>
12. Rață, V., Rusu, L., 2018. "Evaluating Pleasure Navigation and Fishery Boats in the Black Sea Coastal Area of Romania", Conference: *CSSD2018 - Scientific Conference of the Doctoral Schools - Perspectives and Challenges in Doctoral Research*, June 2018, Galati, Romania, <http://www.cssd-udjg.ugal.ro/index.php/abstracts-2018>

3.2 Actualizarea paginii web a proiectului

Pagina web a proiectului <http://www.im.ugal.ro/ACCWA/> a fost actualizată cu activitățile și publicațiile realizate pe parcursul desfășurării etapei a doua a proiectului.

4. Concluzii

În final se poate aprecia că membrii echipei proiectului ACCWA au reușit să atingă în totalitate obiectivele propuse pentru această etapă, fiind realizate cu succes toate activitățile incluse în planul de realizare.

Bibliografie

- Booij, N., Ris, R. C., & Holthuijsen, L. H. (1999). A third generation wave model for coastal regions. Part 1: Model description and validation. *J. Geophys. Res.*, 104, C4: 7649-7666.
- Kjellström, E., Barring, L., Nikulin, G., Nilsson, C., Persson, G. & Strandberg, G. (2016). Production and use of regional climate model projections - A Swedish perspective on building climate services. *Climate services*, 2, 15-29.
- Kubik, M. L., Coker, P. J. & Hunt, C. (2011). Using Meteorological Wind Data to Estimate Turbine Generation Output: A Sensitivity Analysis. In *World Renewable Energy Congress-Sweden*, Linköping, Sweden, 8-13 May 2011, Linköping University Electronic Press, no. 057, 4074-4081.
- Letcher, T. (2017). *Wind Energy Engineering: A Handbook for Onshore and Offshore Wind Turbines*, 1st Edition, Publisher: Academic Press, Netherlands Elsevier, 622 pp.
- Moss, R. H., Edmonds, J. A., Hibbard, K. A., Manning, M. R., Rose, S. K., et al. (2010). The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463(7282), 747-756.
- Rusu, E. (2018a). A 30-year projection of the future wind energy resources in the coastal environment of the Black Sea, *Proceeding of the 13th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES2018)*, 30 September – 4 October, Palermo, Italia.
- Rusu, E. (2018b). An analysis of the storm dynamics in the Black Sea, *Romanian Journal of Technical Sciences - Applied Mechanics*, 63(2), pp. 127-142. <http://www.academiaromana.ro/RJTS-AM.htm>
- Rusu, L. (2018c). The influence of climate change on the near future wave energy resources in the Black Sea Basin, *Proceeding of the 13th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES2018)*, 30 September – 4 October, Palermo, Italia.
- Strandberg, G., Barring, L., Hansson, U., Jansson, C., Jones, C., Kjellström, E., Kupiainen, M., Nikulin, G., Samuelsson, P. & Ullerstig, A. (2015). *CORDEX scenarios for Europe from the Rossby Centre regional climate model RCA4*. Report Meteorology and Climatology No. 16, SMHI: Sweden. Available online at: https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.90273!/Menu/general/extGroup/attachmentColHold/mainCol1/file/RMK_116.pdf
- Van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., et al. (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic change*, 109 (1-2), 5.