



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Instrumente Structurale
2014-2020

IOSUD – UNIVERSITATEA „DUNĂREA DE JOS” DIN GALAȚI
Școala doctorală de Inginerie Mecanică și Industrială



TEZĂ DE DOCTORAT REZUMAT

STUDII PRIVIND COMPORTAMENTUL
NAVELOR ÎN BAZINUL MĂRILOR
EUROPENE

Doctorand,
Ing. Ana-Maria CHIROȘCĂ

Conducător științific,
Prof. univ.dr. habil. ing. Liliana Celia RUSU

Lucrare realizată în cadrul proiectului
„Excelență academică și valori antreprenoriale – sistem de burse pentru asigurarea
oportunităților de formare și dezvoltare a competențelor antreprenoriale ale
doctoranzilor și postdoctoranzilor – ANTREPRENORDOC”
Contract nr. 3655/23.05.2019 POCU 380/6/13 – Cod SMIS:123847

Seria: I6: Inginerie Mecanică Nr. 68

GALAȚI

2023



Universitatea
Ștefan cel Mare
Suceava



ICECON S.A.
Anul 1960

INSTITUTUL DE CERCETARI PENTRU ECHIPAMENTE ȘI TEHNOLOGII ÎN CONSTRUCȚII
RESEARCH INSTITUTE FOR CONSTRUCTION EQUIPMENT AND TECHNOLOGIES



CAMERA DE COMERT, INDUSTRIE,
NAVIGATIE ȘI AGRICULTURA CONSTANȚA
Impresina pentru afaceres la





UNIUNEA EUROPEANĂ



IOSUD – UNIVERSITATEA „DUNĂREA DE JOS” DIN GALAȚI

Școala doctorală de Inginerie Mecanică și Industrială



TEZĂ DE DOCTORAT

REZUMAT

STUDII PRIVIND COMPORTAMENTUL NAVELOR ÎN BAZINUL MĂRILOR EUROPENE

Doctorand,

Ing. Ana-Maria CHIROȘCĂ

Președinte,

Prof. univ. dr. ing. Cătălin FETECĂU
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

Conducător științific,

Prof.univ.dr.habil. ing. Liliana Celia RUSU
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

Referenți Științifici,

Prof. univ. dr. ing. Polidor-Paul BRATU
Institutul de Mecanica Solidelor al Academiei Române, București

Prof. univ. dr. ing. Anghel CHIRU
Universitatea Transilvania din Brașov

Prof.univ.dr.ing. Daniel CONDURACHE
Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași

Seria: I6: Inginerie Mecanică Nr. 68

GALAȚI

2023



Universitatea
Ștefan cel Mare
Suceava



ICECON S.A.
ROMANIA
Since 1950

INSTITUTUL DE CERCETĂRI PENTRU ECHIPAMENTE ȘI TEHNOLOGII ÎN CONSTRUCȚII
RESEARCH INSTITUTE FOR CONSTRUCTION EQUIPMENT AND TECHNOLOGY



CAMERA DE COMERT, INDUSTRIE,
NAVIGATIE ȘI AGRICULTURA CONSTANTA
GALAȚI
Împreună pentru afaceresă ta



Seriile tezelor de doctorat susținute public în UDJG începând cu 1 octombrie 2013 sunt:

Domeniul ȘTIINȚE INGINEREȘTI

Seria I 1: **Biotehnologii**

Seria I 2: **Calculatoare și tehnologia informației**

Seria I 3: **Inginerie electrică**

Seria I 4: **Inginerie industrială**

Seria I 5: **Ingineria materialelor**

Seria I 6: **Inginerie mecanică**

Seria I 7: **Ingineria produselor alimentare**

Seria I 8: **Ingineria sistemelor**

Seria I 9: **Inginerie și management în agricultură și dezvoltare rurală**

Domeniul ȘTIINȚE ECONOMICE

Seria E 1: **Economie**

Seria E 2: **Management**

Domeniul ȘTIINȚE UMANISTE

Seria U 1: **Filologie- Engleză**

Seria U 2: **Filologie- Română**

Seria U 3: **Istorie**

Seria U 4: **Filologie - Franceză**

Domeniul MATEMATICĂ ȘI ȘTIINȚE ALE NATURII

Seria C: **Chimie**

Mulțumiri

Odată cu finalizarea acestei teze, aș dori să îmi exprim recunoștința față de toți cei care m-au sprijinit și îndrumat pe parcursul tezei de doctorat și fără de care nu aș fi ajuns la finalul acestui capitol din viața mea. În primul rând, aș dori să mulțumesc conducătoarei mele de doctorat, doamna Prof. Liliana Celia Rusu, atât pentru răbdarea, înțelegerea, sprijinul și îndrumarea permanentă pe parcursul studiilor doctorale, cât și pentru încrederea pe care mi-a acordat-o, care m-a motivat să fiu mai ambițioasă și să cer mai mult de la mine însămi. Această colaborare m-a făcut să îmi doresc să rămân în mediul academic și să pot încuraja, motiva și inspira generațiile viitoare în același mod în care dumneaei a făcut-o pentru mine. Vă mulțumesc pentru uriașul bagaj de cunoștințe, abilități și experiență pe care le-ați împărtășit cu generozitate. Vă doresc multă sănătate și longevitate, bună dispoziție și bunăstare, precum și soluții ușoare la orice probleme și încercări din viață.

De asemenea, doresc să mulțumesc tuturor membrilor comisiei de îndrumare, formată din Prof. Gasparotti Carmen, Ș.I. Modiga Alina și domnului Prof. Ciortan Sorin pentru efortul și timpul alocat pentru realizarea tezei de doctorat. De asemenea, doresc să mulțumesc domnului Prof. Ciortan Sorin și domnului Prof. univ. dr. ing. Eugen Rusu pentru sprijinul acordat atât pentru susținerea studiilor doctorale, cât și pentru încrederea acordată pentru a candida ca asistent în cadrul Departamentului de Inginerie Mecanică. Implicarea în proiectul **CLIMEWAR** (CLimate change IMpact Evaluation on future WAve conditions at Regional scale for the Black and Mediterranean seas marine system), susținut de Agenția Executivă pentru Finanțarea Învățământului Superior, a Cercetării, Dezvoltării și Inovării din România - UEFISCDI, număr de grant PN-III-P4-PCE-2021-0015) în calitate de membru, m-a ajutat atât în studiul prezentat în capitolul 3 pentru analiza climatului de vânt și valori și determinarea rutelor principale, cât și pentru a continua să public și să particip la conferințe, și doresc să mulțumesc încă o dată doamnei prof. univ. dr. Liliana Rusu pentru oportunitatea de a face parte din această echipă de cercetare.

Mulțumesc profesorilor de la Facultatea de Arhitectură Navală, Conf. Florin Păcuraru, Prof. Leonard Domnișoru și Conf. Sândița Păcuraru, precum și echipei de la Universidad Politécnica de Madrid, Simone Saettone și Antonio Medina, care m-au ajutat la realizarea testelor pe bazin și la validarea rezultatelor numerice, care au constituit capitolul 5 al tezei de doctorat. Teza de doctorat a fost realizată cu sprijinul financiar al proiectului "Excelență academică și valori antreprenoriale - sistem de burse pentru asigurarea oportunităților de formare și dezvoltare a competențelor antreprenoriale ale studenților doctoranzi și postdoctoranzi - **ANTREPRENORDOC**", Contract nr. 36355 / 23.05.2019 POCU / 380/6/13 - Cod SMIS: 123847. Îi mulțumesc încă o dată domnului profesor Eugen-Victor-Cristian Rusu pentru șansa pe care mi-a oferit-o de a face parte din grupul țintă în cadrul proiectului ANTREPRENORDOC, dezvoltându-mi, prin această oportunitate, atât abilitățile de organizare, articole științifice și prezentări în cadrul evenimentelor și conferințelor științifice, cât și abilitățile antreprenoriale.

Mulțumesc tuturor profesorilor de la Facultatea de Inginerie, Departamentul de Inginerie Mecanică, pentru înțelegere, sprijin și susținere pe parcursul anilor de derulare a tezei mele de doctorat. În final, doresc să mulțumesc Școlii Doctorale de Inginerie Mecanică și Industrială, atât directorului Școlii Doctorale Prof. Luminița Moraru, cât și doamnei Georgeta Crăciun, doamnei Claudia Mihai și doamnei ing. Luiza Axinte, pentru îndrumarea permanentă oferită în derularea tuturor procedurilor de finalizare a tezei de doctorat, dar și pentru etapele intermediare de-a lungul anilor.

Cu toată dragostea și recunoștința, pe care le am pentru ei, doresc să mulțumesc familiei mele, logodnicului meu, viitorilor mei socri și prietenilor mei, care au fost alături de mine, m-au încurajat, m-au înțeles, mi-au oferit sfaturi și sprijin moral pe tot parcursul studiilor doctorale și care vor continua să fie alături de mine în tot ceea ce voi întreprinde în viitor, la toate nivelurile. Mulțumesc mult tuturor celor care m-au sprijinit și pe care i-am omis fără să vreau.

Vă mulțumesc tuturor pentru tot ceea ce m-ați învățat!

Galați Aprilie 2023

Cuprins

<i>Mulțumiri</i>	- 1 -
<i>Cuprins</i>	- 2 -
<i>Introducere</i>	- 4 -
Motivație și obiective	- 4 -
Structura tezei de doctorat	- 5 -
<i>Termeni și abrevieri</i>	- 7 -
<i>Lista de figuri</i>	- 9 -
<i>Lista de tabele</i>	- 10 -
CAPITOLUL 1 – ANALIZA TRAFICULUI MARITIM ÎN MĂRILE EUROPENE ȘI PRINCIPALELE CARACTERISTICI ALE ACESTUIA	- 11 -
1.1 Introducere	- 11 -
1.2 Marea Neagră, Marea Azov și Marea Marmara	- 12 -
1.3 Marea Caspică	- 13 -
1.4 Marea Mediterană	- 14 -
1.5 Canalul Mânecii	- 15 -
1.6 Marea Celtică	- 16 -
1.7 Marea Irlandei	- 17 -
1.8 Marea Nordului	- 18 -
1.9 Marea Baltică	- 19 -
1.10 Marea Norvegiei	- 20 -
1.11 Marea Barents	- 21 -
1.12 Marea Albă	- 22 -
1.13 Canalul Dunăre–Marea Neagră	- 23 -
1.14 Canalul Rin-Main-Dunăre	- 24 -
1.15 Concluzii	- 25 -
CAPITOLUL 2 – ANALIZA STATISTICĂ A NAVELOR ȘI A MĂRFURILOR TRANSPORTATE ÎN MĂRILE EUROPENE	- 26 -
2.1 Introducere	- 26 -
2.2 Mărfuri manipulate în toate porturile	- 26 -
2.3 Tipuri de mărfuri în funcție de modul de transportare	- 27 -
2.4 Tipuri de bunuri în funcție de proveniența lor	- 28 -
2.5 Tipuri de nave	- 29 -
2.6 Volumul în TEU	- 30 -
2.7 Nave de pasageri	- 30 -
2.8 Top 20 Porturi	- 31 -
2.9 Accidente maritime	- 31 -
2.10 Concluzii	- 32 -
CAPITOLUL 3 – CARACTERISTICILE CLIMATICE ALE VÂNTULUI ȘI VALURILOR ÎN TOATE MĂRILE EUROPENE	- 33 -
3.1 Introducere	- 33 -
3.2 Date utilizate în analiza climatică	- 34 -
3.3 Analiza climatului de vânt	- 35 -
3.4 Analiza climatului valurilor	- 38 -
3.5 Marea Nordului – Investigația parcurilor eoliene	- 39 -
3.5.1 Analiza climatică	- 39 -
3.5.2 Parcuri eoliene	- 39 -
3.6 Marea Mediterană – Investigarea parcurilor eoliene	- 40 -
3.6.1 Parcuri eoliene	- 40 -

3.6.2	Climatul de vânt	- 41 -
3.7	Marea Neagră – Compararea climatului de vânt și valurilor în ceea ce privește proiecțiile din trecut și viitorul apropiat	- 41 -
3.7.1	Climatul de vânt	- 41 -
3.7.2	Climatul valurilor	- 42 -
3.8	Concluzii	- 43 -
CAPITOLUL 4 – STUDIUL DE CAZ PRIVIND UN PORTCONTAINER TIPIC.....		- 45 -
4.1	Introducere	- 45 -
4.2	Portcontainerul considerat pentru studiul de caz.....	- 45 -
4.3	Abordarea numerică	- 46 -
4.4	Rezistența în apă calmă	- 46 -
4.5	Valuri regulate	- 47 -
4.6	Valuri neregulate	- 51 -
4.7	Concluzii	- 52 -
CAPITOLUL 5 – SIMULĂRI EXPERIMENTALE		- 53 -
5.1	Introducere	- 53 -
5.2	Modelul experimental	- 53 -
5.3	Comparație între rezultatele experimentale și simulările numerice	- 55 -
5.4	Studiu asupra coeficientului de rezistența adițională în valuri	- 59 -
5.5	Concluzii	- 60 -
CAPITOLUL 6 - CONCLUZII		- 61 -
6.1	Concluzii generale	- 61 -
6.2	Contribuții proprii	- 62 -
6.3	Direcții de cercetare viitoare.....	- 62 -
Lista lucrărilor științifice elaborate de autor.....		- 63 -
REFERINȚE		- 67 -

Introducere

Motivație și obiective

Majoritatea frontierelor Europei sunt maritime, Oceanul Atlantic, Oceanul Arctic, Marea Neagră și Marea Mediterană înconjurând continentul. Fiecare dintre acestea este separată de mări, strâmtori și canale care conectează navigația fluvială interioară și navigația maritimă cu celelalte continente.

Atât în perioadele de creștere, cât și în cele de scădere a economiei, cum ar fi epidemia COVID-19, criza economică mondială din 2008 sau situația actuală cu conflictul dintre Rusia și Ucraina, nevoia de transport de mărfuri și pasageri a continuat să crească. În prezent, transportul maritim este principalul mod de schimburi de bunuri, atât la nivel extern, cât și intern, datorită creșterii vitezei cu care pot naviga astăzi navele, a costurilor acestui tip de transport, a cantităților mari de mărfuri care pot fi transportate, a congestionării altor tipuri de transport și, cel mai important, a necesității de a reduce poluarea.

Pentru economia Europei, porturile sunt cruciale. Acestea servesc ca noduri principale ale rețelei comerciale globale, iar multe dintre cele mai importante porturi de transport marfă se află în Europa. Schimbările climatice au îngreunat transportul maritim în bazinul european în ultimii ani, iar, prin urmare, navele de transport trebuie să fie conectate la efectele care ar putea afecta operabilitatea lor. Dimensiunea mai multor tipuri de nave a crescut în mod constant în ultimul deceniu, în special a petrolierelor, a navelor port-container și a navelor de tip RO-RO. Pe de altă parte, porturile pe care aceste tipuri de nave le utilizează frecvent și dimensiunea căilor navigabile prezintă condiții restrictive de transport. Pentru a avea o imagine cât mai actuală a situației traficului maritim din bazinele mărilor Europene, precum și a tendințelor înregistrate în transportul maritim, unul din obiective a fost realizarea unei analize care să evidențieze aceste aspecte.

Clima are un impact direct asupra transportului maritim, adesea negativ. Pentru a asigura un transport maritim în siguranță, pentru a pregăti echipajele navelor și pentru a preveni incidentele nefericite, este necesar un studiu al climatului de vânt și val. Studiarea modului în care schimbările climatice pot afecta condițiile de vânt și val este un subiect de actualitate la nivel mondial, aflat în atenția cercetătorilor atât în ceea ce privește rezultatele simulărilor pentru trecut, pentru a determina modul în care acești parametri s-au modificat în timp, cât și pentru estimările evoluției acestora pentru viitorul apropiat. Totodată, preocupările sporite cu privire la necesitatea de a reduce emisiile de gaze cu efect de seră au dus la necesitatea de a găsi resurse regenerabile. Captarea energiei vântului din largul mării prin amplasarea de ferme de vânt este tot mai des întâlnită în apropierea zonelor portuare, asigurând în acest fel necesarul de energie pentru acestea.

Realizarea unui studiu privind climatul de val și vânt în mările Europene pe baza celor mai actuale date, precum și de-a lungul principalelor rute maritime, a reprezentat un alt obiectiv. Pe baza informațiilor privind viteza vântului, s-a putut realiza și un studiu privind parcurile eoliene instalate, sau în curs de instalare, în două zone maritime cu un trafic intens, respectiv Marea Nordului și Marea Mediterană.

Datorită varietății de produse pe care le pot tranzita, navele port-container sunt cel mai frecvent tip de navă de transport întâlnit. Examinarea dinamicii unui port-container este extrem de importantă pentru proiectanți în ceea ce privește carena navei și căile navigabile pe care acesta circulă. În prezent, pentru o eficiență sporită a transportului maritim, port-containerele au dimensiuni din ce în ce mai mari, trebuie să transporte mai multe mărfuri și să se deplaseze la viteze mai mari, astfel încât este vital să se găsească metode precise pentru a obține caracteristicile dorite. În plus, navele trebuie să respecte cerința de a limita poluarea cauzată de transportul maritim. Noile modele de nave port-container, cu o intrare mai largă la prova care poate găzdui mai multe containere, au fost necesare datorită creșterii cererii de capacitate de transport. Pentru a diminua rezistența totală, corpul navei trebuie să fie optimizat atât în prova, cât și în pupa. Un control mai bun al condițiilor mediului înconjurător și o mai bună conformitate cu reglementările societății de clasificare vor rezulta din creșterea eficienței

navelor. Ca urmare, un domeniu de interes și de cercetare în curs de dezvoltare este optimizarea formei corpului navei, subiect care a fost abordat în teză pentru cazul unui port-container care se întâlnește în mod frecvent pe rutele din mările Europene

Evaluarea performanțelor hidrodinamice este o componentă cheie în proiectarea navelor. Aceasta îi oferă proiectantului posibilitatea de a evalua dacă un proiect va satisface cerințele. Deși ideea de rezistență a unei nave nu este nouă, specificațiile în evoluție ale navelor port-container necesită eforturi continue pentru îmbunătățirea tehnicilor de predicție a rezistenței. Viteza navei poate fi influențată de rezistență, ceea ce ar putea duce la creșterea necesarului de energie și de combustibil.

Până în prezent, testarea modelelor de nave în bazine de testări a fost o metodă utilă pentru evaluarea rezultatelor privind rezistența la înaintare (și scufundarea și asieta), fiind necesară o analiză mai complexă din cauza cerinței tot mai mari de precizie, în special în ceea ce privește rezistența la valuri și pentru obținerea unor rezultate într-un timp cât mai scurt. Totuși, testarea modelelor este costisitoare, deoarece necesită construirea precisă a unui prototip de navă și utilizarea unei bazine de testare. Un înlocuitor al experimentelor fizice este utilizarea simulărilor numerice ale modelelor, în cazul cărora performanța poate fi evaluată integral prin simulări pe calculator.

Ecuțiile cu derivate parțiale pot fi utilizate pentru a reprezenta cantitativ problema complexă a curgerii fluidelor. Din cauza complexității lor, aceste ecuații pot fi cu greu rezolvate analitic. Scopul dinamicii computaționale a fluidelor (CFD) este de a găsi răspunsuri numerice la aceste ecuații. Ecuțiile cu derivate parțiale trebuie mai întâi să fie discretizate pentru a găsi o soluție numerică. Apoi, ecuațiile cu derivate parțiale sunt aproximate printr-un set de ecuații algebrice.

Avantajele CFD față de experimentele convenționale de curgere a fluidelor sunt numeroase, dar cele mai semnificative includ costuri relativ scăzute în comparație cu testul de tracțiune, modificări rapide ale proiectului inițial sau chiar modificări complete, un control mai mare asupra configurației experimentului și capacitatea de a stabili condiții care ar putea fi dificile sau imposibil de realizat într-un test fizic.

Având în vedere cele menționate mai sus, s-a realizat testarea unui model la scara 1:135 a unei nave tipice port-container în bazinul de încercări ETSIN-UPM din Madrid, iar rezultatele obținute au fost comparate cu cele rezultate din analiză CFD aplicată aceluiași din de navă. În acest fel s-a putut realiza și o analiză a avantajelor/dezavantajelor pentru fiecare metodă de cercetare.

Structura tezei de doctorat

În aceasta teză s-a propus o investigarea a caracteristicilor mărilor Europene, precum și a densității traficului maritim în aceasta zonă, corelate cu schimbările climatului de vânt și val. De asemenea, unul din cele mai răspândite tipuri de nave de transport a fost studiat în vederea determinării operabilității sale pentru diferite scenarii. Astfel, pe baza obiectivelor menționate anterior, teza a fost structurată în 6 capitole, ce descriu fiecare problemă investigată.

În **capitolul 1**, se prezintă analiza traficului maritim în mările din Europa și particularitățile fiecărei mări, din punct de vedere al transportului maritim. De asemenea au fost analizate și cele două canale de navigație principale din Europa, Canalul Dunăre Marea Neagră și Canalul Rin-Main-Dunăre.

În **capitolul 2** este prezentată o analiză statistică asupra bunurilor transportate în Europa. Au fost investigate bunurile manevrate în fiecare port, tipurile de bunuri transportate, tipurile de nave, tipurile de mărfuri și volumele de mărfuri înregistrate în cazul navelor tip container. Pe baza acestora s-a realizat un top al celor mai populare porturi pentru fiecare categorie investigată. De asemenea, s-a realizat o analiză asupra accidentelor ce au avut loc în perioada studiată.

Capitolul 3 prezintă caracteristicile de vânt și val pentru această zonă, dar și pentru principalele rute de transport identificate. Pentru că energia verde este o noua direcție pentru Europa în lupta de combatere a poluării, au fost investigate parcurile eoliene din Marea Nordului și viitoarele parcuri eoliene din Marea Mediterană.

În **capitolul 4** se detaliază rezultatele studiului asupra unei nave de tip container pe baza unor serii de simulări numerice, iar în **capitolul 5** a fost extins acest studiu pentru determinarea rezistenței adiționale în valuri și validarea rezultatelor a fost realizată prin efectuarea de probe în bazinul de teste.

Capitolul 6 prezintă concluziile acestui studii, contribuțiile personale, direcțiile pentru viitoare studii, precum și lucrările științifice publicate pe parcursul anilor de studiu din cadrul doctoratului.

Teza de doctorat a fost realizată cu sprijinul financiar al proiectului „Excelența academică și valori antreprenoriale - sistem de burse pentru asigurarea oportunităților de formare și dezvoltare a competențelor antreprenoriale ale doctoranzilor și postdoctoranzilor – ANTREPENORDOC”, Contract nr. 36355/23.05.2019 POCU/380/6/13 - Cod SMIS: 123847.

Termeni și abrevieri

ABS	Biroul American de Navigație
BV	Bureau Veritas
CAMS	Serviciul Copernicus de monitorizare a atmosferei
CFD	Dinamica fluidelor computațională
DJF	Decembrie, ianuarie și februarie
DNV	Det Norske Veritas
DTC	Duisburg Test Case
EASM model	Modelul Explicit Algebraic Stress
ECMWF	Centrul european pentru prognoze meteorologice pe termen mediu
EURO-CORDEX	European Domain-Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment
EMODnet	European Marine Observation and Data Network
EMSA	Agenția Europeană pentru Siguranță Maritimă
ETSIN-UPM	Universitatea Politehnică din Madrid
IACS	Asociația Internațională a Societăților de Clasificare
IFS	Sistem integrat de prognoză
ISMT	Institutul de Tehnologie Marină, Inginerie Oceanică și Sisteme de Transport
JJA	Iunie, iulie, august
JONSWAP	Joint North Sea Wave Project
k- ω BSL model	Modelul k- ω Base-line model
k- ω SST model	Modelul k- ω Shear-Stress Transport
MAM	Martie, aprilie, mai
PLA	Acid polilactic
RANS	Ecuțiile Reynolds-averaged Navier-Stokes
RAO	Operatorul de amplitudine de răspuns
RCP4.5	Representative Concentration Pathway 4.5
RO - RO	Roll On – Roll Off
SMHI	Institutul Meteorologic și Hidrologic Suedez
SON	Septembrie, Octombrie, Noiembrie
UK	Marea Britanie
WMO	Organizația Meteorologică Mondială

Bwl	Lățimea navei la plutire
C_{aw}	Coeficientul rezistenței adiționale în valuri
C_w	Coeficientul rezistenței de val
C_t	Coeficientul rezistenței totale
EFD	Teste experimentale
FFT	Transformata Fast Fourier
g	Accelerația gravitațională
H	Înălțimea valului
Hs	Înălțimea semnificativă a valului
H/Lpp	Înălțimea de val adimensională
Lpp	Lungimea între perpendiculare
PE	Eroare procentuală
P_w	Densitatea energiei vântului
U_{10}	Viteza vântului la 10 m
U_{100}	Viteza vântului la 100 m
R_{aw}	Rezistența adițională în valuri
R_T	Rezistența totală
R_{Tc}	Rezistența în apă calmă
R_{Tw}	Rezistența de val
S_w	Suprafața udată
SS	Starea mării
Tm	Perioada valului
v	Viteza navei
Vw	Viteza vântului
ρ	Densitatea apei
λ	Lungimea valului
λ/Lpp	Lungimea de val adimensională

Lista de figuri

FIGURA 1.1 HARTA DENSITĂȚII TRAFICULUI MARITIM ÎN MAREA AZOV, MAREA NEAGRĂ ȘI MAREA MARMARA PENTRU ANUL 2021 [4].....	- 12 -
FIGURA 1.2 TIPURI DE NAVE ÎN MAREA AZOV, MAREA NEAGRĂ ȘI MAREA MARMARA, IUNIE 2022 [4].....	- 12 -
FIGURA 1.3 HARTA DENSITĂȚII TRAFICULUI MARITIM (A) ȘI TIPURILE DE NAVE DIN MAREA CASPICĂ (B) [4].....	- 13 -
FIGURA 1.4 DENSITATEA TRAFICULUI ÎN MAREA MEDITERANĂ PENTRU ANUL 2021 [4]	- 14 -
FIGURA 1.5 TIPURI DE NAVE ÎN MAREA MEDITERANĂ, IUNIE 2022 [4]	- 14 -
FIGURA 1.6 HARTA DENSITĂȚII TRAFICULUI MARITIM ÎN CANALUL MÂNECII PENTRU ANUL 2021 [4]..	- 15 -
FIGURA 1.7 TIPURI DE NAVE ÎN CANALUL MÂNECII, IUNIE 2022 [4]	- 15 -
FIGURA 1.8 DENSITATEA TRAFICULUI ÎN MAREA CELTICĂ PENTRU ANUL 2021 [4]	- 16 -
FIGURA 1.9 TIPURI DE NAVE ÎN MAREA CELTICĂ, IUNIE 2022 [4]	- 16 -
FIGURA 1.10 HARTA DENSITĂȚII TRAFICULUI MARITIM (A) ȘI TIPURILE DE NAVE (B) ÎN MAREA IRLANDEI [4].....	- 17 -
FIGURA 1.11 DENSITATEA TRAFICULUI ÎN MAREA NORDULUI PENTRU ANUL 2021 [4]	- 18 -
FIGURA 1.12 TIPURI DE NAVE ÎN MAREA NORDULUI, IUNIE 2022 [4]	- 18 -
FIGURA 1.13 HARTA DENSITĂȚII TRAFICULUI MARITIM ÎN MAREA BALTICĂ PENTRU ANUL 2021 [4] ...	- 19 -
FIGURA 1.14 TIPURI DE NAVE ÎN MAREA BALTICĂ, IUNIE 2022 [4]	- 19 -
FIGURA 1.15 DENSITATEA TRAFICULUI ÎN MAREA NORVEGIEI PENTRU ANUL 2021 [4]	- 20 -
FIGURA 1.16 TIPURI DE NAVE ÎN MAREA NORVEGIEI, IUNIE 2022 [4]	- 20 -
FIGURA 1.17 DENSITATEA TRAFICULUI ÎN MAREA BARENTS PENTRU ANUL 2021 [4].....	- 21 -
FIGURA 1.18 TIPURI DE NAVE ÎN MAREA BARENTS, IUNIE 2022 [4].....	- 21 -
FIGURA 1.19 HARTA DENSITĂȚII TRAFICULUI MARITIM ÎN MAREA ALBĂ PENTRU ANUL 2021 [4]..	- 22 -
FIGURA 1.20 TIPURI DE NAVE ÎN MAREA ALBĂ, IUNIE 2022 [4].....	- 22 -
FIGURA 1.21 EVOLUȚIA TRAFICULUI ÎN FUNCȚIE DE MĂRFURILE MANIPULATE	- 23 -
FIGURA 1.22 TOTALUL MĂRFURILOR MANIPULATE PE ZONE	- 24 -
FIGURA 2.1 MĂRFURI MANIPULATE ÎN TOATE ȚĂRILE, PE ANI.....	- 26 -
FIGURA 2.2 PRINCIPALELE TIPURI DE MĂRFURI	- 27 -
FIGURA 2.3 PRINCIPALELE TIPURI DE BUNURI	- 28 -
FIGURA 2.4 TIPURI DE NAVE.....	- 29 -
FIGURA 2.5 NUMĂRUL TOTAL DE CONTAINERE MANIPULATE ANUAL	- 30 -
FIGURA 2.6 PAGERII ÎMBARCAȚI ȘI DEBARCAȚI ÎN TOATE PORTURILE	- 30 -
FIGURA 2.7 TOPUL PORTURILOR ÎN PERIOADA 2010-2019	- 31 -
FIGURA 2.8 VICTIMELE ACCIDENTELOR MARITIME ÎN FUNCȚIE DE ZONĂ	- 31 -
FIGURA 3.1 PRINCIPALELE RUTE EUROPENE [32].....	- 33 -
FIGURA 3.2 VITEZA MEDIE A VÂNTULUI, 2001-2020 [32]	- 35 -
FIGURA 3.3 INVESTIGAȚIE STATISTICĂ PRIVIND VITEZA VÂNTULUI: (A) PERCENTILA 50; (B) PERCENTILA 75; (C) PERCENTILA 90; (D) PERCENTILA 95 [32].....	- 36 -
FIGURA 3.4 A 95-A PERCENTILĂ A VITEZEI VÂNTULUI DE-A LUNGUL RUTELOR MARITIME EUROPENE	- 37 -
FIGURA 3.5 ÎNĂLȚIMEA VALULUI INVESTIGATĂ STATISTIC: (A) PERCENTILUL 50; (B) PERCENTILUL 75; (C) PERCENTILUL 90; (D) PERCENTILUL 95 [32].....	- 38 -
FIGURA 3.6 ANALIZA MĂRII NORDULUI ÎN CEEA CE PRIVEȘTE CLIMATUL VÂNTURILOR ȘI CLIMATUL VALURILOR PENTRU PERIOADA 2001-2020 [58].....	- 39 -
FIGURA 3.7 PARCURI EOLIENE	- 40 -

FIGURA 3.8 POZIȚII ALE PARCURILOR EOLIENE [61].....	- 41 -
FIGURA 3.9 VITEZA MEDIE A VÂNTULUI [61].....	- 41 -
FIGURA 3.10 VARIABILITATEA SEZONIERĂ A VITEZEI MEDII A VÂNTULUI [64]	- 42 -
FIGURA 3.11 VARIABILITATEA SEZONIERĂ A ÎNĂLȚIMII MEDII A VALURILOR [64]	- 43 -
FIGURA 4.1 CARENA DTC	- 45 -
FIGURA 4.2 GRILA PENTRU CARENA DTC	- 46 -
FIGURA 4.3 REZISTENȚA TOTALĂ ÎN APĂ CALMĂ.....	- 47 -
FIGURA 4.4 ÎNĂLȚIMEA VALULUI.....	- 47 -
FIGURA 4.5 INFLUENȚA LUNGIMII DE VAL ASUPRA REZISTENȚEI ADIȚIONALE ÎN ȘI A COEFICIENTULUI ACESTEIA [70].....	- 48 -
FIGURA 4.6 INFLUENȚA LUNGIMII VALULUI ASUPRA RAO PITCH ȘI INFLUENȚA ÎNĂLȚIMII VALULUI ASUPRA REZISTENȚEI ADĂUGATE DE VAL PENTRU INTERVALUL DE VITEZE STUDIAT [70].....	- 49 -
FIGURA 4.7 ÎNĂLȚIMEA VALURILOR PENTRU H/LPP 0,0056 ȘI H/LPP 0,0225 [70]	- 50 -
FIGURA 4.8 REZISTENȚA MEDIE A VALURILOR.....	- 51 -
FIGURA 5.1 MODELUL DTC, SCARA 1:135	- 53 -
FIGURA 5.2 COMPARAȚIE ÎNTRE REZISTENȚA ÎN APĂ CALMĂ DETERMINATĂ NUMERIC ȘI REZISTENȚA ÎN APĂ CALMĂ DETERMINATĂ PRIN TESTE EXPERIMENTALE	- 55 -
FIGURA 5.3 COMPARAȚIE ÎNTRE REZISTENȚA ÎN APĂ CALMĂ PENTRU CFD ȘI EFD	- 56 -
FIGURA 5.4 COMPARAȚIE ÎNTRE COEFICIENTUL DE REZISTENȚĂ ADIȚIONALĂ ÎN VALURI, PITCH RAO ȘI HEAVE RAO PENTRU CEA MAI MICĂ ȘI CEA MAI MARE VITEZĂ STUDIATĂ.....	- 56 -
FIGURA 5.5 DIFERENȚE DINTRE TESTUL EXPERIMENTAL ȘI SIMULĂRILE NUMERICE	- 58 -
FIGURA 5.6 EFECTUL COEFICIENTULUI DE REZISTENȚĂ ADIȚIONALĂ ÎN VALURI PENTRU CEA MAI MICĂ ȘI CEA MAI MARE VITEZĂ	- 58 -
FIGURA 5.7 COEFICIENTUL DE REZISTENȚĂ ADIȚIONALĂ ÎN VALURI, STUDIU PĂTRATIC	- 59 -

Lista de tabele

TABEL 1.1 STUDIU DE CAZ	- 11 -
TABEL 3.1 RUTE EUROPENE [32].....	- 34 -
TABEL 3.2 ZONELE GEOGRAFICE INVESTIGATE [32]	- 34 -
TABEL 3.3 VITEZA MAXIMĂ A VÂNTULUI AVÂND ÎN VEDERE PERCENTILA 95 [32].....	- 37 -
TABEL 4.1 DATE PRINCIPALE.....	- 45 -
TABEL 4.2 CAZURI DE TESTARE PENTRU VALURI REGULATE [70].....	- 48 -
TABEL 4.3 CAZURI DE TESTARE.....	- 51 -
TABEL 5.1 INFORMAȚII PRIVIND CARENA.....	- 54 -
TABEL 5.2 CAZURI DE TESTARE.....	- 54 -

CAPITOLUL 1 – ANALIZA TRAFICULUI MARITIM ÎN MĂRILE EUROPENE ȘI PRINCIPALELE CARACTERISTICI ALE ACESTUIA

1.1 Introducere

Transportul de mărfuri și de pasageri crește odată cu economia, atât în fazele sale ascendente, cât și în cele descendente, cum ar fi pandemia COVID-19 și criza financiară globală din 2008 sau conflictul actual dintre Ucraina și Rusia.

Europa este continentul cu cel mai diversificat sistem de transport din lume, ocupând locul al doilea în ceea ce privește rețeaua rutieră și, respectiv, a rețelei feroviare. Sectoarele de transport de mărfuri și de pasageri sunt împărțite în nouă coridoare de transport pan-europene pentru o mai bună gestionare și dinamică a fluxurilor de mărfuri.

Din cele mai vechi timpuri, transportul maritim a avut tradiție în bazinul mediteranean și, mai târziu, în țările din Oceanul Atlantic. În Europa, găsim atât rețele de transport maritim, cât și rețele de transport terestru. În ultima jumătate de secol, transportul maritim s-a extins în mările europene datorită dezvoltării economice, creșterii comerțului și a exploatarei resurselor. Europa este un centru maritim major în lume și controlează aproximativ o treime din flota comercială mondială [1]. Sectorul maritim din acest domeniu este un sistem competitiv și eficient la nivel mondial, reprezentând o treime din comerțul internațional, cu patru sute de milioane de pasageri care se îmbarcă și debarcă în porturile europene în fiecare an [2].

Industria navală este dinamică și vitală pentru conectarea pieței europene cu partenerii comerciali regionali, dar și mondiali [1][3].

Cu toate acestea, în Europa, acest mod de transport crește de la an la an, cu câteva excepții, după cum s-a precizat anterior, iar potrivit "Raportului european de mediu privind transportul maritim", în 2018, comparativ cu 2017, au existat cu 5,3% mai mulți pasageri îmbarcați și debarcați, iar în aceeași perioadă, cantitatea totală a mărfurilor a crescut cu 3,2%. Din aceste motive, a fost necesar să se investigheze caracteristicile actuale ale zonelor maritime din Europa, iar mările și canalele care sunt examinate în această teză și prezentate în Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Studiu de caz

Mări	
Marea Caspică	Marea Irlandei
Marea Azov	Marea Nordului
Marea Neagră	Marea Baltică
Marea Marmara	Marea Norvegiei
Marea Mediterană	Marea Barents
Canalul Mânecii	Marea Albă
Marea Celtică	
Canale	
Canalul Dunăre-Marea Neagră	Canalul Rin-Main-Dunăre

În următoarele subcapitole, au fost studiate zonele maritime ale Europei, precum și principalele canale, Canalul Dunăre-Marea Neagră și Canalul Rin-Main-Dunăre, care fac legătura între navigația interioară și cea maritimă.

A fost efectuată o analiză a caracteristicilor fiecărei mări, precum și un studiu al traficului maritim și al tipurilor de nave întâlnite în fiecare zonă. În cele din urmă, au fost enumerate concluziile acestui studiu și direcțiile urmate pentru această teză.

1.2 Marea Neagră, Marea Azov și Marea Marmara

Harta densității generate de traficul maritim [4] pentru anul 2021, care poate fi văzut în Figura 1.1, prezintă principalele rute din această zonă. Un factor important în creșterea densității traficului maritim este reprezentat de cantitatea de petrol transportată din Asia Centrală către portul rusesc Novorossiysk [5], și din acest port către celelalte rute principale.

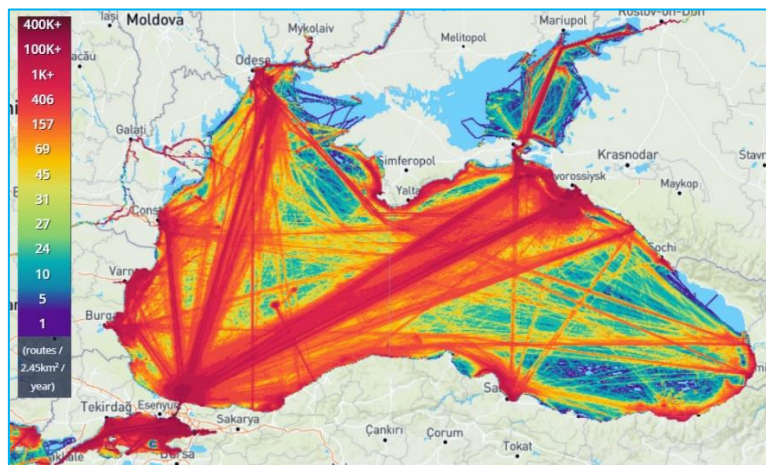


Figura 1.1 Harta densității traficului maritim în Marea Azov, Marea Neagră și Marea Marmara pentru anul 2021[4]

Navigația are loc în interiorul Mării Negre prin intermediul porturilor (Constanța, Varna, Novorossiysk, Trabzon, Samsun, Ereğli, Odesa, Batumi) și în afara Mării Negre prin strâmtoarea Turciei. Principala cale de ieșire din Marea Neagră spre Ocean este prin Marea Egee și Marea Mediterană.

Principalele tipuri de nave întâlnite în această zonă au fost identificate pe baza informațiilor extrase de pe Marine Traffic [4]. După cum se poate observa în Figura 1.2, găsim vrachiere, petroliere, nave de pasageri, nave de croazieră, feriboturi, nave de pescuit, nave de tip Ro-Ro și remorchere.

Mai mult de jumătate dintre navele din Marea Neagră sunt nave de mărfuri și petroliere. În timpul verii se înregistrează o creștere a transportului datorită navelor de croazieră și feriboturilor care circulă în scopuri turistice.

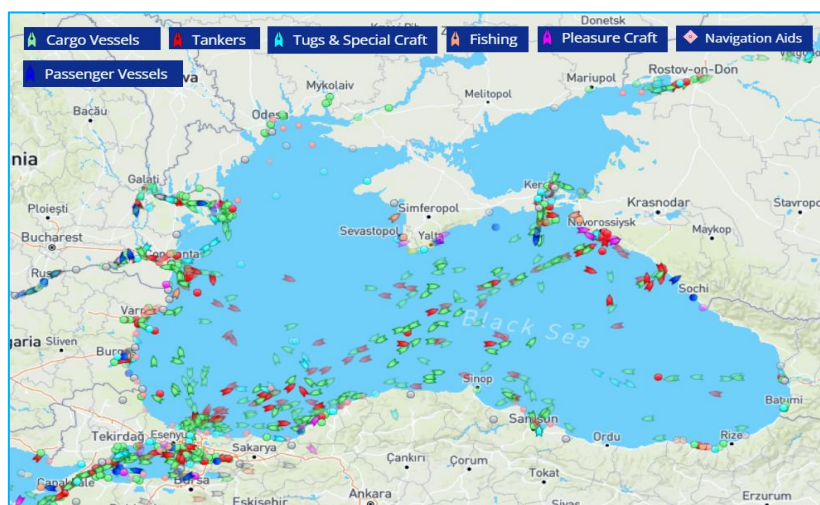


Figura 1.2 Tipuri de nave în Marea Azov, Marea Neagră și Marea Marmara, iunie 2022 [4]

1.3 Marea Caspică

Principalele rute de navigație în Marea Caspică (Figura 1.3) sunt Baku - Aktau, Baku - Turkmenbashi și Mahacicala - Aktau. Pescuitul este foarte dezvoltat, iar peste 90% din rezervele mondiale de sturioni se găsesc în această zonă.

Transportul maritim a fost folosit de mult timp în Marea Caspică pentru transportul tuturor mărfurilor, dar astăzi este folosit în principal pentru transportul resurselor naturale. Coridorul de transport trans-caspic [6][7] este una dintre cele mai importante rute de transport al mățării, care leagă China, Kazahstan, Azerbaidjan, Georgia, Turcia și Europa.

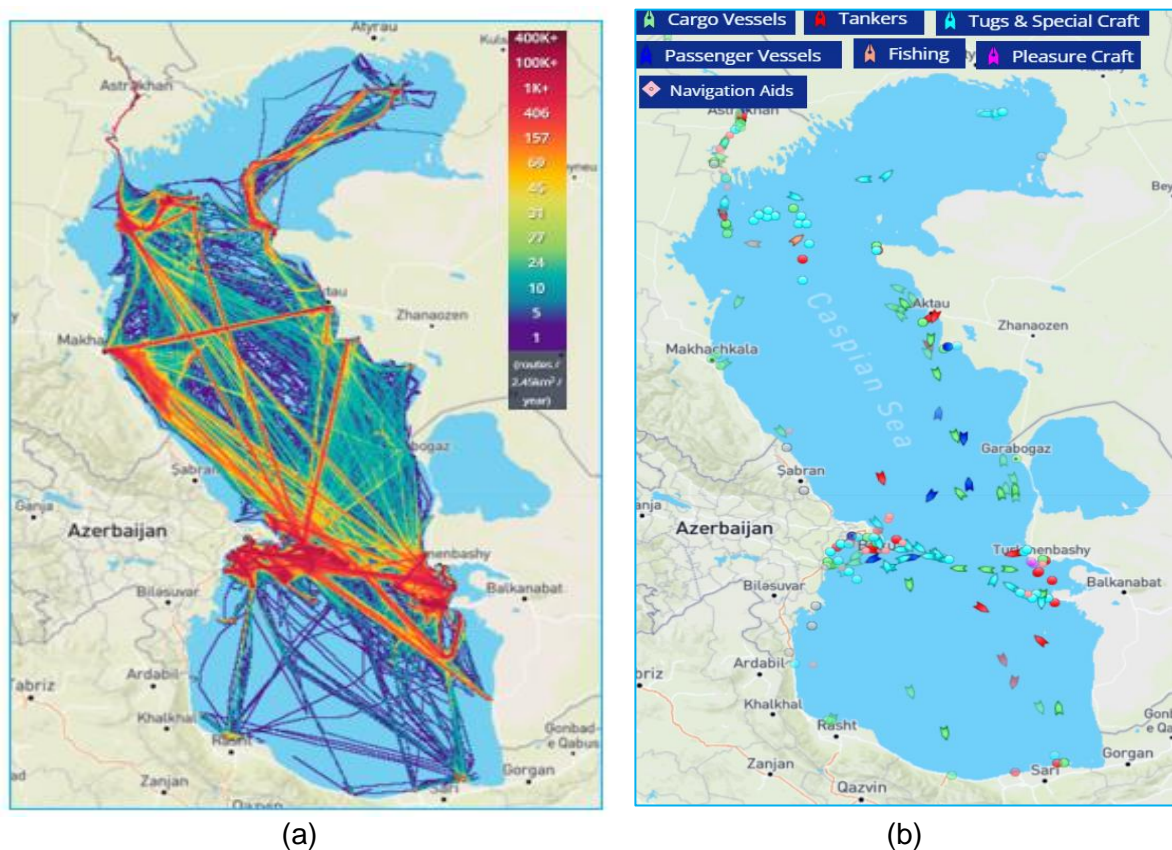


Figura 1.3 Harta densității traficului maritim (a) și tipurile de nave din Marea Caspică (b) [4]

În viitor, transportul de mărfuri prin Marea Caspică se va dezvolta din ce în ce mai mult, deoarece este una dintre cele mai importante rute de navigație între China și Europa.

1.4 Marea Mediterană

Marea Mediterană este o zonă reprezentativă pentru traficul maritim (Figura 1.4), al treilea cel mai mare transport comercial din lume, iar petrolul din Orientul Mijlociu către Europa și America de Nord este transportat de un număr mare de petroliere care circulă pe rutele principale.

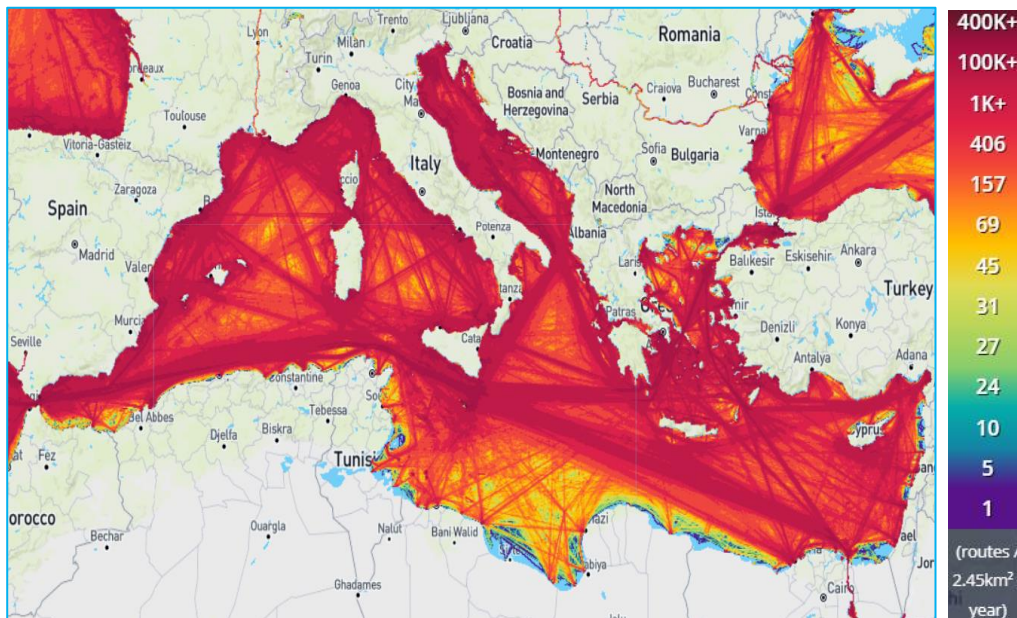


Figura 1.4 Densitatea traficului în Marea Mediterană pentru anul 2021[4]

În această zonă, traficul maritim este dezvoltat și prin intermediul navelor de pasageri, datorită potențialului turistic ridicat. Încă de la deschiderea canalului Suez în 1869, Marea Mediterană a servit ca rută comercială trans-națională [8].

Navele care traversează apele Mării Mediterane (Figura 1.5) sunt nave de marfă, tancuri, nave de pasageri, feriboturi, nave de pescuit, ambarcațiuni de mare viteză, iahturi și chiar nave militare.

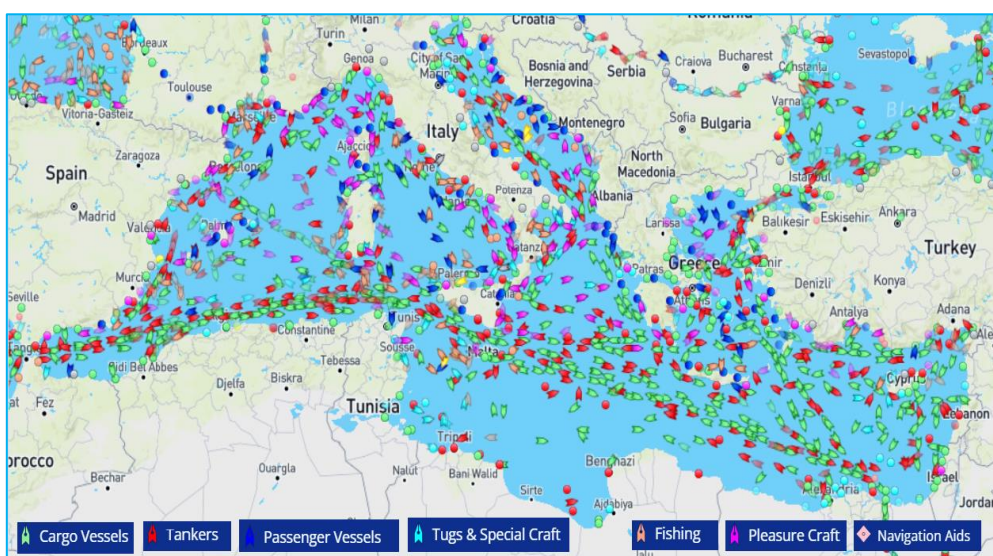


Figura 1.5 Tipuri de nave în Marea Mediterană, iunie 2022 [4]

1.5 Canalul Mânecii

Canalul Mânecii este una dintre cele mai aglomerate regiuni (Figura 1.6) din lume în ceea ce privește transportul maritim. Principalele rute sunt Marea Britanie-Europa și Marea Nordului-Oceanul Atlantic.

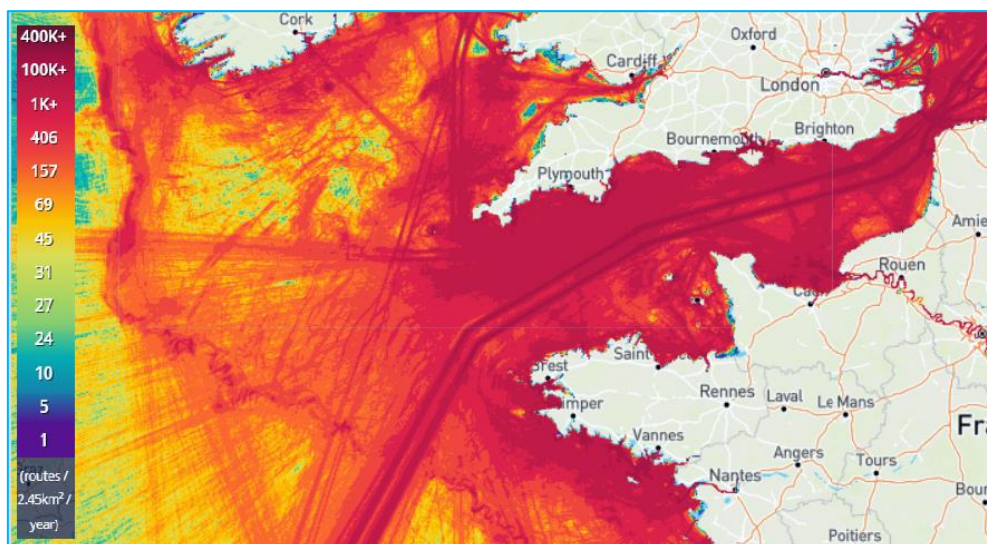


Figura 1.6 Harta densității traficului maritim în Canalul Mânecii pentru anul 2021[4]

Turismul în Canalul Mânecii are tradiții care datează din secolul al XIX-lea și a continuat să se dezvolte până în prezent, motiv pentru care vedem multe bărci de agrement și feriboturi. (Figura 1.7). În Canalul Mânecii, există o gamă largă de rute de feribot către porturile Dover, Calais, Dunkerque, Newhaven, Plymouth, Poole, Cherbourg, Portsmouth, Le Havre, Saint-Malo, Weymouth și multe altele.

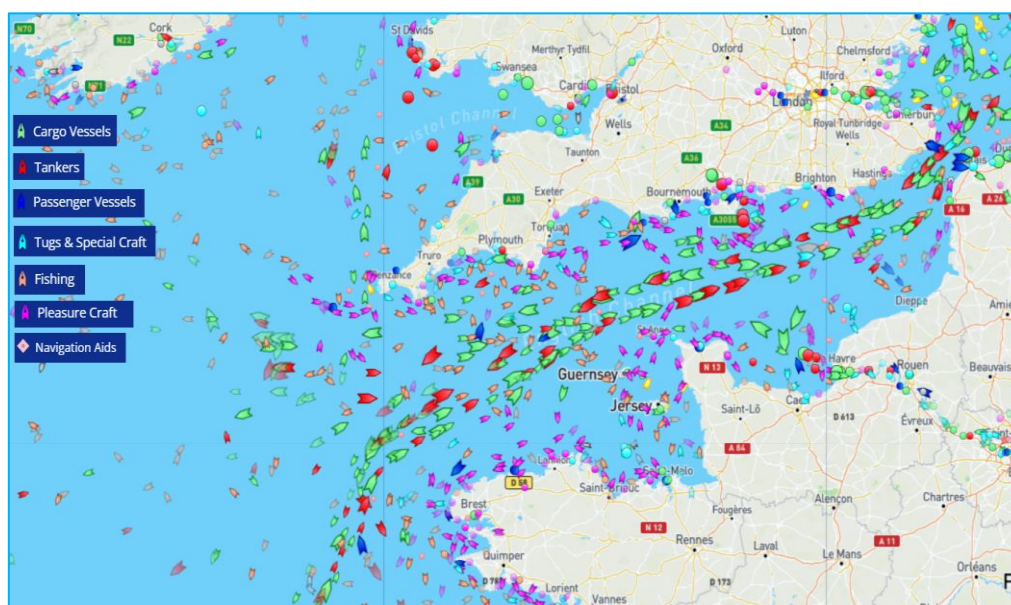


Figura 1.7 Tipuri de nave în Canalul Mânecii, iunie 2022 [4]

1.6 Marea Celtică

Figura 1.8 arată traficul în zona Mării Celtice. Cea mai densă zonă este cea care face legătura între Canalul Mânecii și Canalul Sfântul Gheorghe.

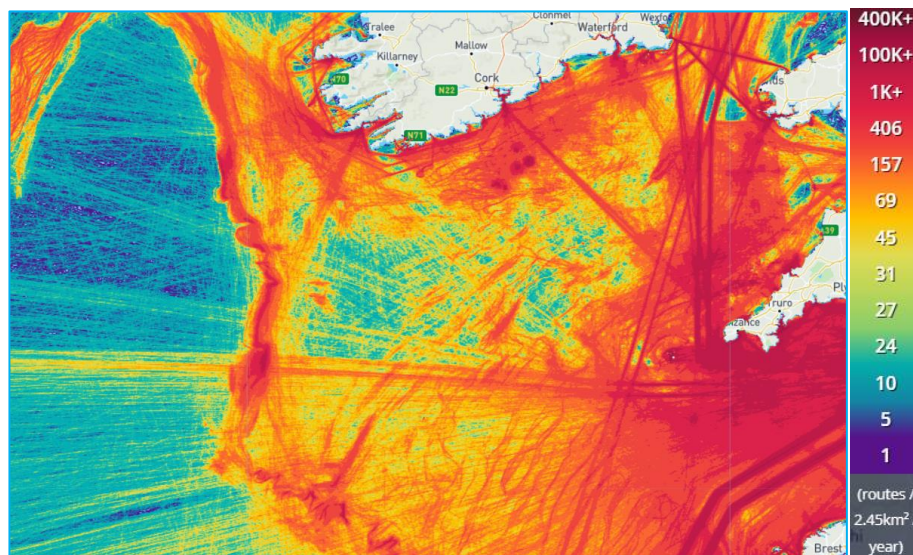


Figura 1.8 Densitatea traficului în Marea Celtică pentru anul 2021[4]

În zonele de coastă, există o industrie turistică variată, după cum se poate vedea în Figura 1.9, care arată tipurile de nave care traversează Marea Celtică. Principalele tipuri de nave întâlnite în această zonă sunt navele de marfă, navele de pescuit și ambarcațiunile de agrement.

Marea Celtică are o industrie de pescuit bine dezvoltată, care produce aproximativ 2 milioane de tone anual începând cu 2007. Acvacultura a progresat în ultimii 20 de ani și s-a diversificat pe cât posibil.

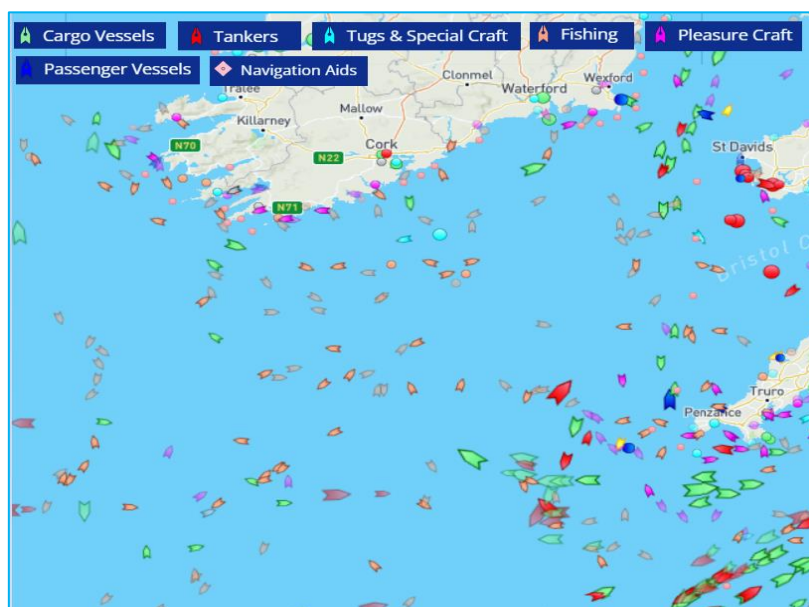
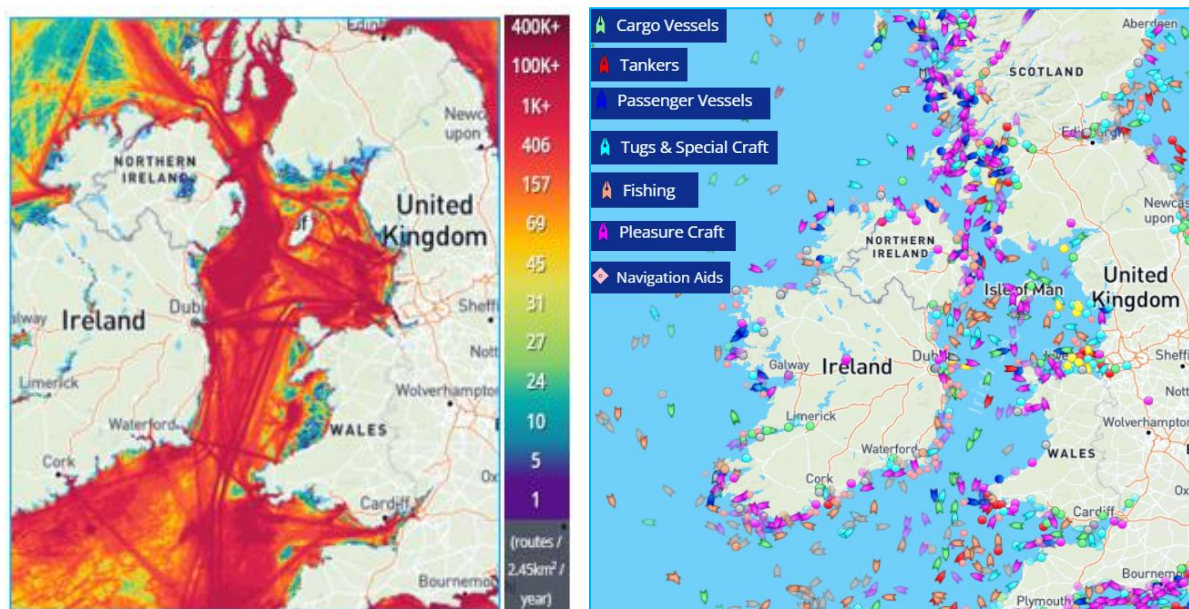


Figura 1.9 Tipuri de nave în Marea Celtică, iunie 2022 [4]

1.7 Marea Irlandei

Traficul în Marea Irlandei (Figura 1.10) este destul de mare. Milioane de nave de pasageri și milioane de nave de marfă circulă anual.

Cel mai mare trafic maritim se regăsește pe ruta care leagă Irlanda de Marea Britanie și în zona porturilor marilor orașe poziționate pe coastă: Dublin, Liverpool, Liverpool, Holyhead, Belfast, Southport, Blackpool, Bangor și Crosby.



(a)

(b)

Figura 1.10 Harta densității traficului maritim (a) și tipurile de nave (b) în Marea Irlandei [4]

Din cauza poluării din ultimii ani, industria pescuitului a fost afectată. Cu toate acestea, portul Fleetwood rămâne principalul port de pescuit, alături de Ardglass, Kilkeel și Mornington, iar principalele tipuri de pește capturat sunt heringul și merlanul.

De asemenea, în această zonă sunt amplasate o serie de platforme petroliere offshore și platforme de gaze naturale. Mai multe feriboturi fac legătura între majoritatea porturilor din Marea Irlandei. Cel mai mare feribot din lume operează în această zonă, pe ruta Dublin - Holyhead. O altă rută importantă leagă Marea Britanie de Irlanda.

1.8 Marea Nordului

Marea Nordului, după cum se poate vedea în Figura 1.11, este locul de întâlnire a unor rute europene importante și o zonă de pescuit majoră, în special în sud. Cea mai utilizată cale navigabilă artificială din lume este canalul care leagă Marea Nordului de Marea Baltică, numit Canalul Kiel.

Dacă ne referim la transportul maritim, în această zonă se află cele mai aglomerate și importante porturi din lume: Rotterdam (ocupă primul loc în Europa și al zecelea la nivel internațional în prima jumătate a anului 2022 [9]), Antwerp, Hamburg, Valencia și Bremen. În ceea ce privește transportul Ro/Ro, portul cel mai important din Europa este Bruges-Zeebrugge.

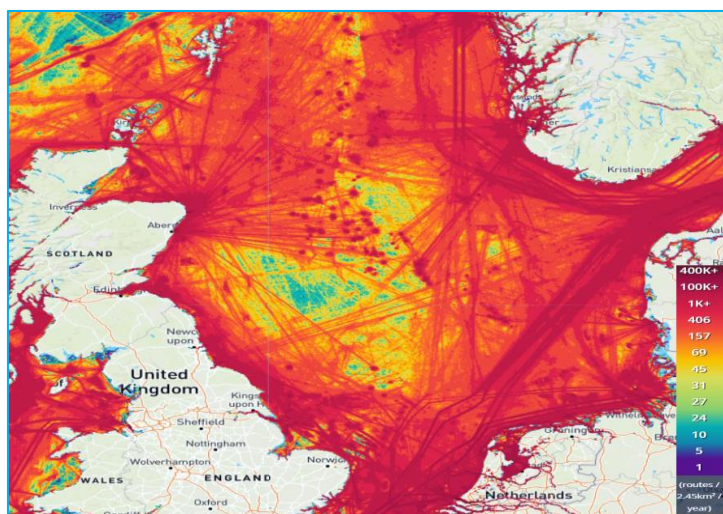


Figura 1.11 Densitatea traficului în Marea Nordului pentru anul 2021[4]

În Marea Nordului, găsim o mare varietate de tipuri de nave [10] (prezentate în Figura 1.12): nave de transport, bărci de pescuit, ambarcațiuni sportive, ambarcațiuni speciale, precum și nave de pasageri. Legătura dintre Regatul Unit și Marea Nordului se face prin intermediul feriboturilor.

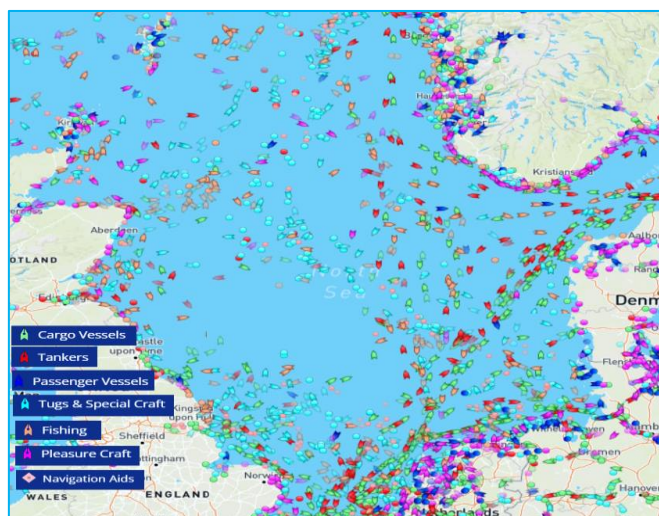


Figura 1.12 Tipuri de nave în Marea Nordului, iunie 2022 [4]

1.9 Marea Baltică

Densitatea și dinamica traficului maritim (Figura 1.13) sunt influențate de cererea de transport, care este direct proporțională cu creșterea economică [11]. În Marea Baltică există aproape patru sute de porturi maritime, dintre care o parte sunt de importanță internațională.

Din cauza gheții, a strâmtorilor înguste, a prezenței insulelor și a apelor puțin adânci, Marea Baltică este considerată o zonă dificilă pentru navigație. Cu toate acestea, înainte de războiul dintre Rusia și Ucraina, densitatea traficului maritim era în creștere, în special pentru navele de marfă care operează pe rutele către Europa de Nord și Rusia. Alte zone cele mai aglomerate din punct de vedere al navigației maritime sunt Golful Finlandei și Strâmtoarea Danemarcei.

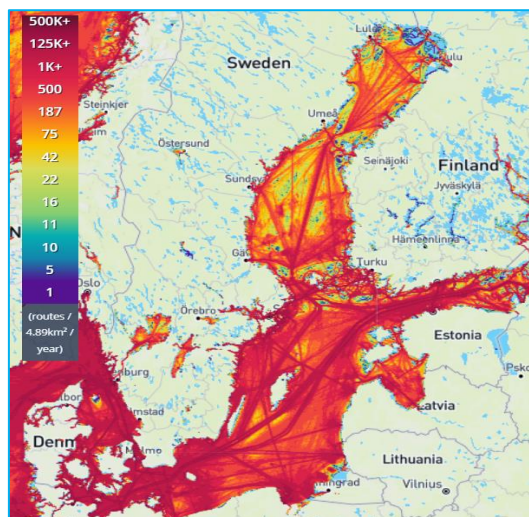


Figura 1.13 Harta densității traficului maritim în Marea Baltică pentru anul 2021[4]

Cele trei tipuri principale de nave care navighează în Marea Baltică sunt navele de marfă, navele de container și feriboturile. Dintre toate tipurile de nave, prezentate în Figura 1.14, mai mult de 50% sunt nave de marfă, 20% sunt tancuri, iar 11% sunt nave de pasageri [12]. Orașele frumoase, lipsa taifunurilor și a mareelor fac din Marea Baltică o zonă potrivită pentru nave de croazieră, ambarcațiuni de agrement, bărci sau chiar caiace.

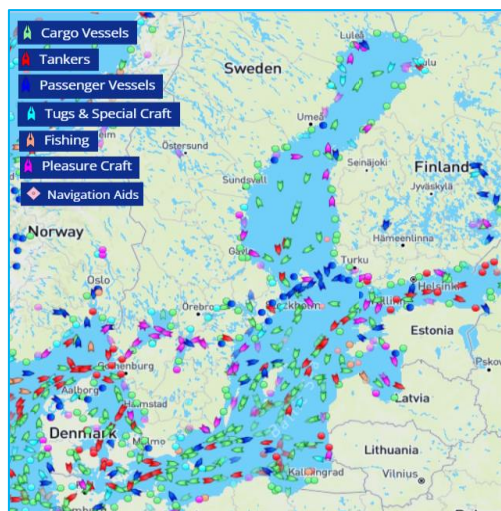


Figura 1.14 Tipuri de nave în Marea Baltică, iunie 2022 [4]

1.10 Marea Norvegiei

Norvegia este una dintre țările europene cu un grup maritim complet, fiind a treia țară de transport maritim în ceea ce privește mărimea încărcăturii și printre primele zece țări în ceea ce privește încărcătura anuală transportată. Densitatea traficului maritim poate fi observată în Figura 1.15. În zona de coastă, densitatea traficului maritim este cea mai mare.

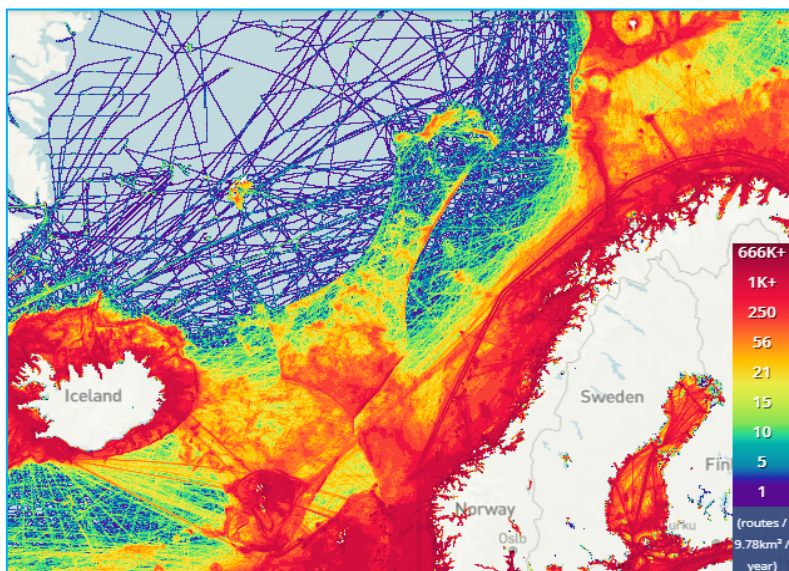


Figura 1.15 Densitatea traficului în Marea Norvegiei pentru anul 2021[4]

Tipurile de nave aflate în Marea Norvegiei pot fi vizualizate în Figura 1.16. În zona de coastă, există numeroase bancuri de pești, cea mai importantă specie fiind heringul. Fundul mării este bogat în zăcăminte de petrol și gaze naturale, ceea ce favorizează exploatarea comercială.

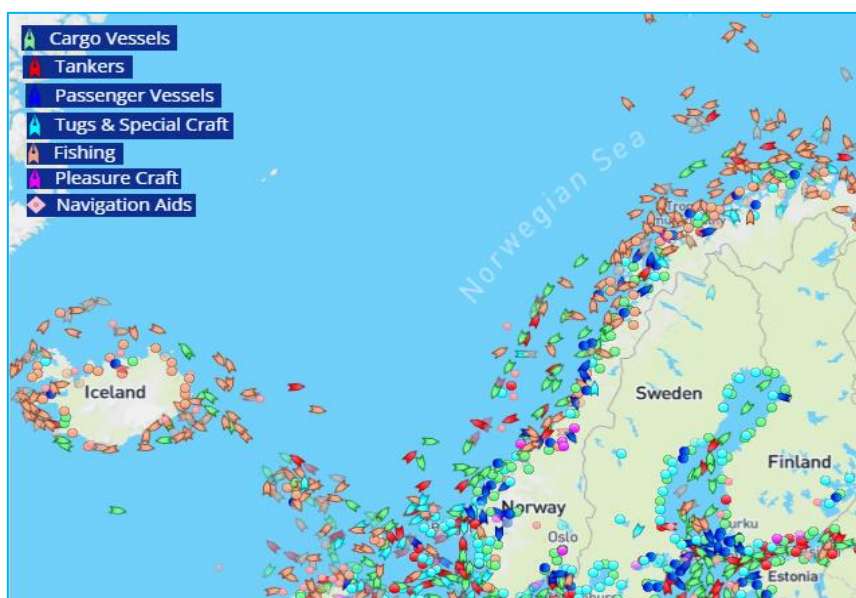


Figura 1.16 Tipuri de nave în Marea Norvegiei, iunie 2022 [4]

1.11 Marea Barents

Figura 1.17 arată traficul maritim în Marea Barents. Cele două porturi principale sunt Murmansk și Vardø. Volumul traficului maritim a crescut în apropierea coastei.

Marea Barents găzduiește numeroase activități de transport maritim [13], cum ar fi transportul de cărbune, transportul de pasageri pe coastă și traficul de marfă de-a lungul coastei norvegiene, precum și navele de croazieră care transportă turiști la Capul Nord, Svalbard în Franz Josef Land.

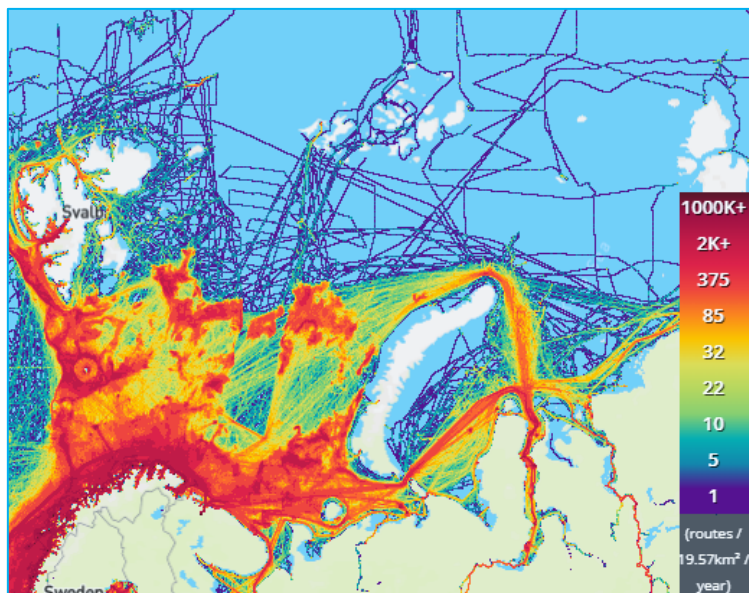


Figura 1.17 Densitatea traficului în Marea Barents pentru anul 2021[4]

Navele care traversează Marea Barents sunt afișate în Figura 1.18. Marea Barents are o industrie de pescuit relativ dezvoltată, conținând cea mai mare populație de cod rămasă din lume, precum și stocuri semnificative de eglefin și capelin. Ca și în Marea Norvegiei, aici se găsesc, de asemenea, depozite mari de petrol.

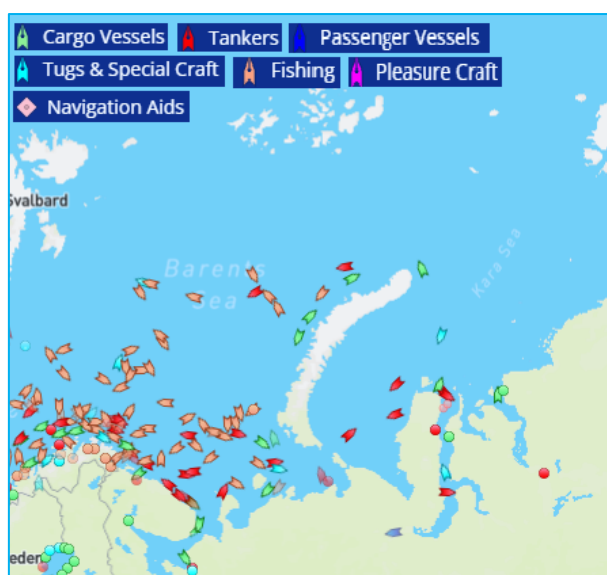


Figura 1.18 Tipuri de nave în Marea Barents, iunie 2022 [4]

1.12 Marea Albă

Traficul maritim este descris în Figura 1.19. O rută maritimă importantă este Canalul Marea Albă-Marea Baltică, care leagă Marea Baltică de Marea Albă. Cel mai dezvoltat port din Marea Albă este Arhanghelsk, alături de Mezen, Belomorsk, Kem, Kandalaksha, Onega și Umba.

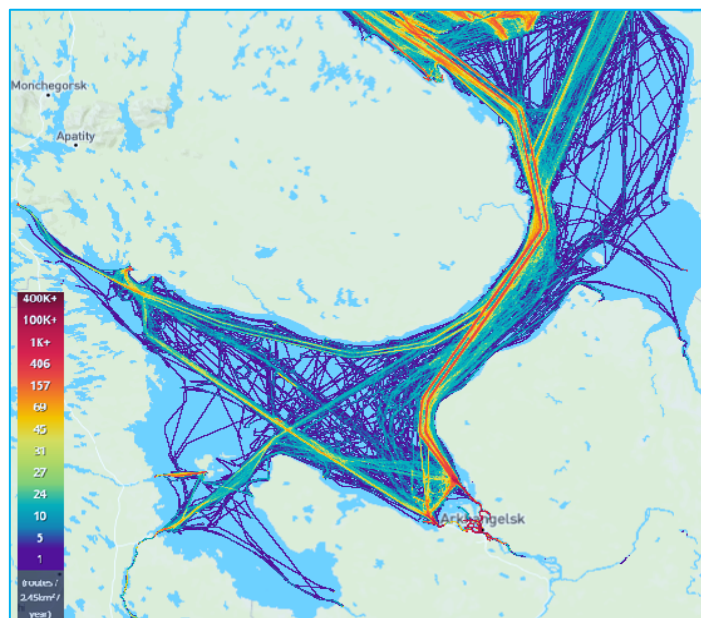


Figura 1.19 Harta densității traficului maritim în Marea Albă pentru anul 2021[4]

Marea Albă are o istorie îndelungată în ceea ce privește navele, deoarece a fost o bază importantă a marinei sovietice și a submarinelor în epoca contemporană. Astăzi nu mai găsim multe nave în această zonă, după cum se poate vedea în Figura 1.20. Deși Marea Albă tinde să înghețe, acest lucru nu afectează navele datorită folosirii spărgătoarelor de gheață.

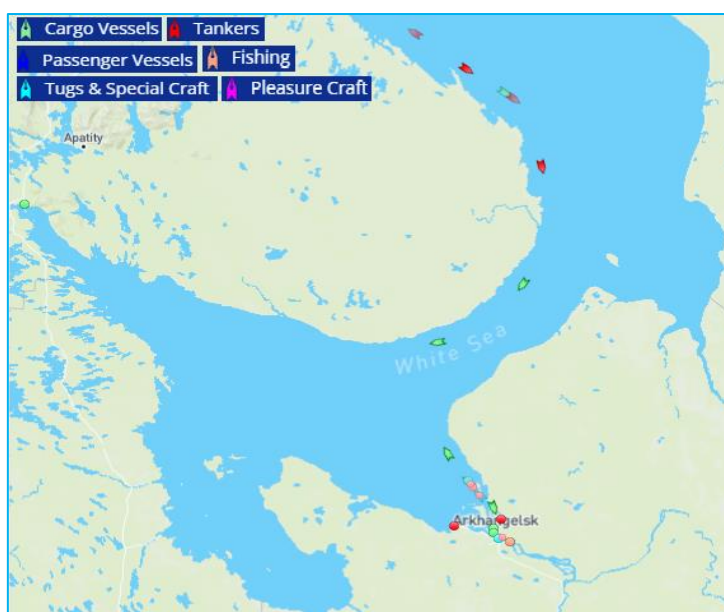


Figura 1.20 Tipuri de nave în Marea Albă, iunie 2022 [4]

1.13 Canalul Dunăre–Marea Neagră

Dunărea curge în Europa Centrală și de Est și este un fluviu important în Europa, traversând zece țări și patru capitale [14]. Din punct de vedere al lungimii, este al doilea fluviu ca mărime din Europa, după Volga, și se întinde pe aproximativ 2.845 km [15], după care se varsă în Marea Neagră. Marea Neagră este legată prin strâmtoarea Kerch de Marea Azov, prin Dardanele de Marea Egee și prin strâmtoarea Bosfor de Marea Marmara.

Canalul Dunăre-Marea Neagră, al treilea cel mai lung canal după Canalul Suez și Canalul Panama, este format din două ramuri: ramura principală, utilizată din mai 1984 și care leagă Portul Constanța de Portul Cernavoda, și ramura nordică, utilizată din octombrie 1987 și care leagă Canalul Năvodari de Canalul Poarta Albă.

Necesitatea unui canal care să lege Dunărea de Marea Neagră a fost pentru a scurta distanța și, prin urmare, timpul de circulație a mărfurilor, dar și din cauza limitărilor de navigație pe brațele principale ale Dunării.

Transportul de mărfuri prin canal este o alternativă mai ieftină decât transportul rutier, feroviar sau aerian și facilitează comerțul între Marea Neagră cu Asia și Orientul Mijlociu. Transportul maritim în această zonă ([14], [16]) prezintă mai multe dezavantaje, cum ar fi viteza redusă de transport, condițiile schimbătoare ale căilor navigabile și necesitatea de a moderniza flota și infrastructura portuară. Cu toate acestea, există mai multe avantaje, cum ar fi siguranța, costurile reduse de transport, capacitatea de a transporta cantități mari de mărfuri și protecția mediului în comparație cu alte metode de transport.

Tipurile de nave [17] întâlnite sunt șlepurile, convoaiele împinse, remorcherile și barjele. Barjele, cele mai comune tipuri, care sunt cele mai folosite din punct de vedere al prețului și al cantității transportate. Evoluția traficului pe canale din punct de vedere al capacității navelor pentru perioada 2000-2022 a fost studiată pe baza informațiilor obținute de la Administrația Canalelor Navigabile (ACN) [18]. O analiză similară a fost efectuată pentru mărfurile manipulate în Figura 1.21.

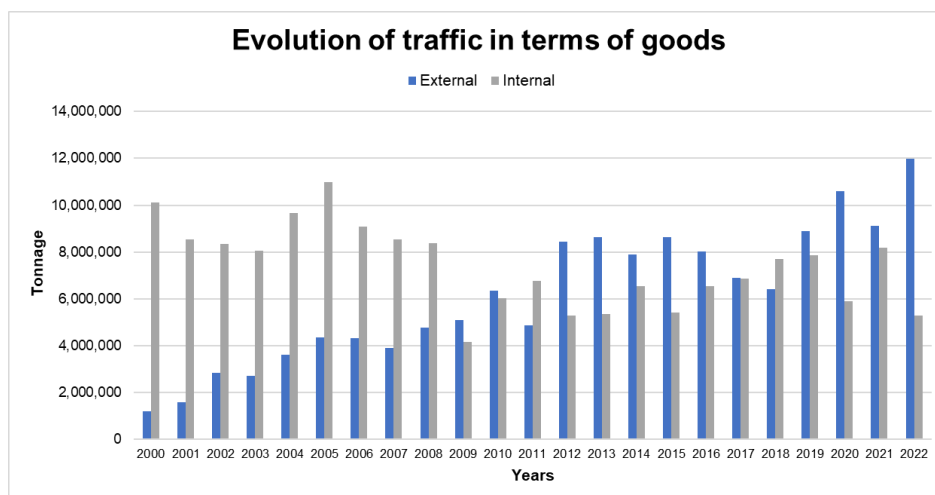


Figura 1.21 Evoluția traficului în funcție de mărfurile manipulate

În întreaga perioadă analizată, pe Canalul Dunăre-Marea Neagră au fost manipulate 310 548 993 tone de mărfuri, dintre care 45% au fost externe și 55% interne. În timp ce în perioada 2000-2008, procentul este mai mare pentru traficul intern, din 2009 până în 2022 diferența dintre intern și extern s-a ajustat, numărul fiind similar, ceea ce arată că schimburile comerciale s-au îmbunătățit, atât la export, cât și la import.

1.14 Canalul Rin-Main-Dunăre

Un alt canal important pentru navigație este Canalul Rin-Main-Dunăre, care leagă Marea Neagră și Marea Nordului prin Rin, Main, Dunăre și Canalul Dunăre-Marea Neagră.

Canalul Dunăre-Main-Rhin facilitează comerțul pentru toate țările dunărene, iar țările din nordul Europei pot avea acces la Marea Mediterană prin ruta Bosfor-Dardanele mult mai rapid decât prin Gibraltar. În modul de operare de 24 de ore, navele pot parcurge distanța Rotterdam-Constanța în aproximativ 11 zile și 14 ore în cazul unor condiții de navigație normale, potrivit Portalului logistic al Dunării [19].

Canalul este navigabil pe tot parcursul anului, cu excepția cazurilor în care nivelul apei este prea scăzut, iar canalul este traversat de 16 ecluze, operate de la puncte de control de la distanță, cu o infrastructură modernizată în urmă cu 10 ani, majoritatea fiind concepute pentru a economisi apă.

Traficul de mărfuri pe Canalul Rin-Main-Dunăre a fost studiat în termeni de mărfuri transportate în funcție de zonă (Figura 1.22), de tipuri de nave și de tipuri de mărfuri pentru perioada 2010-2020 [20], pe baza datelor furnizate de Eurostat [1].

Situația de pandemie internațională cauzată de virusul Covid-19 și războiul dintre Rusia și Ucraina au avut efecte negative asupra transportului de marfă, dar industria continuă să prospere chiar și în vremuri dificile. Cele mai populare mărfuri sunt alimentele, furajele, produsele agricole și forestiere, mineralele, fierul, oțelul și metalele neferoase.

În total, între 2010 și 2020 au fost transportate 9 187 079 mii de tone. În ceea ce privește zonele de transport, Țările de Jos au gestionat cea mai mare parte din numărul total de tone de marfă, 43%, urmată de Germania, cu o diferență de 1 528 981 mii de tone, și de Belgia, cu o diferență de 1 967 000 mii de tone.

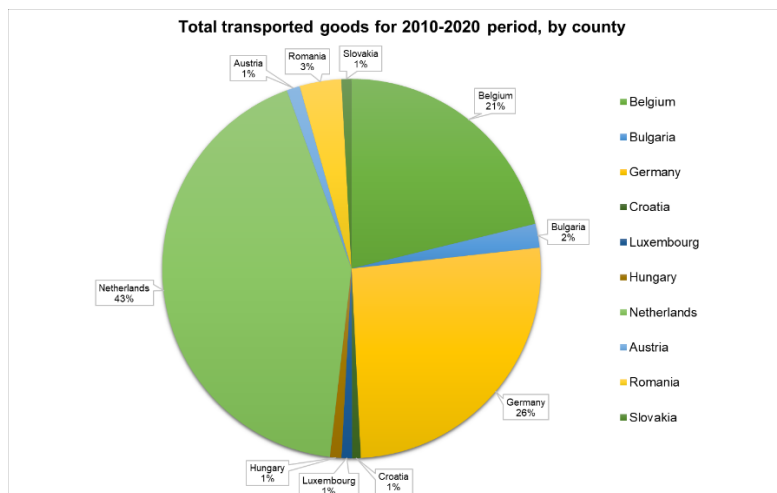


Figura 1.22 Totalul mărfurilor manipulate pe zone

În ceea ce privește tipurile de nave utilizate pe Canalul Rin-Main-Dunăre, au fost analizate barjele autopropulsate, barjele nepropulsate, tancurile autopropulsate și tancurile nepropulsate. Din totalul de 8 983 955 de nave, 51,84% erau șlepuri, 26,23% erau tancuri autopropulsate, 21,13% erau barje nepropulsate și 0,8% erau tancuri nepropulsate. Țările de Jos rămân pe primul loc pentru toate cele patru tipuri de nave, iar Germania și Belgia rămân în top 3, pentru toate tipurile de nave, cu excepția barjelor fără autopropulsie, unde România ocupă locul 3, depășind Belgia cu 68 138 de nave. Minereurile metalice și alte produse miniere au fost cele mai transportate mărfuri, urmate de cocs și produse petroliere rafinate.

1.15 Concluzii

Sectorul maritim al mărilor europene este de o importanță majoră pentru economia țărilor pe care le traversează, având o tradiție care datează din cele mai vechi timpuri. Acest sector este corelat cu navigația interioară, care reprezintă o metodă la fel de avantajoasă pentru transportul de mărfuri.

Aceste două tipuri de transport evoluează în mod constant, ca o reflexie a cererii tot mai mari a pieței, dar și datorită numeroaselor avantaje pe care le oferă și a prețurilor accesibile ale serviciilor.

În acest capitol, fiecare dintre mările Europei și cele două căi navigabile interioare principale, Canalul Dunăre-Marea Neagră și Canalul Rin-Dunăre-Main, au fost trecute în studiate din punct de vedere al traficului maritim. De asemenea, au fost prezentate particularitățile fiecărei zone.

Cele mai importante mări pentru transportul maritim sunt Marea Mediterană, care leagă Europa, Asia și Africa, Marea Nordului, unde se află cele mai importante porturi europene pentru transportul de mărfuri, și Marea Neagră, care se află între Asia și Europa.

Infrastructura și flota portuară trebuie să fie îmbunătățite pentru a extinde traficul de mărfuri pe Canalul Rin-Main-Dunăre, care include Canalul Dunăre-Marea Neagră. Canalul Rin-Main-Dunăre, o importantă rută de transport de mărfuri care leagă Marea Nordului de Marea Neagră, are cele mai mari șanse de a continua să joace un rol important în transportul european, având în vedere numărul de orașe pe care le traversează.

În concluzie, traficul maritim în zonele studiate este în creștere și, deși este cel mai lent mod de transport, transportul maritim are o serie de caracteristici care îl fac să fie cel mai utilizat mod de transport.

Studiile prezentate în acest capitol reprezintă o versiune extinsă și actualizată a articolelor publicate inițial:

1. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2021. The Characteristics of the North Sea and its Importance for Maritime Transport, *AUDOE*, Vol. 17, No. 6/2021, pp. 224-229, ISSN: 2065-0175, <https://dj.univ-danubius.ro/index.php/AUDOE/article/view/1481>
2. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2021. Statistical and Economic Analysis of the Rhine-Main-Danube Canal, the Bridge Between the North Sea and the Black Sea, *Journal of Danubian Studies and Research*, Vol. 11, No. 1/2021, pp. 184-191, ISSN 2284-5224, <https://dj.univ-danubius.ro/index.php/JDSR/article/view/1288/1491>.
3. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2021. Study on Navigation Conditions and Shipping Traffic on the Danube in the Period 2010-2020, *Journal of Danubian Studies and Research*, Vol. 11, No. 1/2021, pp. 192-201, ISSN 2284-5224, <https://dj.univ-danubius.ro/index.php/JDSR/article/view/1301/1490>
4. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2021. The Economic Importance of Navigation Along the Danube-Black Sea Channel, presented at XXth International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying, Geology and Mining, Ecology, and Management – SGEM 2021, 14-22 August, Albena, Bulgaria, Volume 21, 3.1, pages 297-306. <https://doi.org/10.5593/sgem2021/3.1/s12.45> (indexat Scopus)
5. Vazdoaga, I., **Chirosca**, A., Rusu, L., Popa, V. -I., 2020. Extreme phenomena on Danube hydrodynamics and the influence on the navigation conditions, 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020, 18 - 24 August 2020, Vol. 20, 123-130, ISBN:978-619-7603-08-8 <https://doi.org/10.5593/sgem2020/3.1/s12.016> (indexată Scopus)
6. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2020. Sea state characteristics and the maritime traffic in the European seas, 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, 18 - 24 August, Vol. 20, 1314-2704, ISBN:978-619-7603-08-8, <https://doi.org/10.5593/sgem2020/3.1/s15.111> (indexată Scopus)
7. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2019. Marine Traffic on Mediterranean Seas and its divisions, *Mechanical Testing and Diagnosis*, Volume 4, pp. 11-18, ISSN 2247 – 9635, 2019 (IX) <https://doi.org/10.35219/mtd.2019.4.02>

CAPITOLUL 2 – ANALIZA STATISTICĂ A NAVELOR ȘI A MĂRFURILOR TRANSPORTATE ÎN MĂRILE EUROPENE

2.1 Introducere

În zona maritimă europeană, transportul de mărfuri și de pasageri este un element-cheie al economiei, atât pe plan intern, cât și pe plan extern, cu alte continente. Zona cea mai dezvoltată pentru această industrie este reprezentată de porturi, care înregistrează creșteri ale volumului de mărfuri transportate și ale numărului de pasageri anual ([21] to [23]), cu mici excepții, atunci când există perioade mai dificile (criză economică [24], pandemie de coronavirus (COVID-19) [21], războiul dintre Rusia și Ucraina [25]), dar după care se remediază rapid.

Există multe porturi importante în Europa, care fac legătura nu numai cu alte mări, ci și cu alte râuri. Multe dintre rutele din aceste porturi fac legătura cu restul continentelor [26], cum ar fi Marea Nordului către America și Marea Mediterană către Asia.

O analiză statistică a densității traficului maritim, a tipurilor de nave și a problemelor cu care acestea se confruntă, pentru fiecare subdiviziune a mărilor europene, a fost studiată și prezentată în acest capitol pentru o perioadă de zece ani. Rezultatul analizei statistice, pe baza informațiilor furnizate de Eurostat [1], pentru fiecare categorie este prezentată în detaliu în următoarele subcapitole.

2.2 Mărfuri manipulate în toate porturile

Comerțul cu mărfuri este unul dintre cele mai exploatate sectoare maritime și, din acest motiv, "mega-nave" ([27], [28]) au fost construite pentru a transporta încărcături mai mari pe o singură rută. Între 2010 și 2019, au fost transportate în medie aproximativ 4,468,767 de mii de tone pe an, din care 59% reprezintă comerțul intern în Europa, iar restul de 41% reprezintă comerțul cu restul lumii. Figura 2.1, prezentată mai jos, arată că cel mai mare număr de mii de tone a fost înregistrat în Țările de Jos, cu 12,91%, urmată de Regatul Unit, cu 11,12%, Italia, cu 10,69%, Spania, cu 9,86%, și Turcia, cu 9,10%.

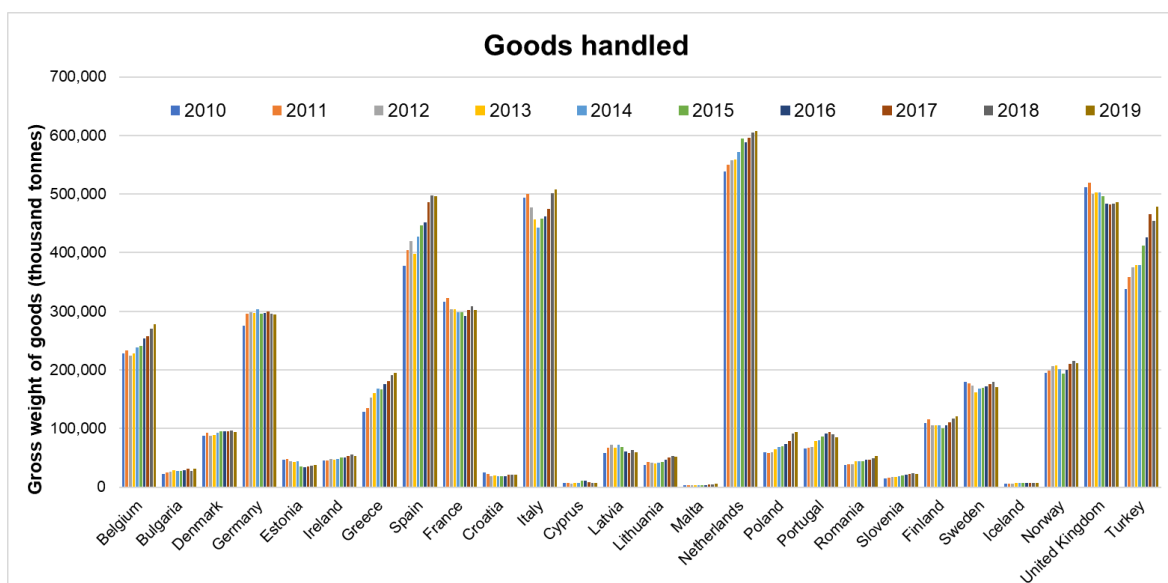


Figura 2.1 Mărfuri manipulate în toate țările, pe ani

2.3 Tipuri de mărfuri în funcție de modul de transportare

Toate tipurile de mărfuri sunt transportate în Europa, dar principalele tipuri pot fi împărțite în următoarele categorii: mărfuri lichide în vrac, mărfuri uscate în vrac, containere. Din totalul mărfurilor transportate, 37,8% au fost mărfuri lichide în vrac, 25% mărfuri uscate în vrac, 20,4% containere mari, iar celelalte tipuri au avut valori mult mai mici, reprezentând nu mai mult de 6% din total. Principalele categorii, în funcție de procente înregistrate de fiecare țară, sunt enumerate în Figura 2.2.

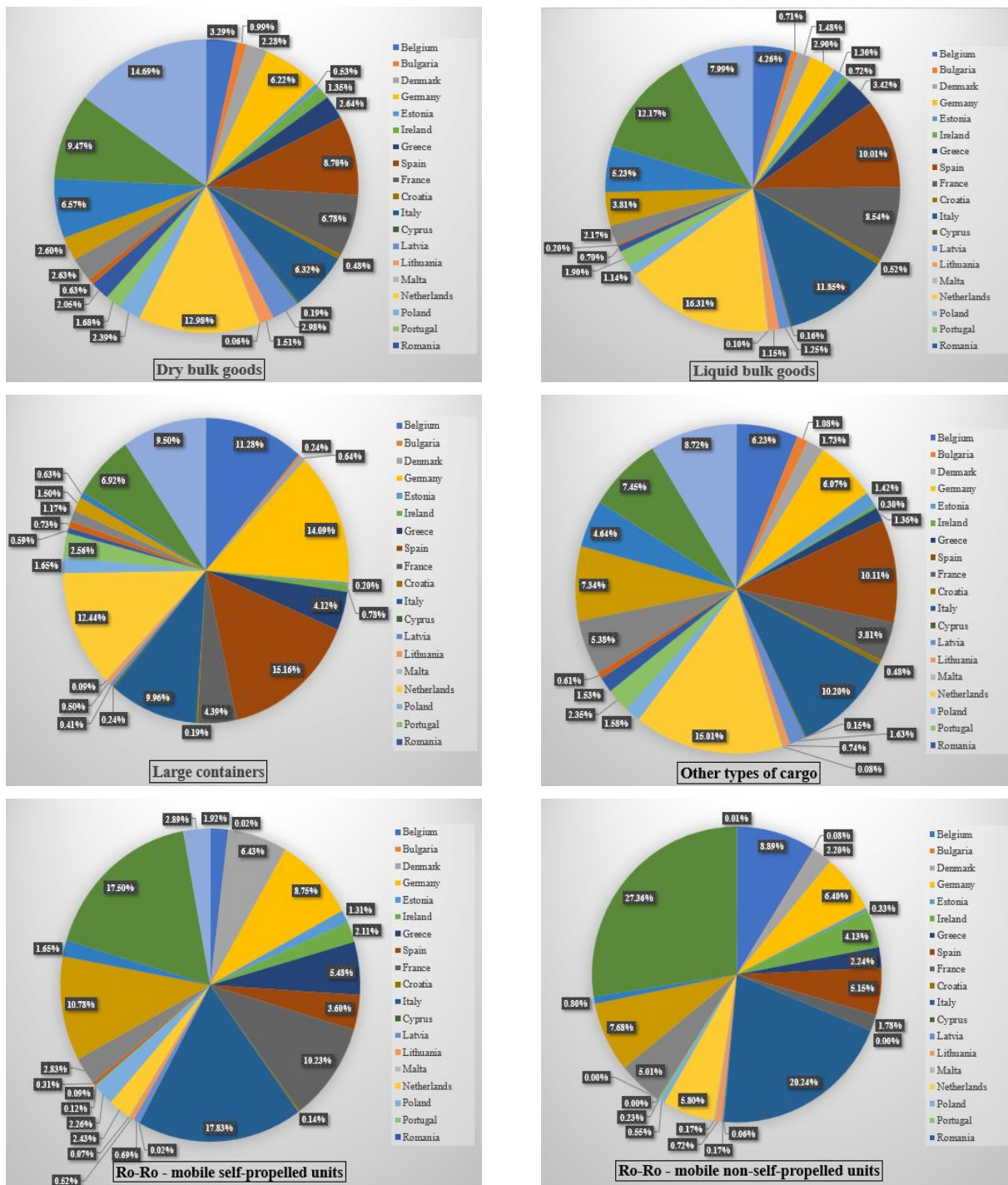


Figura 2.2 Principalele tipuri de mărfuri

2.4 Tipuri de bunuri în funcție de proveniența lor

Modalitatea de transport și natura produselor transportate sunt strâns legate între ele. În prezent, datorită multitudinii de tipuri de nave, se poate transporta orice tip de marfă, de la gaze naturale, petrol, minerale, metale, textile, mașini și unelte, până la alimente, animale vii și alte categorii [29]. Categoriile de mărfuri care au fost transportate cel mai des în perioada de referință sunt prezentate în Figura 2.3

Pe parcursul celor 10 ani, au fost transportate 2,129,884 de mii de tone de produse agricole, forestiere și similare. Spania controlează 20,6% din acest tip de mărfuri, urmată de Germania și Olanda, ambele cu 10%. Produsele alimentare au fost transportate cu 20% mai puțin decât cele agricole, Spania fiind în continuare pe primul loc, dar de data aceasta cu un procent mai mare, 36,7%, urmată de Olanda cu 19% și Germania cu 11,5%. Același top 3 țări se înregistrează și pentru lemn și produse din lemn, cu excepția mobilei.

Cele mai multe bunuri, cu un total de 8.594.094, sunt cărbunele, petrolul brut și gazele naturale. După acestea se află cocsul și produsele petroliere rafinate, cu 7,598,248 mii tone înregistrate.

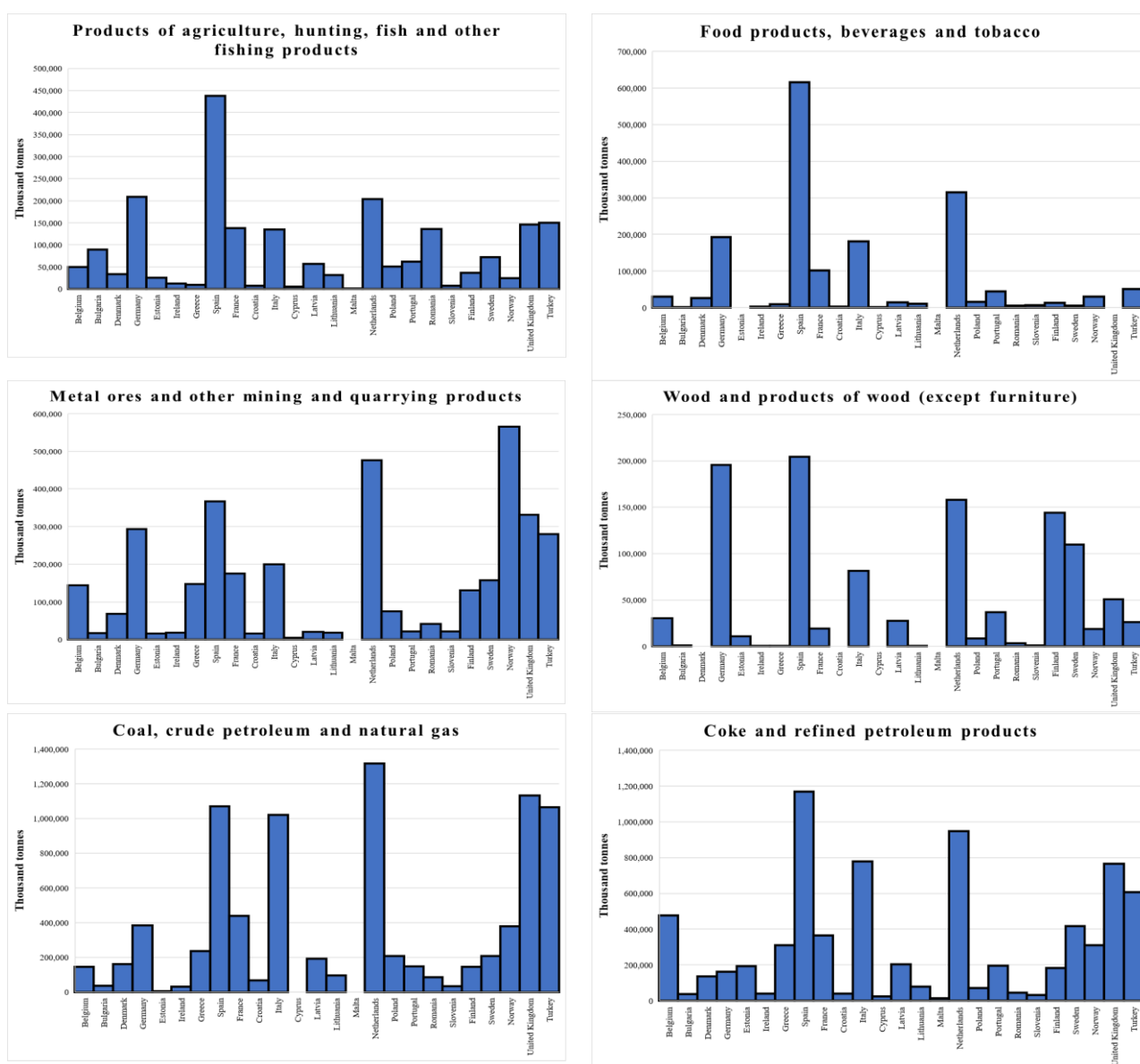


Figura 2.3 Principalele tipuri de bunuri

2.5 Tipuri de nave

Atâta timp cât în Europa se transportă o gamă atât de diversă de mărfuri, există tipuri de nave dedicate pentru fiecare pentru a le transporta, cum ar fi navele de mărfuri generale, navele pentru transportul de lichide în vrac, navele pentru transportul de mărfuri uscate în vrac, portcontainere, barjele, remorcherile și împingătoarele. Alte categorii de nave sunt navele de pasageri, navele de croazieră și iahturile. Există, de asemenea, nave utilizate pentru activități maritime, cum ar fi navele de cercetare, navele offshore, navele de pescuit și alte nave similare.

Figura 2.4 prezintă procentele pentru navele pe tipuri de nave pentru perioada de referință. Navele de mărfuri generale domină industria europeană de transport maritim, reprezentând 15,893,542 din cele 23,321,274 de nave întâlnite în perioada 2010-2019. Grecia, Italia și Danemarca domină acest sector în proporții similare.

A doua cea mai populară categorie de nave pentru zona europeană este cea a navelor de pasageri, din care fac parte și navele de croazieră. Nu mai puțin de 3.558.045 de nave au navigat în această perioadă, cele mai multe dintre ele în Croația, Grecia și Spania. Numărul navelor de croazieră crește de la an la an și devine o modalitate preferată de a te relaxa și de a explora cât mai multe destinații într-un timp cât mai scurt, Italia, Grecia și Spania fiind cele mai frecvente destinații.

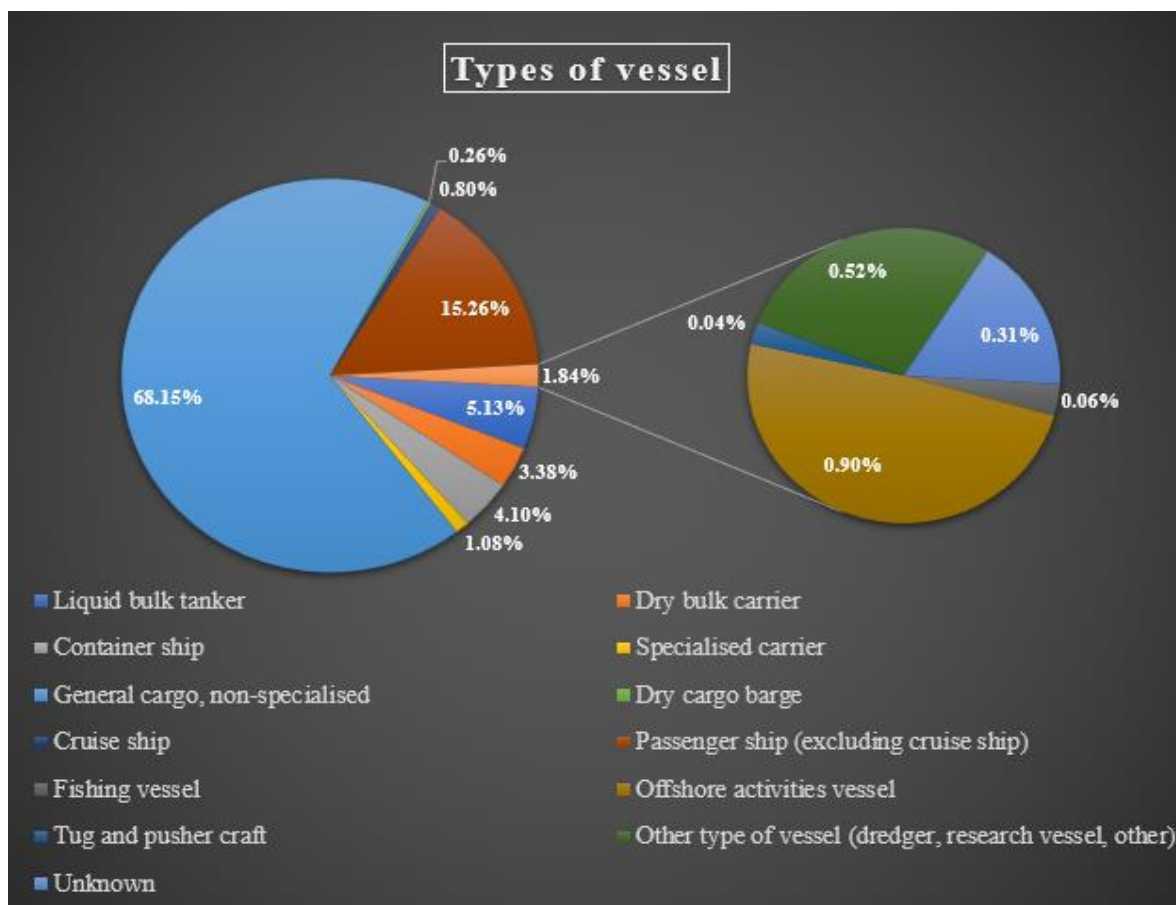


Figura 2.4 Tipuri de nave

Celelalte tipuri de nave de marfă reprezintă 13,95% din numărul total de nave întâlnite. Spania este o zonă importantă pentru navele de transport de mărfuri lichide și containerizate și ocupă locul trei în ceea ce privește mărfurile uscate.

2.6 Volumul în TEU

Transportul containerizat de mărfuri s-a dezvoltat odată cu globalizarea [30] și este din ce în ce mai popular datorită cantităților mari de mărfuri care pot fi transportate într-o singură călătorie, precum și datorită diversității categoriilor de mărfuri care pot fi transportate în acest mod.

Pentru a ilustra tendința de creștere a transportului containerizat de mărfuri, numărul de containere manipulate anual (Figura 2.5) a fost trasat. Cele mai mari evoluții se înregistrează în Spania, Grecia și Turcia.

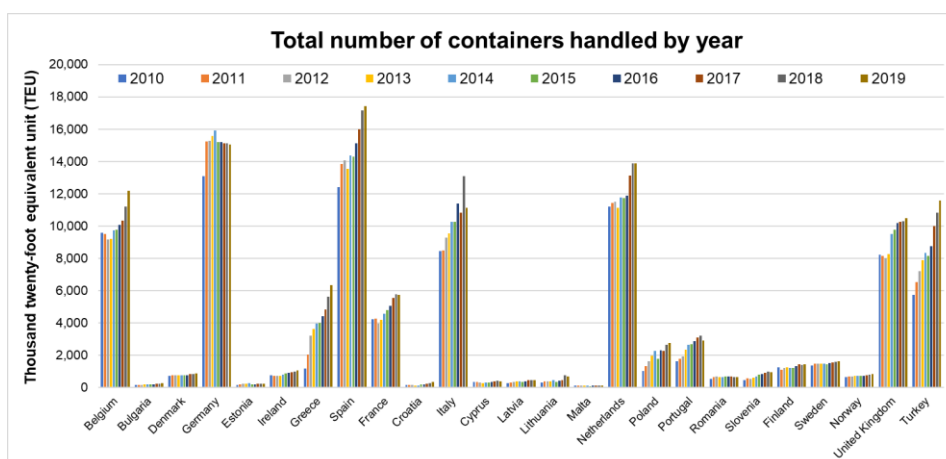


Figura 2.5 Numărul total de containere manipulate anual

2.7 Nave de pasageri

Navele de pasageri sunt împărțite în două grupe principale: pasageri de feribot și pasageri de croazieră. Creșterea economică ([24], [31]) precum și posibilitatea de a călători mai ușor, sporesc dorința oamenilor de a vizita cât mai multe destinații în vacanță, alegând navele de croazieră ca opțiune pentru concedii.

Densitatea pasagerilor care s-au îmbarcat și au debarcat în toate porturile în decursul celor zece ani este ilustrată în Figura 2.6. Din totalul de 4,199,289 de mii de pasageri, cel mai mare număr a fost înregistrat în Italia, Grecia și Danemarca. Germania și Suedia se situează pe locul patru, aproape 300,000 de mii de pasageri.

Passengers embarked and disembarked in all ports

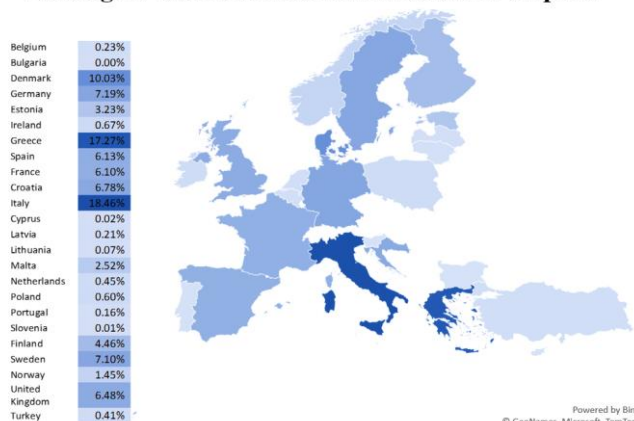


Figura 2.6 Pagerii îmbarcați și debarcați în toate porturile

2.8 Top 20 Porturi

Chiar dacă clasamentul porturilor se poate schimba de la un an la altul, primele poziții rămân constante, indiferent de fluctuațiile economice, dar cu schimbări minore între poziții. Pe baza informațiilor generate pentru perioada 2010-2019, a fost întocmită o listă a primelor 20 de porturi din Europa, prezentată în Figura 2.7, în funcție de numărul total de mii de tone de mărfuri înregistrate. În primele 20 de porturi luate în considerare, au fost tranzitate 16,919,482 de mărfuri, dintre care cele mai multe au fost în Rotterdam, Anvers, Hamburg și Amsterdam.

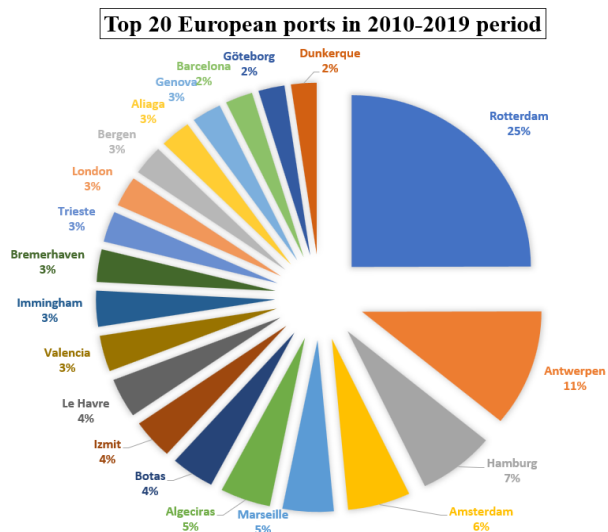


Figura 2.7 Topul porturilor în perioada 2010-2019

2.9 Accidente maritime

Pe baza datelor furnizate de Eurostat [1], a fost realizată o analiză a accidentelor maritime pentru perioada 2010-2019, în funcție de zona în care s-au produs acestea (Figura 2.8).

Din totalul de aproximativ 3 400 de persoane implicate în accidente, 23% au avut loc în Marea Mediterană și 16% în Oceanul Atlantic, considerate cele mai periculoase zone de navigație din cauza condițiilor meteorologice imprevizibile. În total, 3,047 de persoane au fost rănite și 317 și-au pierdut viața în perioada studiată.

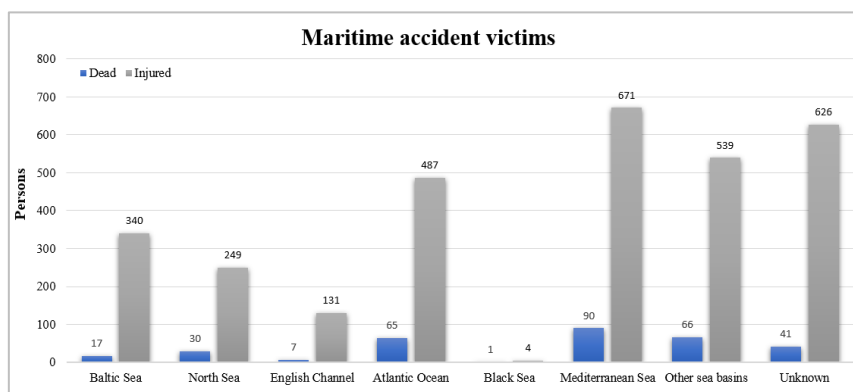


Figura 2.8 Victimele accidentelor maritime în funcție de zonă

2.10 Concluzii

În acest capitol au fost efectuate o serie de analize statistice pentru perioada 2010-2019, pe baza informațiilor extrase din baza de date Eurostat [1] privind mărfurile manipulate în toate porturile, tipurile de mărfuri, tipurile de nave, volumul în TEU și navele de pasageri. Pe baza acestora, au fost identificate primele 20 de porturi pentru fiecare categorie. De asemenea, a fost realizat un studiu privind accidentele maritime, atât în ceea ce privește zona cât și tipul de nave, care au avut loc în această perioadă.

În toate porturile din Europa, în perioada analizată, s-au înregistrat mii de tone de marfă, iar principalele țări care conduc acest sector sunt Țările de Jos, Regatul Unit, Turcia, Spania, Italia și Franța. Distribuția anuală a volumului de mărfuri este uniformă, fiecare țară menținându-și numărul de mărfuri, cu mici variații. Tipurile de mărfuri care au fost analizate sunt mărfuri lichide în vrac, mărfuri uscate în vrac, portcontainer, alte tipuri de mărfuri și unități mobile. Cele mai multe mărfuri lichide au fost tranzitate de Țările de Jos, iar această categorie a fost cea mai populară pe parcursul perioadei de zece ani. A doua cea mai populară categorie este cea a mărfurilor uscate, iar această piață a fost dominată de Turcia. Categoria portcontainerelor este ocupată de Spania, iar în categoria unităților mobile Ro-Ro, Regatul Unit este lider.

Tipurile de nave care au transportat în condiții de siguranță încărcăturile sunt nave de marfă generală, precum și o serie de nave cu încărcături specifice. Deși navele de mărfuri generale au dominat tipurile de nave întâlnite cu 68%, navele de pasageri s-au clasat pe locul al doilea, cu 16%. Alte 2% din numărul total de nave care au tranzitat apele europene în perioada studiată au fost nave de pescuit, nave de cercetare, nave offshore și alte tipuri de nave care contribuie la gestionarea traficului maritim. Cel mai mare număr de pasageri care au călătorit în Europa a fost înregistrat în Italia și Grecia. O contribuție importantă la numărul total de pasageri este influențată de pasagerii de croazieră, în special în Italia și Grecia.

Manipularea mărfurilor în containere este o metodă care devine din ce în ce mai populară datorită condițiilor de siguranță în care sunt transportate mărfurile, a prețului scăzut, a diversității produselor care pot fi transportate în containere și a cantităților mari care pot fi transportate. Portcontainerele au fost supuse unui proces de optimizare pentru a-și îmbunătăți caracteristicile, pentru a reduce consumul de combustibil și, astfel, pentru a reduce poluarea. Cel mai mare volum de marfă pentru această categorie a fost înregistrat în Spania, Germania și Țările de Jos. Lideranța este deținută de portul Rotterdam (cu mărfurile lichide și uscate în vrac, containerele mari și volumele de containere), Dunkerque (cu unitățile mobile Ro-Ro - autopropulsate), Immingham (cu unitățile mobile Ro-Ro - nepropulsate) și Dover (cu număr pasageri îmbarcați și debarcați).

Accidentele de transport maritim pot cauza pierderi în ceea ce privește încărcătura, viețile umane și chiar întregul flux comercial din cauza întârzierilor. Marea Mediterană este una dintre zonele cele mai predispuse la accidente din Europa, dar, din fericire, în majoritatea incidentelor din perioada de raportare, doar 10% din numărul total de persoane rănite au murit. Navele de pescuit, navele de marfă și navele de pasageri au fost principalele categorii implicate în astfel de evenimente. Creșterea densității traficului maritim a pus presiune asupra industriei transporturilor, în special asupra zonelor portuare, care trebuie modernizate în ceea ce privește spațiul pentru a manipula mai ușor mărfurile, echipamentele care trebuie să fie legate de dezvoltarea tehnologiei și formarea personalului implicat în aceste operațiuni.

Studiile prezentate în acest capitol reprezintă o versiune extinsă și actualizată a articolelor publicate inițial:

1. **Chiroșcă Ana-Maria**, Liliana Rusu, 2021. Statistical analysis of the types of ships, maritime accidents and casualties in European Waters for the last decade, submitted at SWS Journal of Earth & Planetary Sciences (EPS), acceptată pentru publicare.
2. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2020. Statistical analysis of the types of ships that have crossed the European ports in the last decade. 20th SGEM International Scientific Conferences on Earth & Planetary Sciences, Extended Scientific Sessions „GREEN SCIENCE FOR GREEN LIFE” SGEM Vienna GREEN 8-11 December 2020, Vol. 20, 249-256, ISBN 978-619-7603-17-0. <https://doi.org/10.5593/sgem2020V/1.3/s02.31> (indexată Scopus)

CAPITOLUL 3 – CARACTERISTICILE CLIMATICE ALE VÂNTULUI ȘI VALURILOR ÎN TOATE MĂRILE EUROPENE

3.1 Introducere

Transportul maritim este afectat în mod direct de condițiile meteorologice, adesea într-un mod negativ. Din acest motiv, este necesar un studiu al parametrilor vântului și valurilor pentru a asigura un transport fără probleme, pentru a pregăti echipajele navelor și pentru a evita evenimentele nefericite cât mai des posibil.

Investigarea efectelor schimbărilor climatice asupra condițiilor de vânt și valuri este o tendință actuală atât în ceea ce privește simulările pentru trecut ([32] to [34]), pentru a identifica modelul acestor parametri, dar și pentru viitorul apropiat ([35] to [40]). Fiecare mare din Europa are caracteristicile sale speciale. Marea Caspică are caracteristicile unei mări, dar și ale unui lac. Din cauza condițiilor meteorologice și a vânturilor puternice, nivelul mării poate crește de trei ori mai mult. Marea și schimbările sezoniere nu afectează intensitatea acestor parametri.

Condițiile climatice au, de asemenea, un impact major asupra navigației interioare în Europa, în special pe Canalul Dunăre-Marea Neagră ([15], [16]) și Canalul Rin-Main-Dunăre [20] din cauza mai multor factori. Deși au fost proiectate pentru a fi cât mai ușor și mai sigur de navigat și sunt mai sigure decât navigația maritimă, din cauza condițiilor climatice pot apărea probleme legate de adâncimea apei, unele curbe și traversări devin periculoase de traversat, iar marea sau contracurenții pot afecta manevrabilitatea navelor.

Pe baza densității traficului maritim prezentate în capitolele 1 și 2, precum și a hărților interactive de observare a navelor bazate pe informațiile furnizate de "Organizația Meteorologică Mondială" (OMM) [41], și date privind rutele de transport maritim la nivel mondial din platforma ArcGIS [42], cele mai populare rute din Europa au fost identificate și prezentate în Figura 3.1. Detaliile acestor rute sunt prezentate în Tabel 3.1.

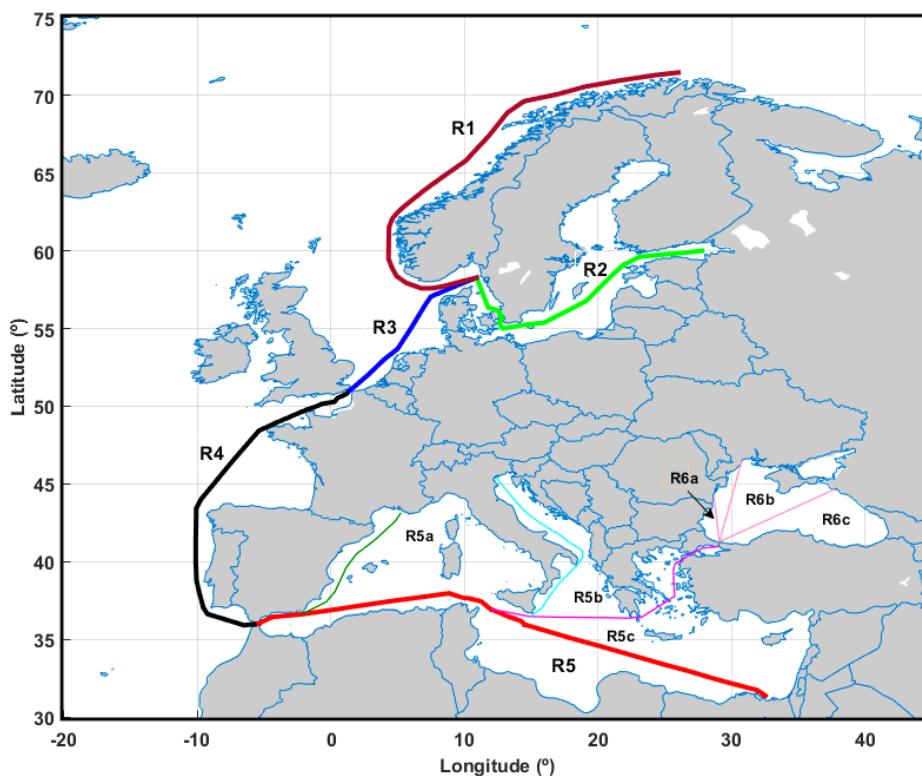


Figura 3.1 Principalele rute europene [32]

Tabel 3.1 Rute europene [32]

Rute		Lungime (mile)	Mări traversate
Rute principale	R1	1280	Marea Norvegiei
	R2	814	Marea Baltică
	R3	585	Marea Nordului; nordul Canalului Mânecii
	R4	1266	Canalul Mânecii; Golful Biscaia; Oceanul Atlantic de Nord
	R5	1911	Marea Mediterană
Rute secundare	R5a	487	Marea Mediterană de Vest; Golful Lion
	R5b	710	Marea Ionică; Marea Adriatică
	R5c	985	Canalul Sicilian; Marea Ionică; Marea Creta; Marea Egee; Marea Marmara
	R6a	178	Vestul Mării Negre
	R6b	323	Vestul Mării Negre
	R6c	495	Marea Neagră

Au fost identificate șase rute principale, iar două dintre acestea au fost împărțite în trei rute secundare. În Figura 3.1, rutele principale sunt reprezentate cu linii mai groase, iar rutele secundare cu linii mai subțiri.

3.2 Date utilizate în analiza climatică

Pentru acest studiu, au fost utilizate cele mai recente date de la Centrul European pentru prognoze meteorologice pe termen mediu (ECMWF). ECMWF [43] supervizează producerea de prognoze meteorologice, menținerea unei arhive de date și îmbunătățirea capacităților de prognoză. Acesta gestionează "Copernicus Atmospheric Monitoring Service (CAMS)" și "Copernicus Climate Change Service (C3S)".

În acest capitol, datele utilizate pentru climatul vântului și al valurilor pentru perioada 2001-2020 au fost extrase din cea de-a cincea generație ERA5 [44] furnizată de Copernicus Climate Change Service (C3S). Acestea reprezintă noua generație de baze de date de reanaliză pentru climat și vremea globală, cu o rezoluție îmbunătățită în comparație cu generația anterioară, ERA-Interim [45], precum și o mai bună coerență a temperaturii la suprafața mării și a gheții marine, o mai bună reprezentare a ciclonilor tropicali și multe altele.

Din cele șase rute maritime stabilite, au fost alese șase zone pentru studierea condițiilor climatice, prezentate în Tabel 3.2. Limitele au fost evidențiate pentru trei dintre zonele ale căror bazine nu sunt clar definite pe hartă (Marea Norvegiei, Marea Nordului și zona formată din Canalul Mânecii și Marea Celtică). Celelalte trei zone sunt zone mari și semi-închise, și anume Marea Neagră, Marea Mediterană și Marea Baltică.

Tabel 3.2 Zonele geografice investigate [32]

Zona	Coordonate	Suprafața [km ²]	Adâncimea medie [m]	Adâncimea maximă [m]
Marea Neagră	27°E – 42°E / 41°N – 47°N	436,402	1253	2212
Marea Mediterană	5°W – 35°E / 30°N – 40°N	2,500,000	1500	5267
Canalul Mânecii	15°W – 10°E / 45°N – 51° N,	375,000	63	174
Marea Nordului	5°W – 10°E / 51°N – 60°N,	570,000	95	700
Marea Baltică	12°E – 32°E / 53°N – 65°N,	377,000	55	459
Marea Norvegiei	10°W – 25°E / 60.5°N – 74°N	1,380,000	200	3970

Pentru două dintre mărele studiate, a fost realizată, de asemenea, o estimare a proiecției viitoare a condițiilor de stare a mării. În Marea Neagră, această analiză a fost efectuată pentru a observa influența schimbărilor climatice printr-o comparație între condițiile climatice ale vântului și valurilor între 2001-2020 și viitorul apropiat.

Având în vedere că exploatarea energiei eoliene este una dintre tendințele actuale, iar dezvoltarea parcurilor eoliene este o prioritate în Europa [46], Marea Nordului și Marea Mediterană au fost analizate din această perspectivă. În cazul Mării Nordului, a fost realizat un studiu privind parcurile eoliene și statusul acestora, precum și abordarea societăților de clasificare în privința lor, în timp ce Marea Mediterană a fost studiată folosind datele vântului simulate în scenariul RCP4.5 (calea reprezentativă a concentrațiilor) de către un model climatic regional, ca și în cazul Mării Negre.

Setul de date utilizat pentru proiecția pentru viitorul apropiat este furnizat de SMHI ("Institutul suedez de meteorologie și hidrologie") în cadrul experimentului EURO-CORDEX ("European Domain-Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment") [47] și a fost simulat în cadrul scenariului RCP45 [48].

3.3 Analiza climatului de vânt

Viteza vântului pentru perioada 2001-2020 a fost calculată folosind componenta estică (u [m/s]) și componenta nordică (v [m/s]) a vântului la 10 m înălțime deasupra nivelului mării, furnizate de baza de date ERA5 [43].

Pentru început, a fost efectuată o analiză a valorilor medii ale vitezei vântului pentru Europa, după cum se poate vedea în Figura 3.2, unde poziția maximă a fost marcată cu un cerc negru. În perioada 2001-2020, valoarea medie maximă se găsește spre Oceanul Atlantic și are o valoare de 9,8 m/s. Dintre toate mărele europene, cele mai mari valori medii au fost înregistrate în Marea Nordului, în Canalul Mânecii și în Marea Norvegiei. Datorită valorilor vântului, precum și a apelor puțin adânci, industria platformelor eoliene din Marea Nordului [49] este bine stabilită și este cea mai dezvoltată mare din Europa în acest domeniu. O altă mare în care găsim, de asemenea, valori ridicate ale vitezelor medii este Marea Norvegiei și, conform altor studii ([50], [51]), aceste valori vor continua să fie menținute.

O altă mare cu potențial eolian offshore, deși valorile medii întâlnite sunt mai mici, este Marea Neagră ([52] to [55]). Marea Mediterană are valori similare cu cele ale Mării Negre, dar există și zone precum Golful Lion și Marea Egee ([56], [57]), unde valorile medii sunt mai mari, ajungând la 8,5 m/s.

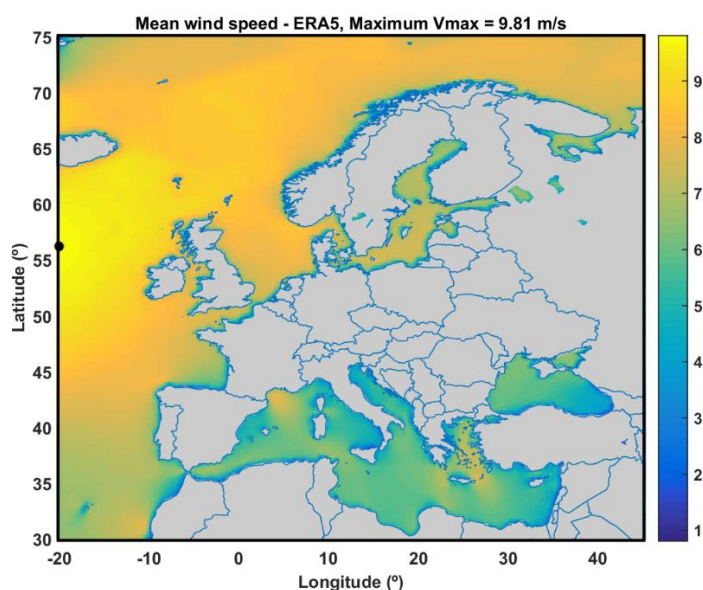


Figura 3.2 Viteza medie a vântului, 2001-2020 [32]

Pentru a observa modul în care viteza medie a vântului variază în funcție de anotimp, a fost efectuată o analiză în care lunile au fost împărțite după cum urmează: MAM (primăvara), JJA (vara), SON (toamna) și DJF (iarna).

De asemenea, a fost efectuată o analiză statistică a vitezei vântului pentru perioada 2001-2020 în Europa cu ajutorul unui algoritm realizat în Matlab în care au fost calculate următoarele percentile: 50 (indică mediana distribuției și este cunoscută sub numele de a doua cuartilă Q2), 75 (a treia cuartilă, Q3), 90 (indică valoarea sub care se găsesc 90% din date și peste care se găsesc doar 10%) și 95 (indică valoarea sub care se găsesc 95% din date și peste care se găsesc doar 5%). Acestea sunt prezentate în Figura 3.3 și ne ajută să putem analiza datele în procente și să oferim o imagine a valorilor extreme întâlnite în Europa.

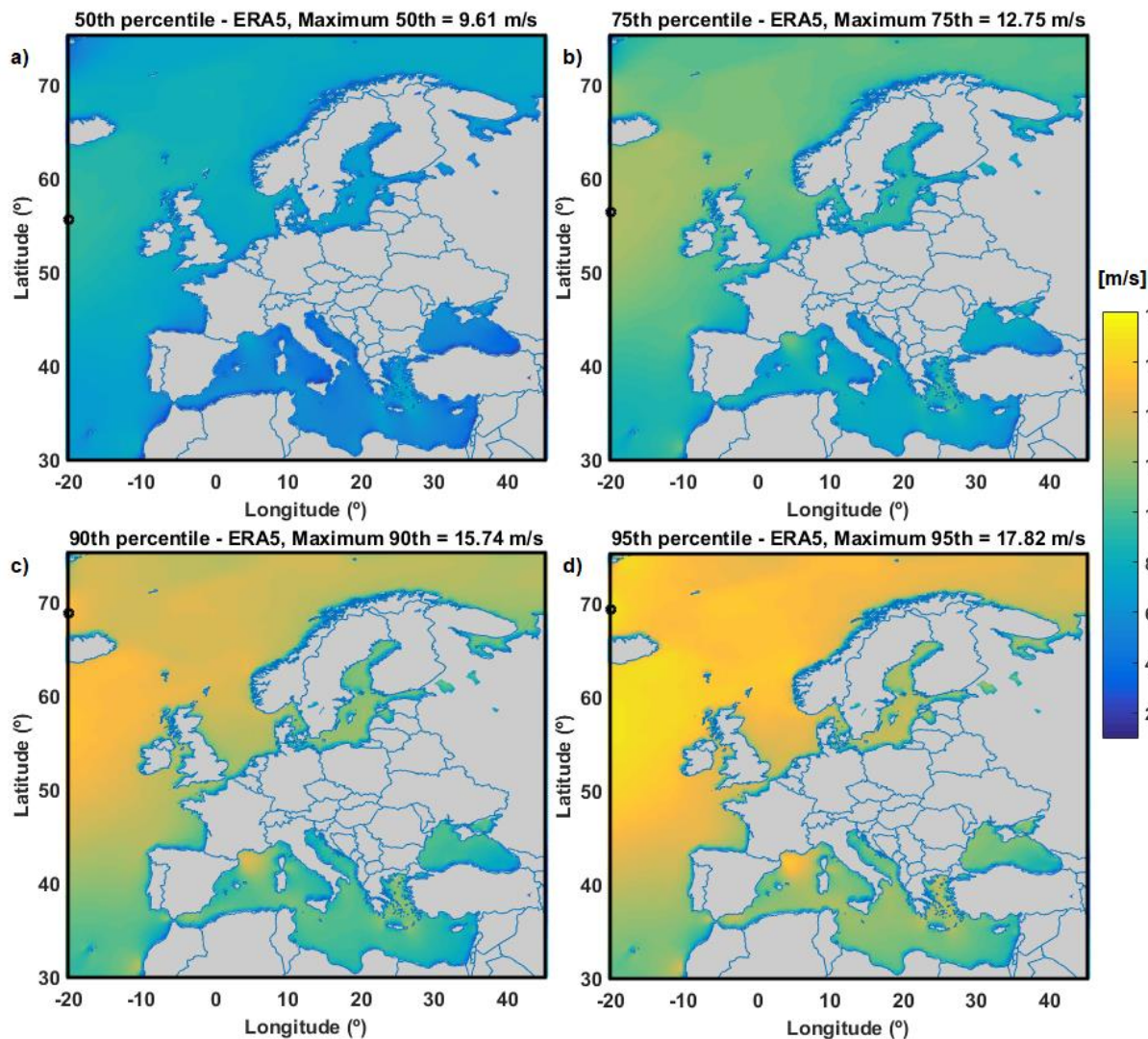


Figura 3.3 Investigație statistică privind viteza vântului: (a) percentila 50; (b) percentila 75; (c) percentila 90; (d) percentila 95 [32]

Percentilul 95 a fost, de asemenea, trasat pentru principalele rute din marea zonă europeană (Figura 3.4 și Tabel 3.3). Cele mai mari valori au fost găsite de-a lungul rutei norvegiene și a rutei mediteraneene de vest, în special în Golful Lion, unde au fost găsite valori de peste 15 m/s. Valori de 14,5 m/s au fost găsite, de asemenea, de-a lungul rutei definite în Marea Nordului, precum și de-a lungul rutei care traversează Canalul Mânecii și Oceanul Atlantic de Nord. Cele mai mici valori au fost găsite de-a lungul rutelor principale din Marea Neagră.

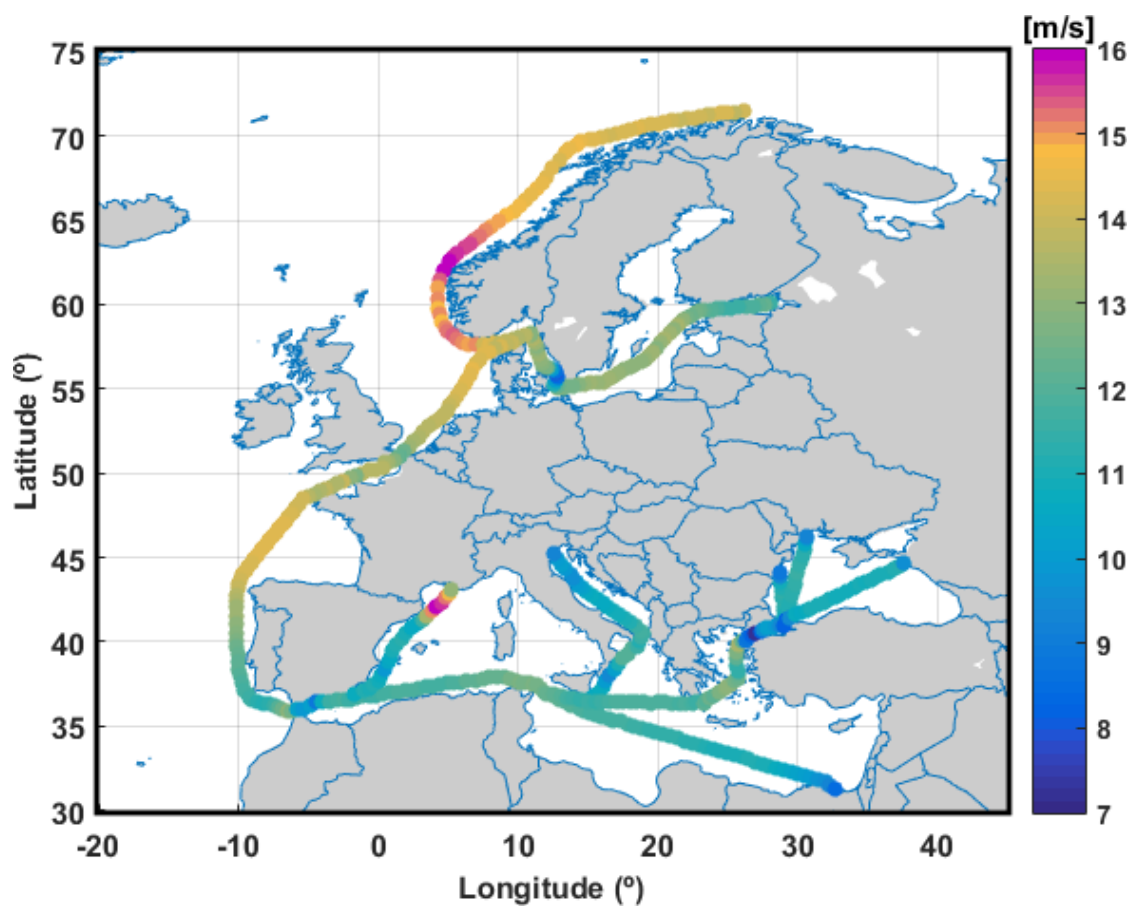


Figura 3.4 A 95-a percentilă a vitezei vântului de-a lungul rutelor maritime europene

Tabel 3.3 Viteza maximă a vântului având în vedere percentila 95 [32]

Rute		Viteza maximă a vântului, percentila 95 (m/s)
Rute principale	R1	15.98
	R2	13.59
	R3	14.51
	R4	14.43
	R5	12.75
Rute secundare	R5a	15.92
	R5b	11.93
	R5c	13.34
	R6a	11.39
	R6b	11.60
	R6c	11.32

3.4 Analiza climatului valurilor

Climatul valurilor a fost analizat pe baza a doi parametri importanți, înălțimea și perioada valurilor, care influențează în mod direct starea mării și modul în care operează navele. Astfel, au fost generate valori medii pentru acești doi parametri pentru toate zonele luate în considerare.

Din caracteristicile sezoniere ale percentilelor 95 se poate observa că valorile maxime medii ale înălțimii valurilor în timpul iernii sunt duble față de cele din timpul verii. Valorile medii din timpul primăverii și toamnei sunt mai echilibrate, cu valori predominant ridicate în septembrie, octombrie și noiembrie. O diferență poate fi observată în cazul Mării Nordului, unde diferența de la vară la iarnă este semnificativ mai mare.

Canalul Mânecii este descris ca fiind zona cu cele mai critice condiții climatice de valuri în timpul iernii, când se înregistrează valori de 3,15 metri pentru înălțimea medie maximă a valurilor și de 6,74 secunde pentru perioada medie maximă a valurilor.

Marea Neagră este cea mai calmă zonă din Europa, cu cele mai mici valori medii maxime, 0,72 metri pentru înălțimea valurilor și 3,28 secunde pentru perioada valurilor.

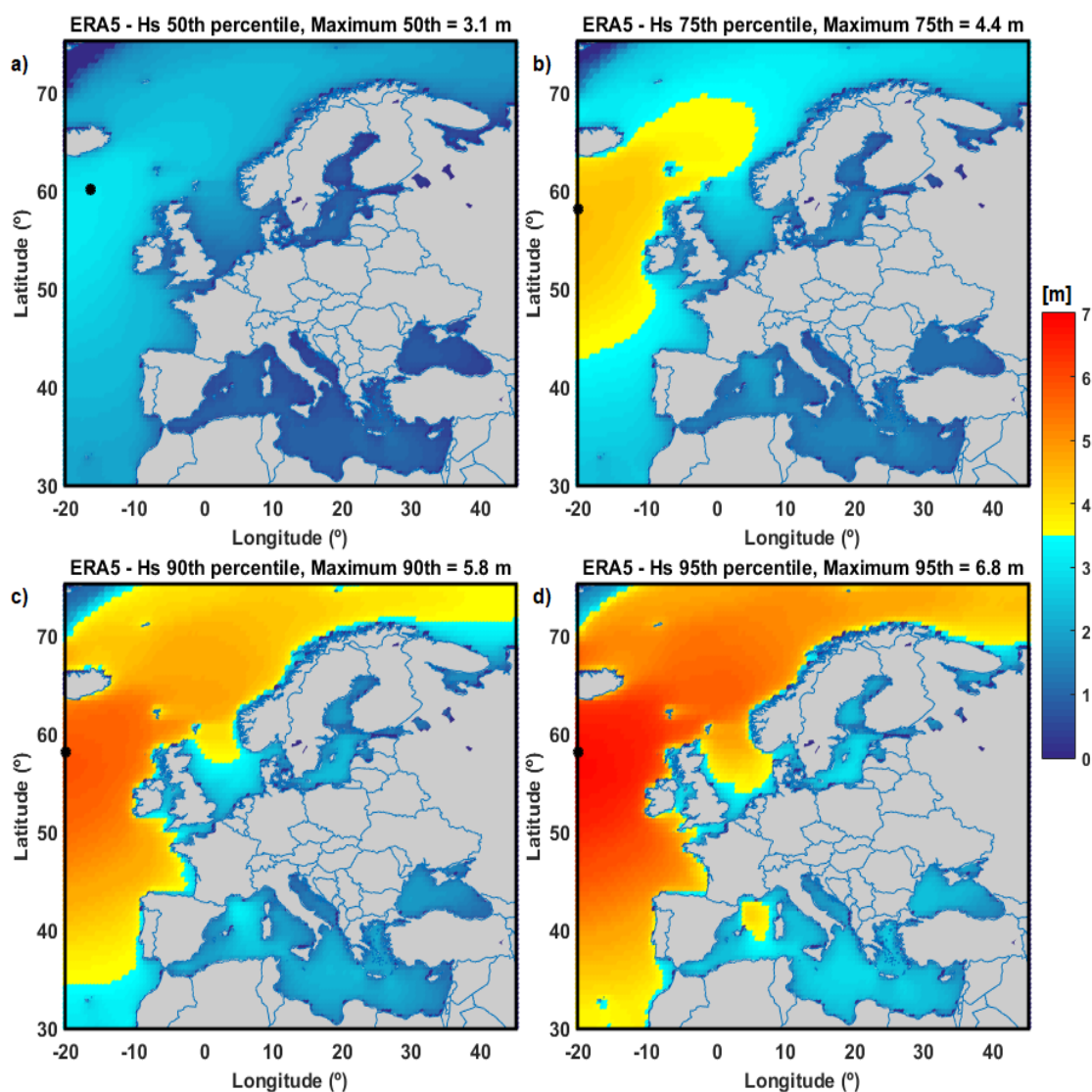


Figura 3.5 Înălțimea valului investigată statistic: (a) percentilul 50; (b) percentilul 75; (c) percentilul 90; (d) percentilul 95 [32]

3.5 Marea Nordului – Cercetări privind parcurile eoliene

3.5.1 Analiza climatică

Climatul din această zonă este temperat, cu precipitații în toate anotimpurile pe tot parcursul anului și cu marea de până la 6 metri în zona de coastă sudică, în timp ce în nord și în est, acestea sunt semnificativ mai mici. Analiza climei din zona Mării Nordului a fost realizată cu ajutorul datelor ERA5 [43], așa cum a fost detaliat la începutul acestui capitol și prezentat în Figura 3.6. Valorile maxime medii întâlnite sunt mai mari decât în alte regiuni ale Europei, iar pentru perioada studiată, viteza maximă medie a vântului este de 9,52 m/s, înălțimea semnificativă a valurilor este de aproximativ 3,4 m, iar perioada valurilor este de 6,85 s.

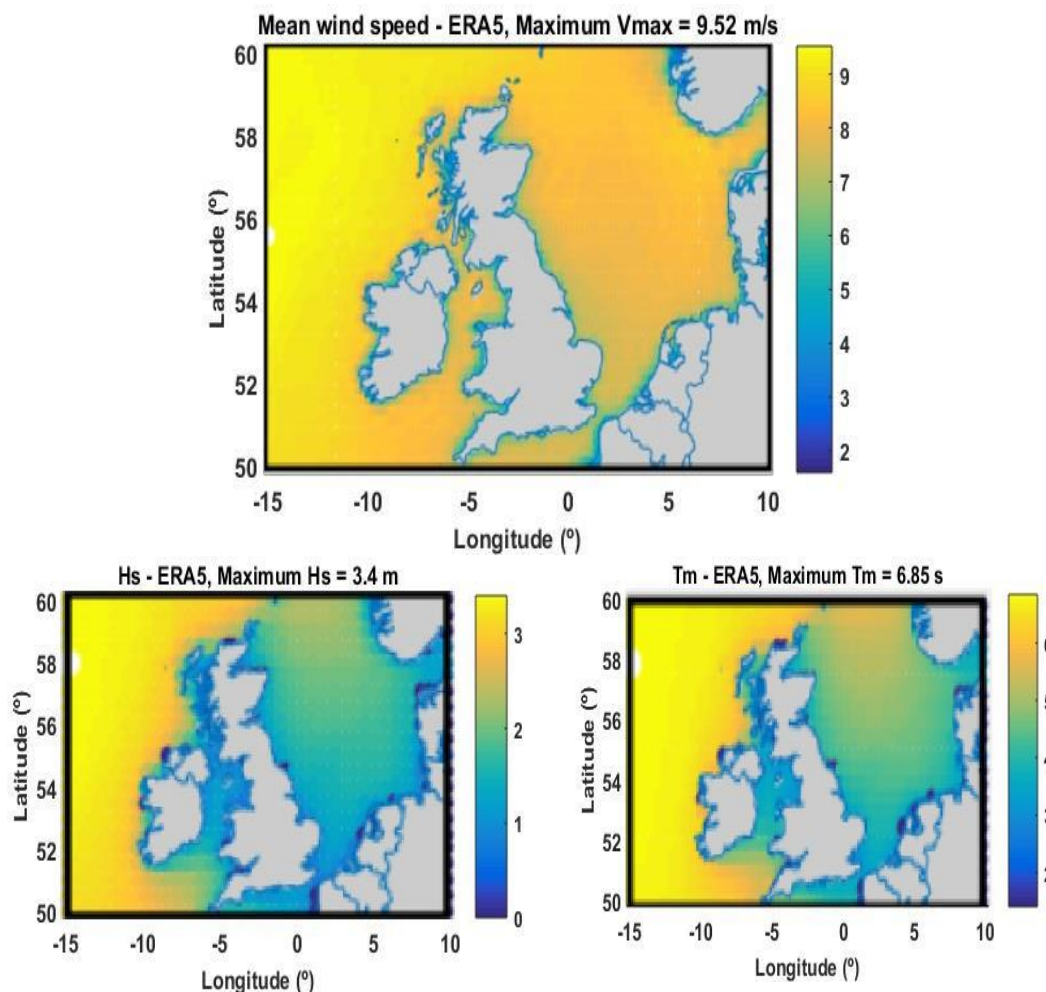


Figura 3.6 Analiza Mării Nordului în ceea ce privește climatul vânturilor și climatul valurilor pentru perioada 2001-2020 [58]

3.5.2 Parcuri eoliene

Conform hărții și bazei de date globale a parcurilor eoliene offshore [59], în zona Mării Nordului sunt instalate peste 41 de parcuri eoliene, cu aproximativ 2 600 de turbine și o capacitate de peste 100 000 MW. Se poate observa că domeniul offshore se extinde rapid, unde parcurile eoliene sunt prezentate în funcție de statusul lor (Figura 3.7): planificare, cerere depusă, autorizată, pre-construcție, în construcție, în curs de construcție, complet puse în funcțiune, dezafectate și zonă de dezvoltare.

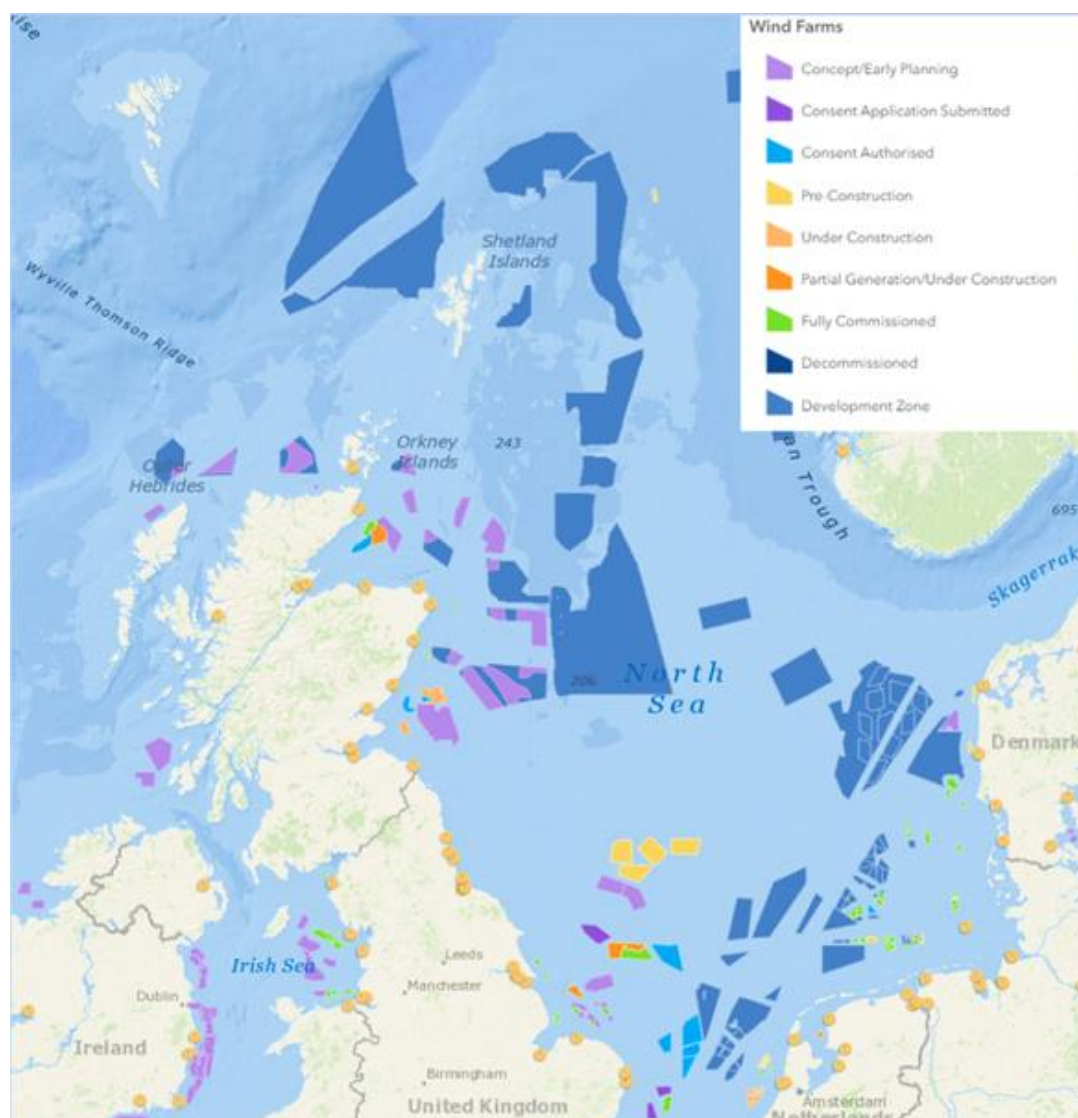


Figura 3.7 Parcuri eoliene

Pe baza parcurilor eoliene identificate, a fost realizată o clasificare în funcție de tipul de turbine. Aceasta demonstrează că mai mult de jumătate din toate turbinele instalate în această mare sunt modele Siemens, acestea fiind cele mai des utilizate. Urmează turbinele Vestas, care reprezintă peste 25% din totalul turbinelor.

3.6 Marea Mediterană – cercetări privind parcurile eoliene

3.6.1 Parcuri eoliene

baza datelor EMODnet [60], au fost identificate 36 de parcuri eoliene, care sunt reprezentate în Figura 3.8 în funcție de statutul acestora: aprobate, dezafectate, planificate, în producție, în construcție și în faza de testare. Dintre acestea, doar patru sunt în construcție, iar atunci când vor fi finalizate, cele 36 de parcuri eoliene vor produce aproximativ 8 000 MW [61].



Figura 3.8 Poziții ale parcurilor eoliene [61]

3.6.2 Climatul de vânt

Clima din zona de referință este o climă mediteraneană temperată, în care lunile de vară sunt calde, dar uscate, iar iernile sunt umede și blânde. [62]. Din cauza complexității bazinului Mării Mediterane, este necesar un studiu al climatului eolian, deși unele studii climatice susțin că variabilitatea acestui parametru nu va depăși 15% [63] pentru Europa în următorii ani.

Figura 3.9 prezintă valorile sezoniere medii analizate pentru perioada 2001-2020, utilizând datele ERA5 [43], în comparație cu valorile pentru perioada 2017-2100 în cadrul scenariului RCP4.5 [48].

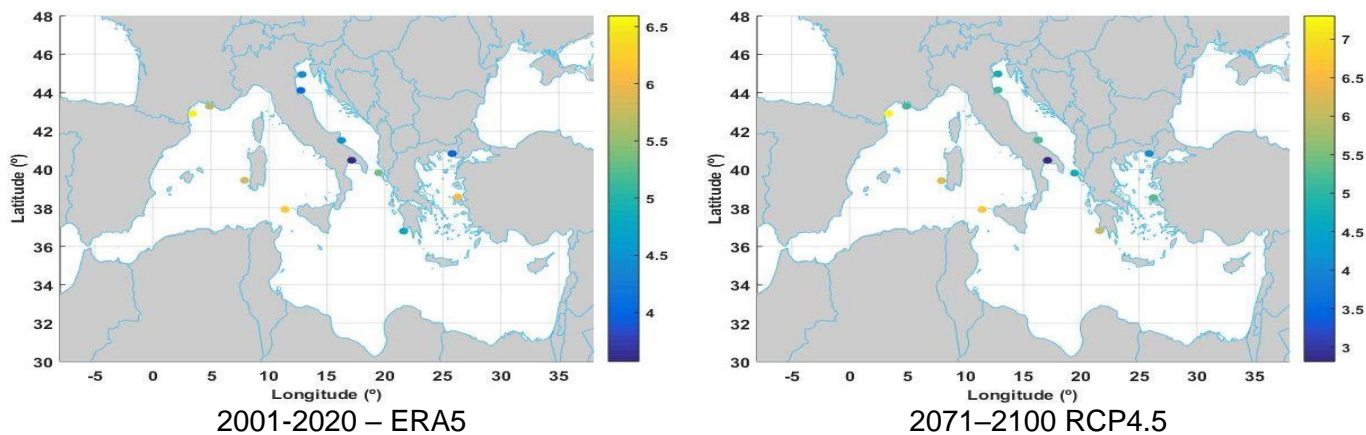


Figura 3.9 Viteza medie a vântului [61]

3.7 Marea Neagră – Compararea climatului de vânt și val din trecut cu proiecțiile din viitorul apropiat

3.7.1 Climatul de vânt

Climatul eolian a fost studiat de-a lungul celor trei rute ale Mării Negre prezentate în subcapitolul 3.1. Similar studiului efectuat asupra Mării Mediterane, au fost utilizate datele ERA5 pentru trecut și scenariul RCP4.5 pentru viitorul apropiat. Hărțile comparative pentru

perioada 2001-2020 și pentru perioada 2021-2050 pentru fiecare anotimp sunt prezentate în Figura 3.10.

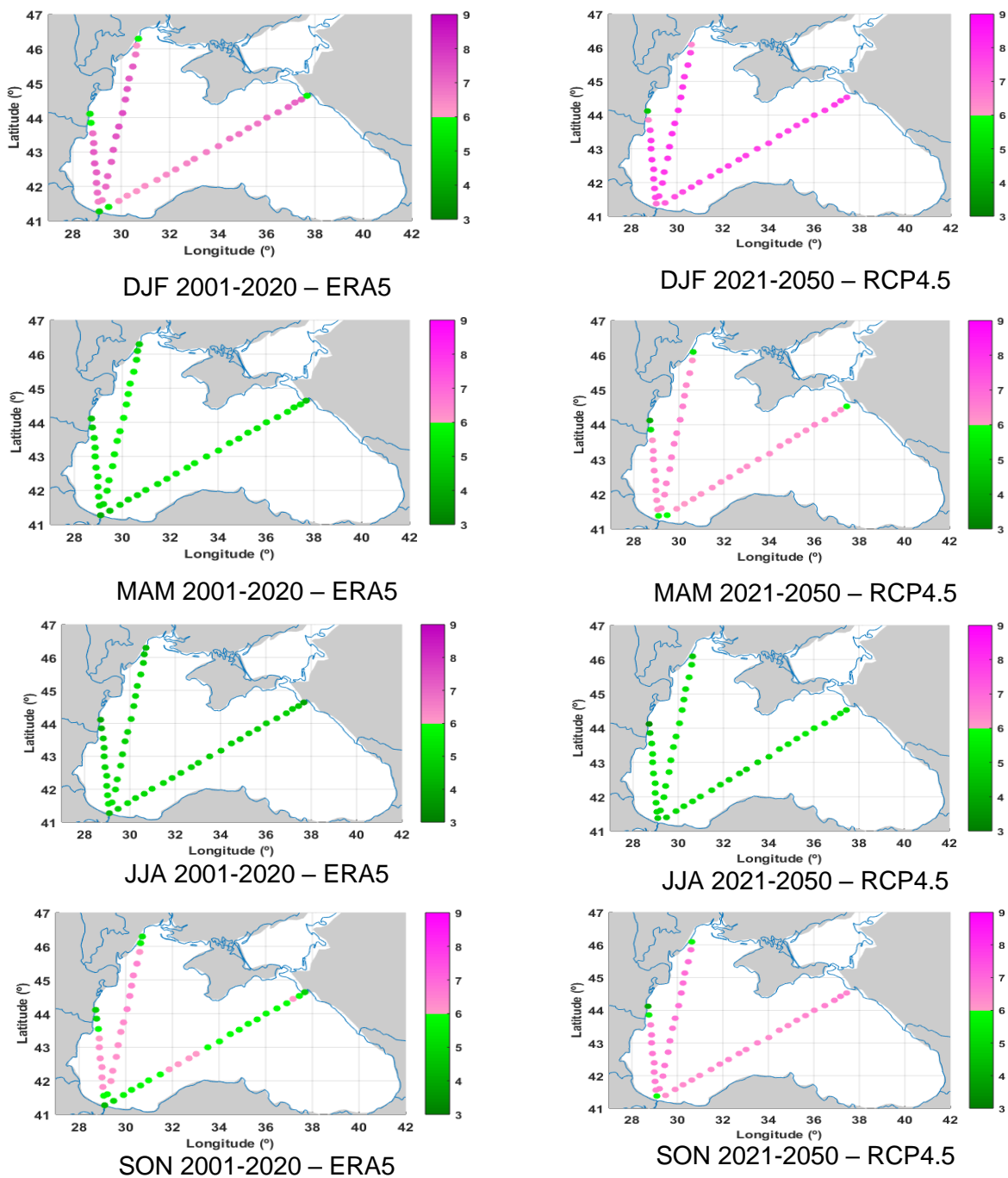


Figura 3.10 Variabilitatea sezonieră a vitezei medii a vântului [64]

3.7.2 Climatul valurilor

La fel ca în cazul studiului climatului de vânt, a fost realizat un studiu al climatului valurilor, luând în considerare aceleași rute. Comparația valorilor medii ale înălțimii valurilor între datele din trecut și cele din viitorul apropiat este prezentată în Figura 3.11. De asemenea, a fost efectuată o analiză statistică a valorilor extreme întâlnite în această zonă.

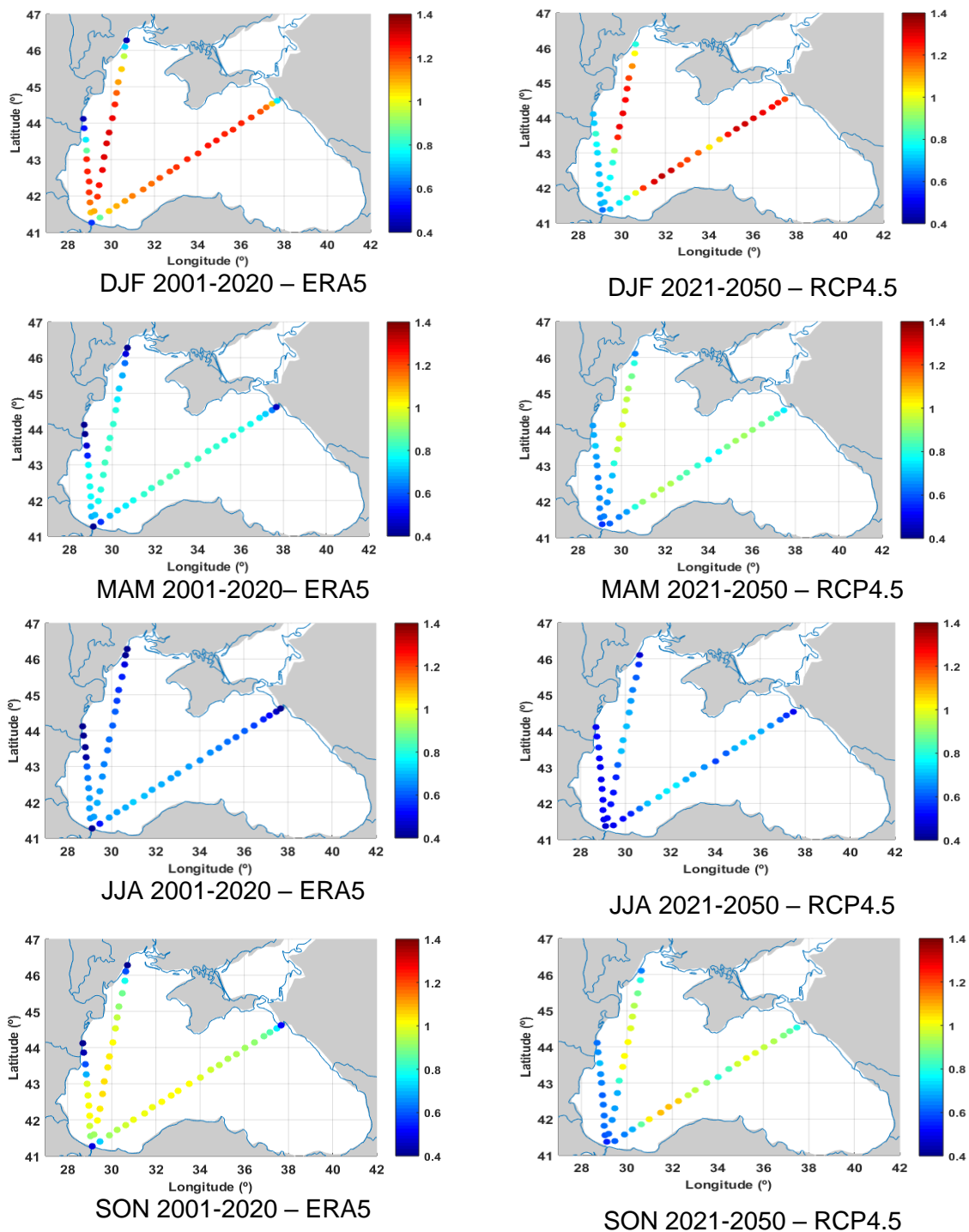


Figura 3.11 Variabilitatea sezonieră a înălțimii medii a valurilor [64]

3.8 Concluzii

Schimbările climatice afectează în mod direct condițiile meteorologice europene, prin creșterea temperaturii mării, vânturi mai puternice, valuri mai mari și multe alte efecte. Prin urmare, este necesară o analiză pentru a identifica condițiile actuale, condițiile din trecut și modul în care acestea vor evolua în viitor. De asemenea, trebuie identificate condițiile extreme pentru a se asigura că acestea nu vor afecta transportul maritim.

În acest capitol, au fost prezentate caracteristicile climatice ale vântului și valurilor pentru mările europene. Au fost specificate datele utilizate pentru acest studiu și zonele luate în considerare. În continuare, au fost prezentate rezultatele studiului privind climatul vântului, studiul climatului valurilor și valorile extreme întâlnite. Acest capitol include, de asemenea, un studiu privind parcurile eoliene pentru Marea Nordului și Marea Mediterană, precum și un studiu privind transportul în Marea Neagră, luând în considerare climatul vântului și al valurilor.

Analiza a fost efectuată pentru o perioadă de 20 de ani începând cu 2001 și, pe baza datelor ERA5, au fost identificate valorile medii, percentilele 50, 75, 90 și 95, variațiile sezoniere și condițiile maxime. Această analiză a fost aplicată atât mărilor europene, cât și celor mai importante rute maritime din zonă. Parametrii studiați au fost viteza vântului, înălțimea semnificativă a valurilor și perioada valurilor.

În Marea Nordului și în regiunea Canalului Mânecii, au fost identificate cele mai mari valori medii atât pentru climatul vântului, cât și pentru cel al valurilor. Marea Neagră și Marea Baltică sunt cele mai calme mări, dar lunile de iarnă pot fi problematice pentru navigație ([65] - [68]). În ceea ce privește rutele maritime studiate, cele mai mari valori se regăsesc pe ruta către Marea Norvegiei și în Golful Lyon. Variațiile sezoniere în Europa sunt de aproximativ 40%.

Marea Neagră este importantă pentru transportul maritim datorită conectivității sale cu Dunărea, dar și pentru comerțul internațional prin strâmtorile turcești. Se așteaptă ca în următoarele două decenii climatul vânturilor și valurilor să se înrăutățească, iar pentru a combate aceste efecte, industria navală trebuie să se adapteze și să se îmbunătățească.

Energia verde sau energia regenerabilă este un subiect de interes actual, datorită dorinței de a combate efectele schimbărilor climatice, precum și de a înlocui combustibilii fosili, care nu numai că poluează, dar costă foarte mult, iar costul continuă să crească odată cu izbucnirea războiului dintre Rusia și Ucraina.

Generarea de energie verde în special în zonele portuare are mai multe beneficii, pe lângă faptul că contribuie la producerea de energie electrică pentru zona locală și pentru navele acostate, ajutând la combaterea poluării generate de acestea în timpul staționării. Așadar, a fost analizat potențialul parcurilor eoliene în cele mai aglomerate mări de navigație din Europa, Marea Nordului și Marea Mediterană. Climatul Mării Nordului încurajează dezvoltarea industriilor de energie regenerabilă, în special în ceea ce privește platformele eoliene offshore. În această zonă se află cele mai multe parcuri eoliene din Europa. Deși în prezent nu există parcuri eoliene operaționale în Marea Mediterană, în următorii ani zona va cunoaște o creștere semnificativă a energiei eoliene offshore.

Prin urmare, este important să se cunoască tendințele climatice ale vântului și valurilor în Europa, astfel încât să se poată evita zonele periculoase și să se reducă numărul accidentelor de navigație. Pentru industria offshore, cunoașterea și studiarea climei ajută la identificarea celor mai bune zone de exploatare, la o mai bună funcționare și la instalare.

Studiile prezentate în acest capitol reprezintă o versiune extinsă și actualizată a articolelor publicate inițial:

1. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, Bleoju Anca, 2022. Study on wind farms in the North Sea area, Energy Reports, Volume 8, Supplement 16, Pages 162-168, ISSN 2352-4847, <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.10.244>, Impact factor 4,937
2. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2022. Characteristics of the wind and wave climate along the European seas focusing on the main maritime routes, Journal of Marine Science and Engineering, 10(1), 75. <https://doi.org/10.3390/jmse10010075> Impact factor 2,574, Q1
3. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2022. Study of climate changes and their impact on maritime transport in the Black Sea area, Proceedings of 22nd International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2022, Volume 22, Issue 3.1. <https://doi.org/10.5593/sgem2022/3.1/s12.22>
4. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2023. Study on Wind Farms in the Mediterranean Sea acceptată for ICACER 2023 conference proceedings by Springer Book Series-Green Energy and Technology.

CAPITOLUL 4 – STUDIUL DE CAZ PRIVIND UN PORTCONTAINER TIPIC

4.1 Introducere

Pe măsură ce economia crește, crește și nevoia și cererea de bunuri și servicii. Transportul maritim este cea mai populară formă de transport datorită numeroaselor sale avantaje. Unul dintre elementele cheie ale transportului maritim este reprezentat de navele de transport, care trebuie să treacă printr-un proces de îmbunătățire pentru a răspunde cererii pieței, dar și pentru a putea transporta încărcături mai mari în siguranță și într-un timp mai scurt și pentru a reduce poluarea pe care o provoacă.

În bazinul european, transportul maritim s-a dovedit a fi mai dificil în ultimii ani ca urmare a schimbărilor climatice și, din acest motiv, navele de transport trebuie, de asemenea, să fie investigate din punctul de vedere al efectelor pe care acest lucru le-ar putea avea asupra operabilității lor. Portcontainerele au câștigat popularitate în ultimii ani, deoarece pot transporta diverse tipuri de mărfuri în cantități mari.

Acest capitol prezintă rezultatele unui studiu efectuat pe un portcontainter. A fost determinată rezistența în apă calmă pentru o gamă de viteze, precum și rezistența în valuri regulate și neregulate.

4.2 Portcontainerul considerat pentru studiul de caz

Carena investigată este o navă de referință cunoscută pentru care rezultatele simulării în bazinul de testare sunt disponibile în mod public. Aceasta este nava "Duisburg Test Case", cunoscută sub numele de DTC, și reprezintă corpul unei nave container dezvoltate la ISMT [69] și proiectate de Universitatea din Duisburg-Essen.

În această teză, carena nudă, fără apendici, care poate fi vizualizată în Figura 4.1, a fost luată în considerare pentru calcule, iar principalele caracteristici sunt prezentate în Tabel 4.1

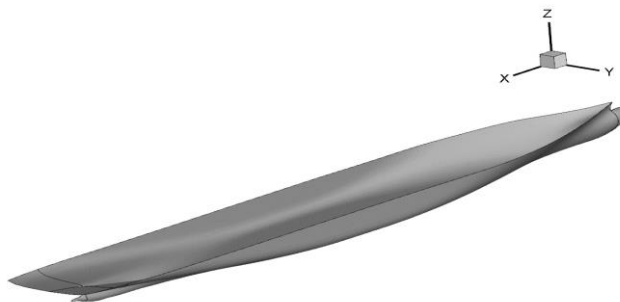


Figura 4.1 Carena DTC

Tabel 4.1 Date principale

Particularități principale	Unitate de măsură	Natură	Model
Lungime între perpendiculare, L_{pp}	[m]	355	5.976
Lățimea la liniei de plutire, B_{WL}	[m]	51	0.859
Pescajul la mijlocul navei, T_m	[m]	14.5	0.244
Deplasamentul volumetric, V	[m ³]	173467	0.827
Coeficientul bloc, C_B	[-]	0.661	0.661
Suprafața udată, S_w	[m ²]	22032	6.243
Viteza, v	[m/s]	12.86	1.668

4.3 Abordarea numerică

Simulările numerice au fost efectuate în SHIPFLOW, dar, în cazul rezistenței în ape calme, au fost utilizate, de asemenea, ANSYS Fluent și Fine Marine (NUMECA) pentru a compara rezultatele.

Aceleași condiții au fost impuse în toate cele trei programe. Domeniul a fost definit în jurul corpului DTC în funcție de lungimea modelului (1,5 lungimi pe partea laterală a corpului, 1,5 lungimi în fața corpului, 3 lungimi în spatele corpului, 1,5 lungimi sub corp și o lungime deasupra corpului), iar grila de discretizare este prezentată în Figura 4.2.

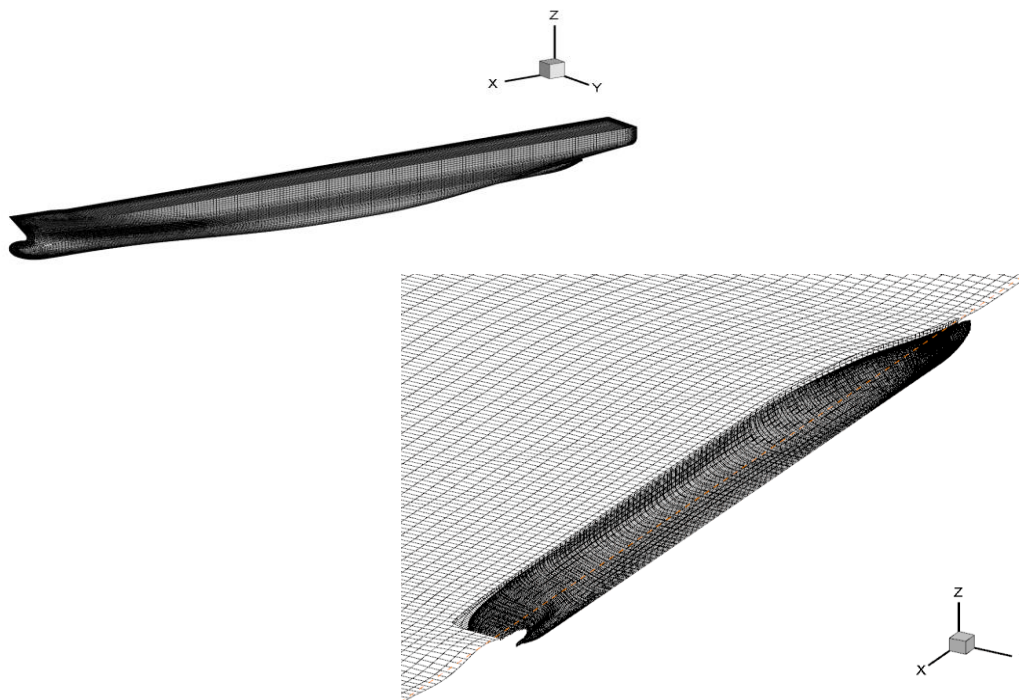


Figura 4.2 Grila pentru carena DTC

Cazurile de testare pentru fiecare problemă investigată vor fi prezentate în subcapitolul referitor la fiecare studiu: rezistență, valuri regulate și valuri neregulate.

4.4 Rezistența în apă calmă

Rezistența în apă calmă este un element important pentru studierea performanțelor navei și pentru determinarea puterii necesare care trebuie instalată la bord. Cu ajutorul rezistenței în apă calmă, se poate determina rezistența adițională în valuri, dar acest lucru va fi discutat în subcapitolul următor.

În acest subcapitol, au fost efectuate simulări numerice în trei programe CFD pentru a determina rezistența în apă calmă. Rezultatele au fost comparate cu rezultatele simulărilor experimentale, efectuate în bazinul de testare SVA Potsdam, [69]. Gama de viteze utilizate a inclus șase viteze, de la 1,335 m/s la 1,668 m/s.

Modelul de turbulență utilizat pentru simulări a fost k- ω SST, dar pentru a observa contribuția pe care modelul de turbulență ales o are asupra soluțiilor obținute, alte două modele de turbulență, k- ω BSL și EASM model au fost, de asemenea, efectuate în SHIPFLOW.

Figura 4.3 prezintă rezultatele obținute în urma simulărilor și comparația cu rezultatele experimentale. De asemenea, au fost reprezentate grafic valorile obținute în SHIPFLOW folosind celelalte modele de turbulență studiate.

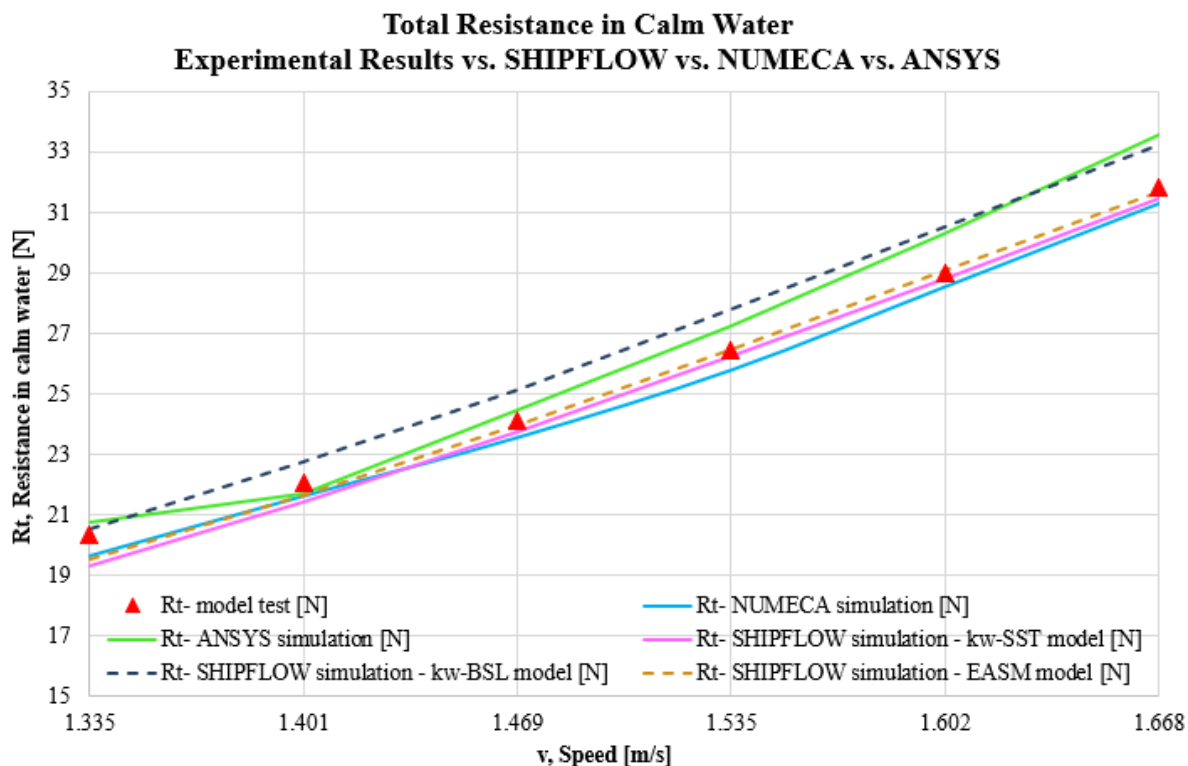


Figura 4.3 Rezistența totală în apă calmă

În continuare, rezultatele obținute în SHIPFLOW au fost procesate și reprezentate grafic, iar hărțile pentru înălțimea valurilor sunt prezentate în Figura 4.4, pentru cea mai mică și cea mai mare viteză.

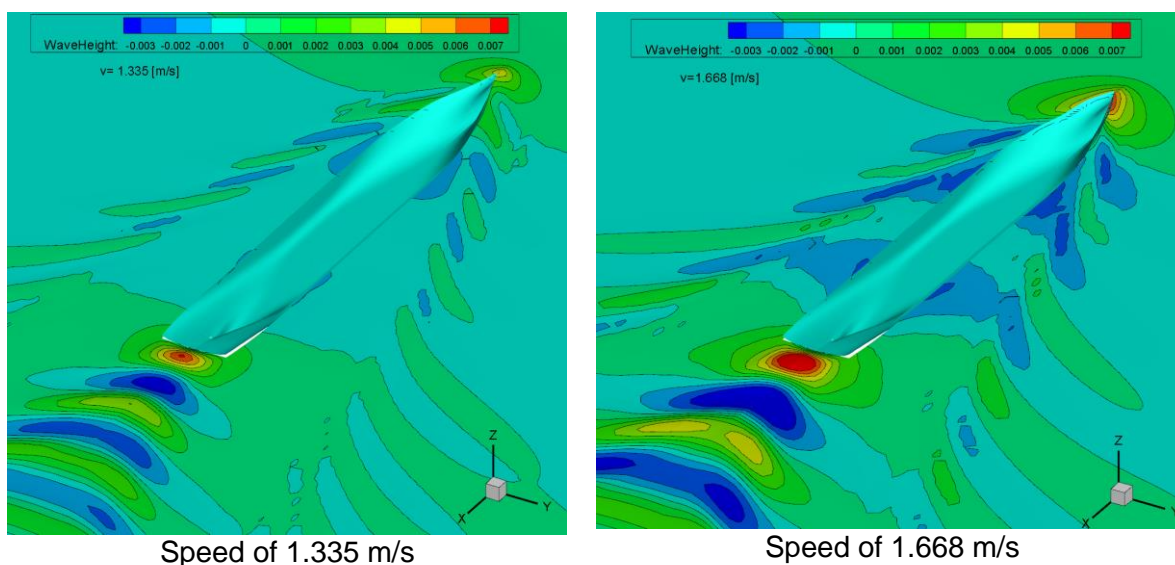


Figura 4.4 Înălțimea valului

4.5 Valuri regulate

În valuri, navele dezvoltă o rezistență mult mai mare, astfel încât estimarea performanțelor navei în valuri este un element important în etapa de proiectare preliminară a unei nave.

În acest subcapitol, este prezentată o analiză asupra navei DTC pentru o gamă de înălțimi și lungimi ale valurilor, iar gama de viteze a fost adoptată pentru determinarea rezistenței în ape calme, astfel încât să poată fi calculat coeficientul rezistenței adiționale în valuri. Cazurile de testare sunt prezentate în Tabel 4.2. S-a efectuat un test de convergență pentru mai multe grile pentru a identifica dacă finețea grilei ar putea afecta soluțiile obținute.

Tabel 4.2 Cazuri de testare pentru valuri regulate [70]

Viteză v [m/s]	Metodă	Lungimea de val adimensională λ/L_{pp}	Înălțimea de val adimensională H/L_{pp}
1.335	BEM	0.500	0.0056
1.401		0.750	
1.469		1.000	
1.535		1.250	
1.602		1.500	
1.668			

În Figura 4.5 se poate observa ce influență are lungimea de val asupra componentei de rezistență adiționale în valuri și a coeficientului acesteia atunci când înălțimea valului este constantă.

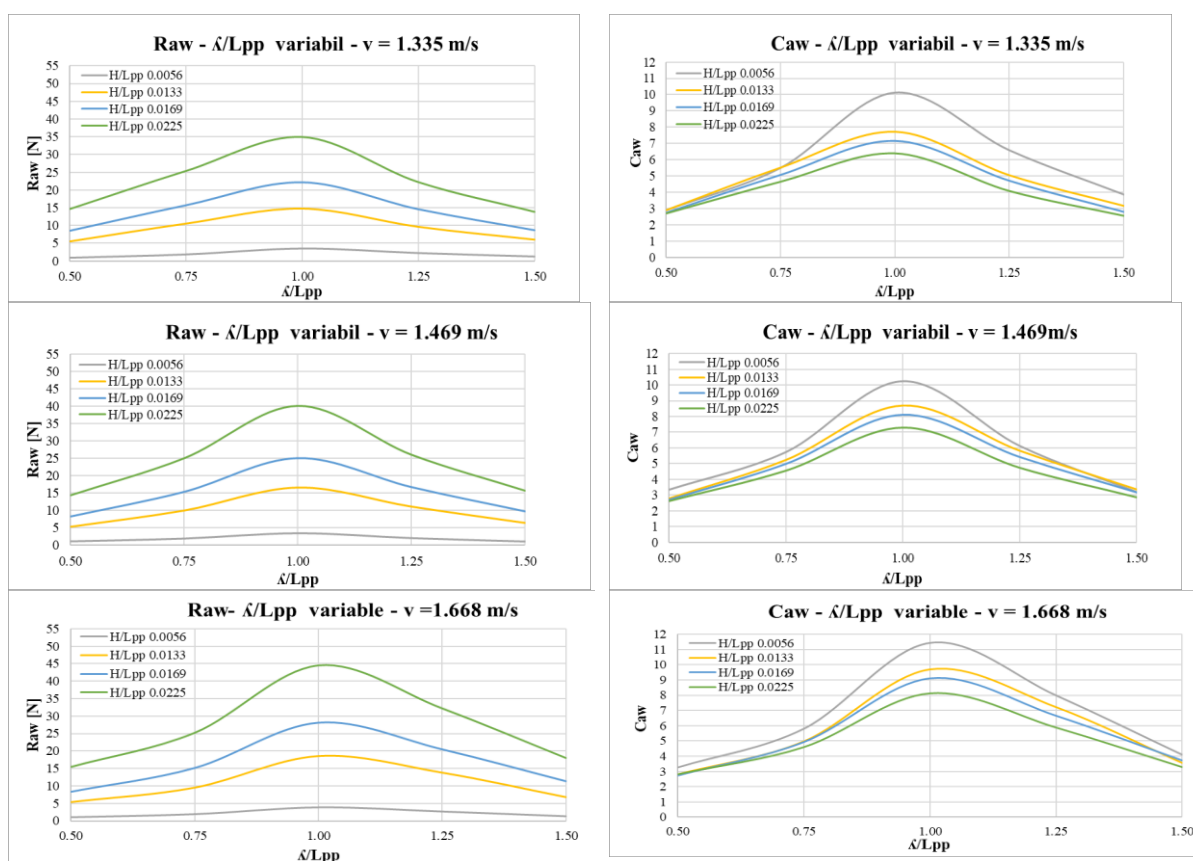


Figura 4.5 Influența lungimii de val asupra rezistenței adiționale în și a coeficientului acesteia [70]

Influența înălțimii valului asupra rezistenței adiționale în valuri și influența lungimii valului asupra RAO Pitch pentru toate cele șase viteze este prezentată în Figura 4.6. Efectul înălțimii valului pentru cea mai mică înălțime a valului studiată și cea mai mare înălțime a valului, considerând lungimea de undă adimensională egală cu 1, poate fi văzut în Figura 4.7.

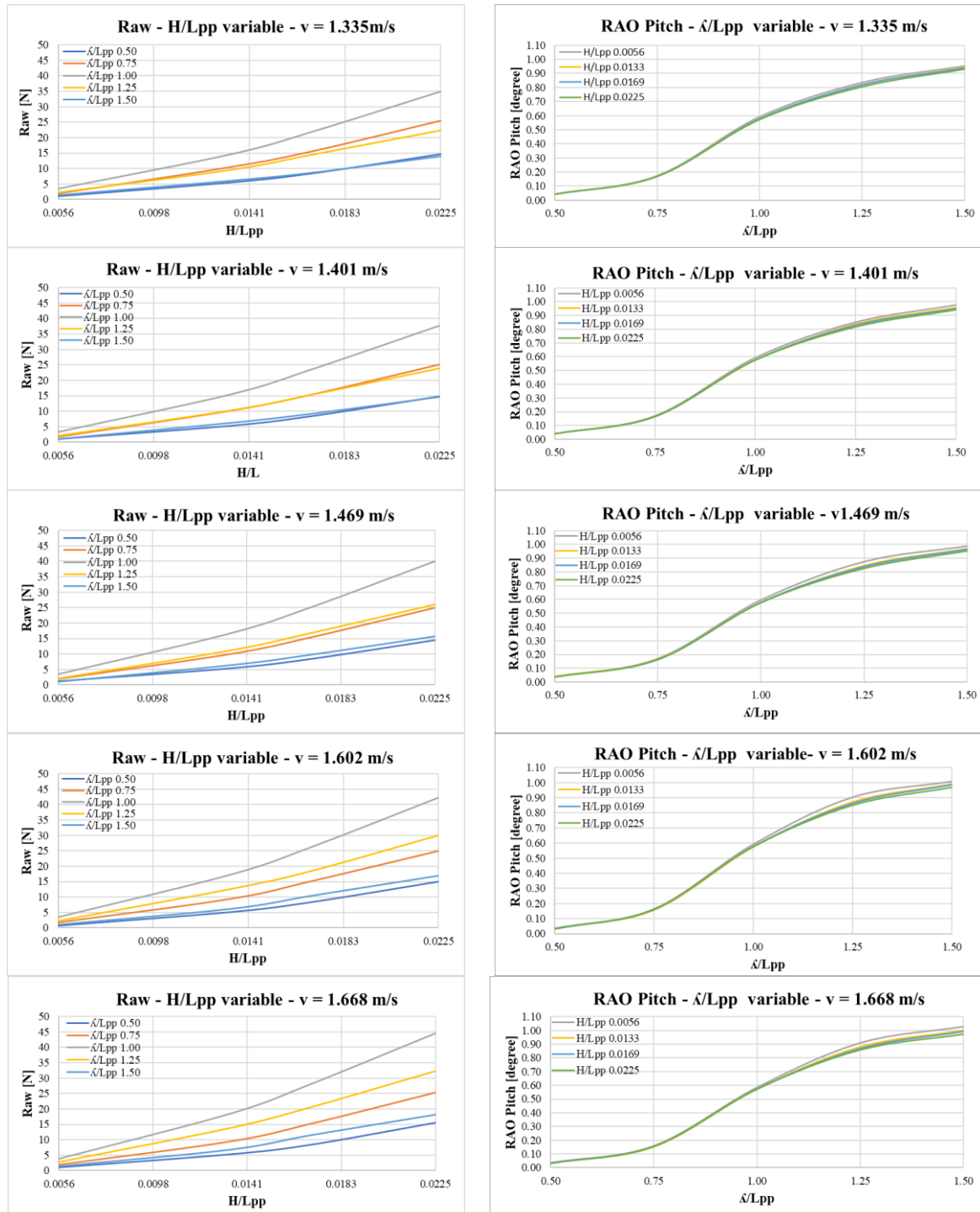


Figura 4.6 Influența lungimii valului asupra RAO Pitch și influența înălțimii valului asupra rezistenței adăugate de val pentru intervalul de viteze studiat [70]

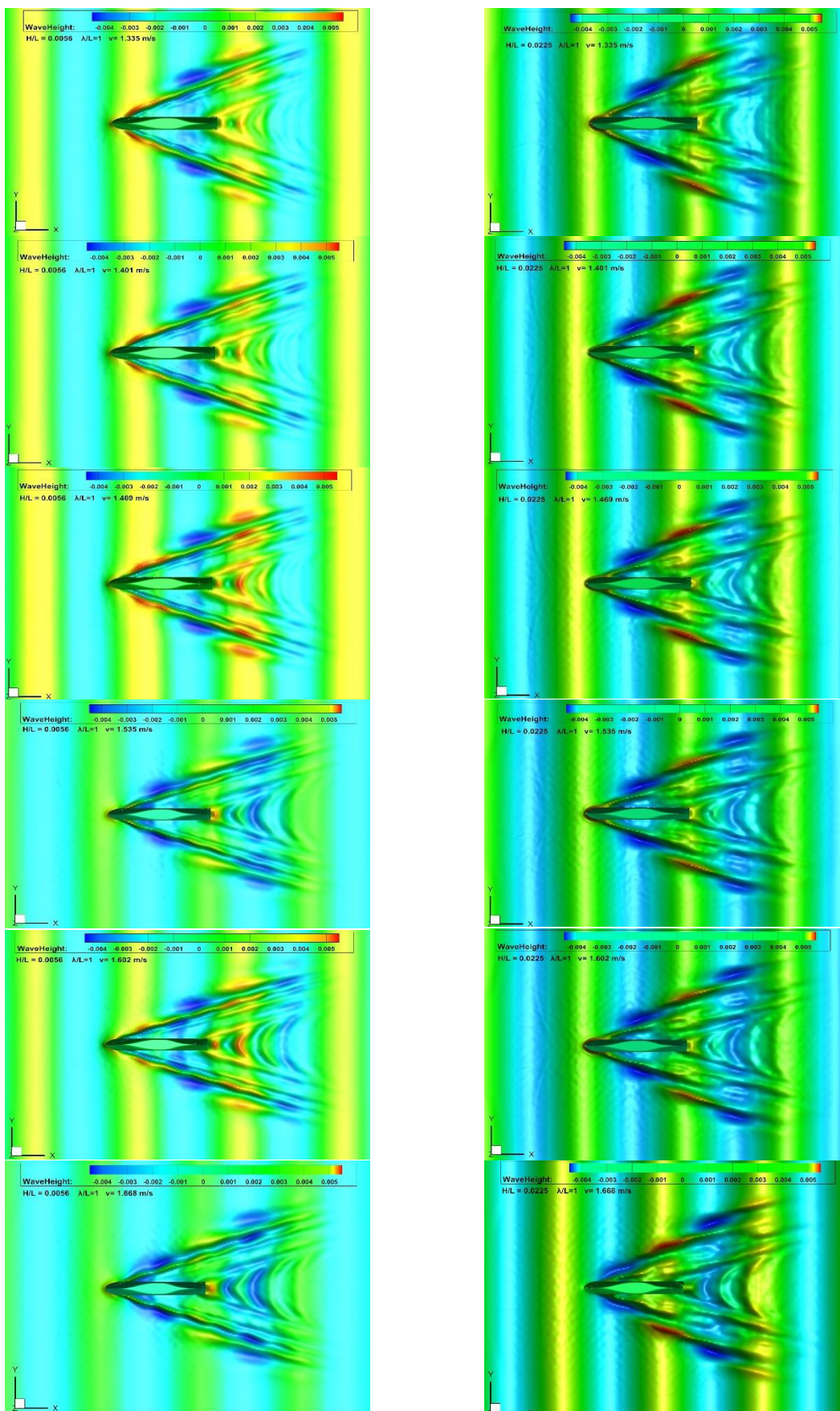


Figura 4.7 Înălțimea valurilor pentru H/Lpp 0,0056 și H/Lpp 0,0225 [70]

4.6 Valuri neregulate

Predicția mișcării navei în curgerea vâscoasă în condiții de valuri neregulate (condiții reale de mare) este foarte importantă pentru studiul comportării navei în mare și pentru proiectarea acestora [71]. De cele mai multe ori, navele operează în valuri neregulate și, din acest motiv, trebuie să se determine rezistența de val pentru a putea prezice rezistența totală dezvoltată de navă. Scopul acestui studiu este de a investiga comportamentul portcontainerului în valuri neregulate pentru o gamă de viteze de la 20 noduri la 25 noduri și mai multe stări ale mării sunt prezentate în Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Cazuri de testare

Viteză, v [Nd]	Starea mării
20	2
21	3
22	4
23	5
24	6
25	7
25	8

Această secțiune prezintă rezultatele simulărilor de în valuri neregulate pe întreaga gamă de viteze și stări ale mării. Figura 4.8 prezintă rezultatele pentru cea mai mică stare a mării și cea mai mare stare a mării luate în considerare, la o viteză de 25 de noduri.

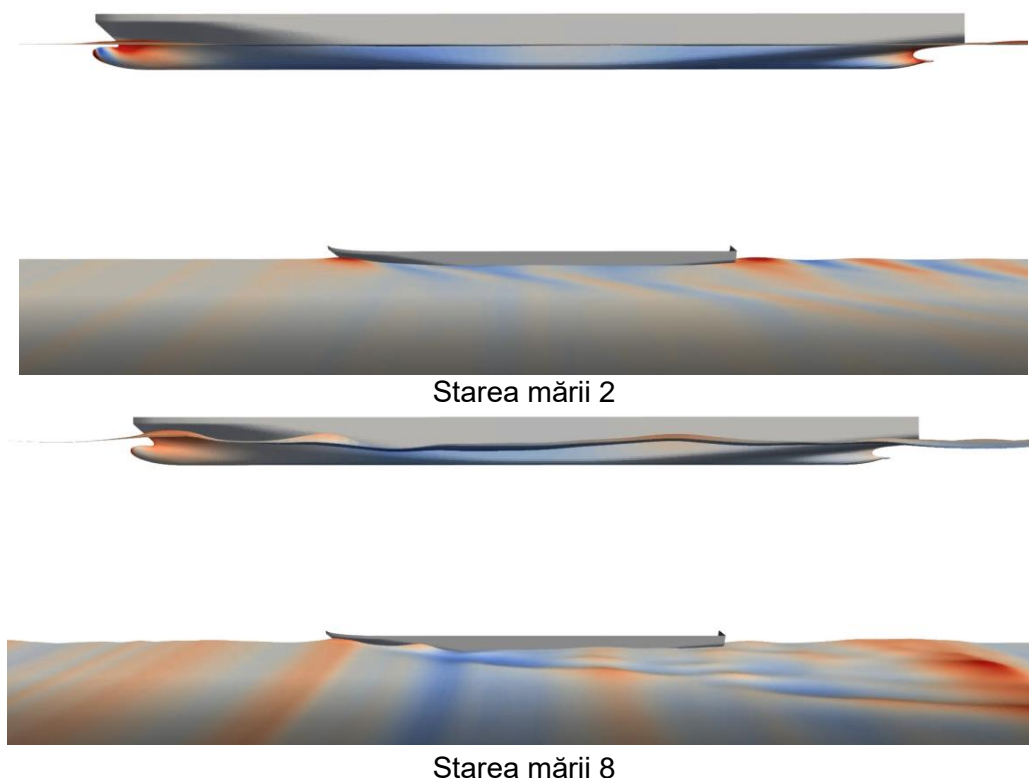


Figura 4.8 Rezistența medie a valurilor

4.7 Concluzii

În prezent, tendința este de a optimiza transportul și de a face conversii pe navele deja construite sau de a înlocui navele vechi cu altele noi, datorită cererii de pe piață pentru nave care se deplasează mai repede, mai eficiente din punct de vedere al consumului de combustibil și care pot transporta încărcături mai mari.

Performanțele navelor și operabilitatea lor depind de condițiile de navigație și, prin urmare, de valuri. Din acest motiv, apar câteva probleme care trebuie abordate în ceea ce privește predicția caracteristicilor navelor, cum ar fi neliniaritățile, presiunea statică, presiunea hidrodinamică, interferența dintre valuri și corpul navei și răspunsul navei la oscilații.

Astfel, în acest capitol, a fost studiat un portcontainer, unul dintre cele mai populare tipuri de nave pentru industria de transport de marfă. S-au efectuat simulări numerice pentru a determina comportamentul navei în apă calmă, valuri regulate și valuri neregulate. Metodele numerice au devenit o opțiune populară în detrimentul testării în bazin, care are un cost mai mare, un timp mai îndelungat pentru a obține o soluție și implică mai multe etape de optimizare a corpului navei.

Rezistența în apă calmă a fost validată pe baza rezultatelor experimentale care se regăsesc public. Determinarea rezistenței a fost efectuată în urma unor simulări în valuri regulate pentru a determina rezistența adițională în valuri. S-a observat că înălțimea și lungimea valurilor au contribuit la creșterea rezistenței la valuri. Acest efect a putut fi observat, de asemenea, prin influența vitezei navei.

Simulările pentru valuri neregulate au fost efectuate pentru a determina comportamentul navei în funcție de condițiile din mările europene, astfel încât simulările au fost efectuate la scară reală și pentru o gamă de stări ale mării de la 2 la 8.

Prin urmare, predicția mișcărilor navei în valuri este necesară pentru a ne asigura că nava va funcționa în condiții de maximă siguranță, atât pentru pasagerii de la bord, cât și pentru nava transportată.

Studiile prezentate în acest capitol reprezintă o versiune extinsă și actualizată a articolelor publicate inițial:

1. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2021. Comparison Between Model Test and Three CFD Studies for a Benchmark Container Ship, *Journal of Marine Science and Engineering*, 9 (1), 62. <https://doi.org/10.3390/jmse9010062> Impact factor 2,574, Q1.
2. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2021. The Use of CFD Methods in the Shipbuilding Industry and their Benefits, *AUDOE*, Vol. 17, No. 6/2021, pp. 262-269, ISSN: 2065-0175, <https://dj.univ-danubius.ro/index.php/AUDOE/article/view/1484>
3. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, Păcuraru Florin, 2021. Study on the behavior of benchmark container ships in regular waves, *International Conference: Modern Technologies in Industrial Engineering IX (ModTech 2021)*, June 23-26, Eforie Nord, România, Vol. 1182. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1182/1/012013>, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1182/1/012013/meta>
4. **Chiroșcă Ana-Maria**, Gasparotti Carmen, 2020. Comparison between model test and numerical simulations for a container ship, *Proceeding of the 5th International Conference on Maritime Technology and Engineering (Martech2020)*, Volum Developments in Maritime Technology and Engineering, Editor Francis & Taylor Group, UK, 16-19 November, Lisbon, Portugal, eBook ISBN 9781003216599 <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003216599-9/comparison-model-test-numerical-simulations-container-ship-chirosca-gasparotti> (indexată Scopus)

CAPITOLUL 5 – SIMULĂRI EXPERIMENTALE

5.1 Introducere

Rezistența adițională în valuri poate fi determinată prin mai multe metode, cum ar fi simulările numerice prezentate în capitolul 4, precum și utilizarea modelelor matematice sau a testelor experimentale. O primă metodă de determinare a acestei componente a fost elaborată de Haverlock [72] în 1937, iar apoi Maruo ([73] to [75]) a folosit teoria conservării impulsului pentru a găsi rezistența adițională în valuri pe baza energiei valurilor. Această metodă a fost rafinată în continuare de Joosen [76], Gerritsma, and Beukelman [77]. O îmbunătățire a rezultatelor a fost observată în studiile lui Salvesen [78] și Korvin-Kroukovsky [79], care a adăugat teoria benzilor la aceste studii, ceea ce a făcut ca această metodă de determinare a rezistenței adiționale în valuri să fie adecvată pentru calculul numeric. De-a lungul timpului, teoria benzilor a fost dezvoltată și îmbunătățită ([80] to [82]). Principalul avantaj al teoriei benzilor este viteza de obținere a unor soluții suficient de precise. Un studiu recent este realizat de Amini-Afshar [83] care, pornind de la metoda lui Salvensen, au utilizat funcția Green a suprafeței libere bidimensionale și metoda elementelor de frontieră de ordin inferior.

În acest capitol, sunt prezentate rezultatele testelor experimentale și ale simulărilor numerice pentru portcontainerul prezentat în capitolul 4. O nouă serie de simulări numerice a fost realizată, urmărind cazurile din testele din bazin. Scopul a fost de a investiga răspunsul mișcărilor navei pentru șapte lungimi de undă, trei înălțimi de val și trei viteze. În plus, a fost realizat un studiu asupra coeficientului de rezistență adițională în valuri.

5.2 Modelul experimental

În cadrul Universității "Dunărea de Jos" din Galați a fost construit un model pentru estimarea rezistenței adiționale în valuri, la scara 1:135, pe baza portcontainerului descris în capitolul 4. Figura 5.1 descrie diferitele secțiuni ale modelului care au fost tipărite 3D și în Tabel 5.2 sunt prezentate principalele caracteristici. Următorul pas a fost asamblarea secțiunilor pentru a crea corpul navei final. Modelul a fost creat folosind ca material filamentul PLA (acid polilactic). Testele experimentale au fost create la ETSIN - UPM (Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Universidad Politécnica de Madrid) din Madrid.

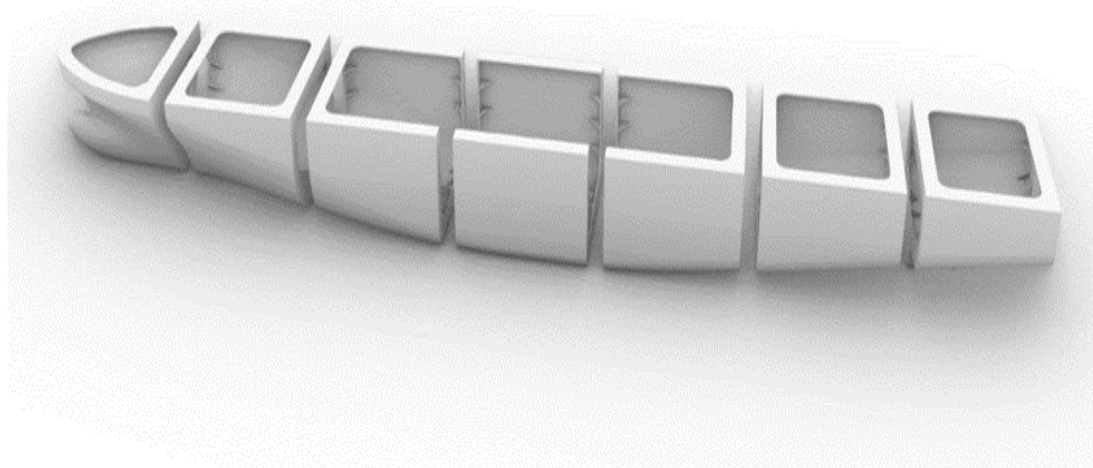


Figura 5.1 Modelul DTC, scara 1:135

Tabel 5.1 Informații privind carena

Dimensiuni principale		Natură	Scara
λ	-	-	135
L_{PP}	m	355	2.630
B_{WL}	m	51	0.378
T	m	14.5	0.107
∇	m ³	173467	0.071
C_B	-	0.661	0.661
S_w	m ²	22032	1.209
v	m/s	12.86	1.107
X_{CB}	m	-	1.339
X_{CB}	m	-	1.289
Z_{CB}	m	-	0.059
X_{CF}	m	-	1.242
X_{CG}	m	174.059	1.289
Z_{CG}	m	19.851	0.147

Seria completă de investigații efectuate este prezentată în Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Cazuri de testare

	V [m/s]	λ/L_{PP} [-]	H [m]	T [s]
Apă calmă	0.664, 0.885, 1.107	----	----	---
Valuri regulate	0.664, 0.885, 1.107	0.500	0.030, 0.044, 0.057	0.918
	0.664, 0.885, 1.107	0.750	0.030, 0.044, 0.057	1.124
	0.664, 0.885, 1.107	0.875	0.030, 0.044, 0.057	1.214
	0.664, 0.885, 1.107	1.000	0.030, 0.044, 0.057	1.298
	0.664, 0.885, 1.107	1.125	0.030, 0.044, 0.057	1.377
	0.664, 0.885, 1.107	1.250	0.030, 0.044, 0.057	1.451
	0.664, 0.885, 1.107	1.500	0.030, 0.044, 0.057	1.590

5.3 Comparație între rezultatele experimentale și simulările numerice

Acest subcapitol prezintă comparația dintre rezultatele testelor experimentale și simulările numerice, precum și diferențele dintre metodele abordate. Se poate observa din Figura 5.2 că rezultatele pentru rezistența în apă calmă sunt comparabile din punct de vedere cantitativ, iar curgerea reprezentată în Figura 5.3 pentru fiecare viteză surprinde aceleași similitudini și se observă efecte nestaționare.

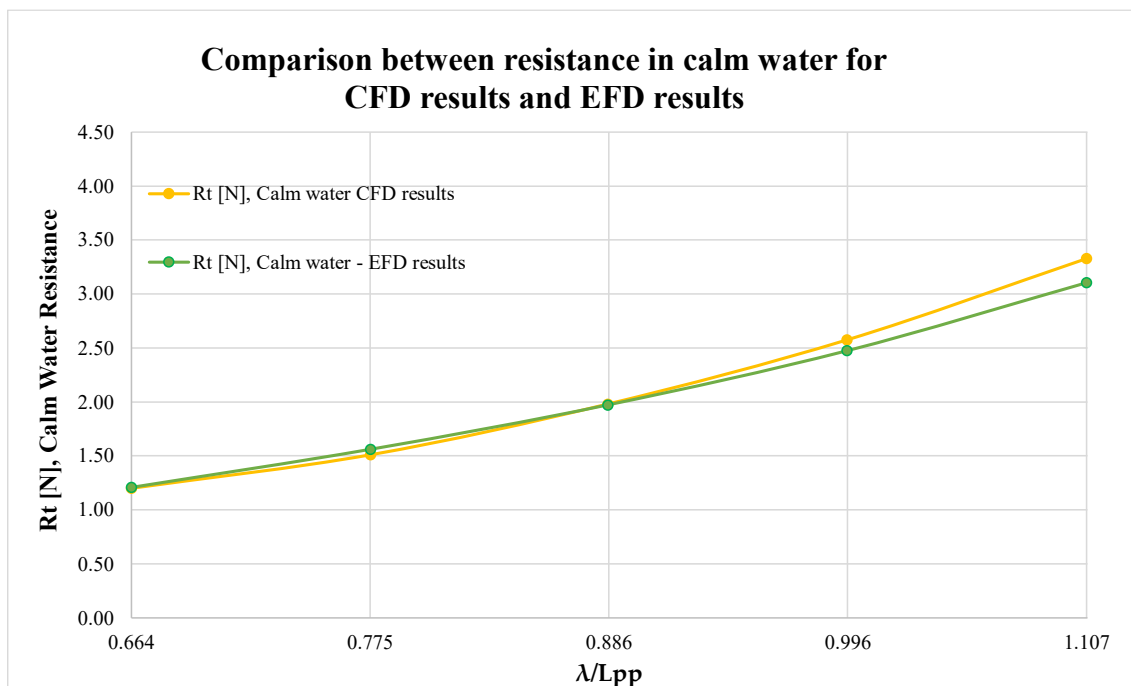
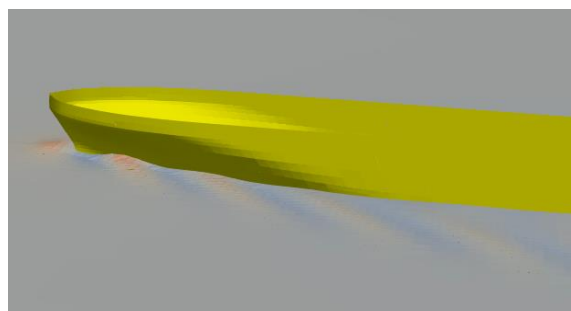
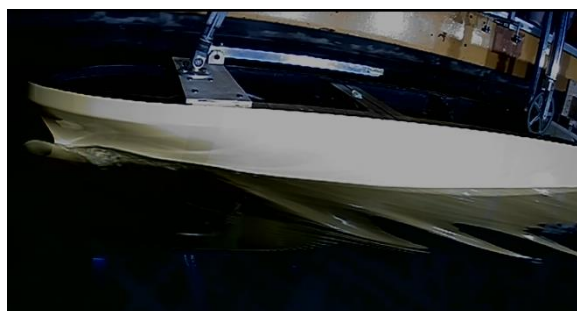
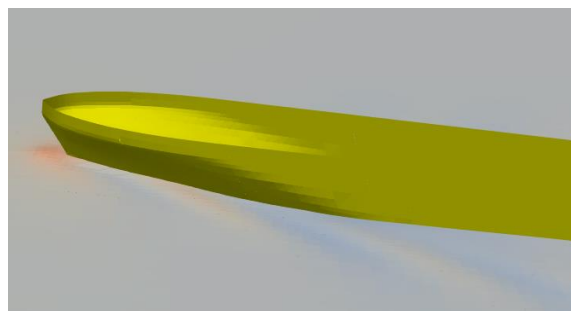


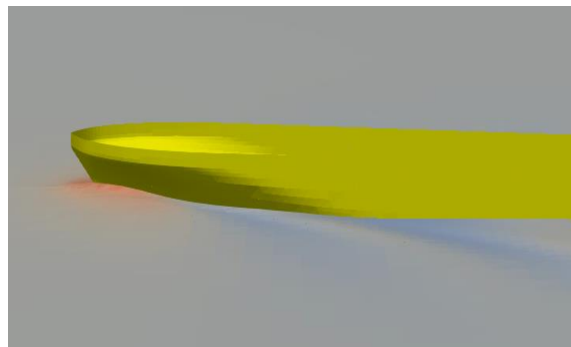
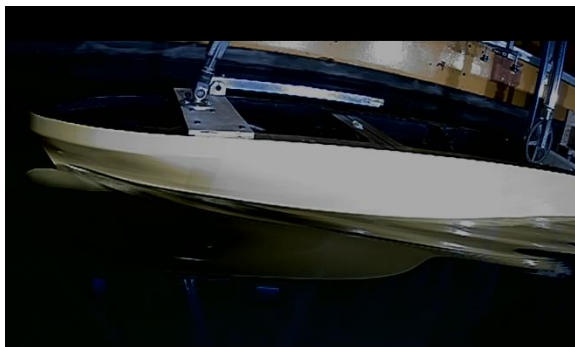
Figura 5.2 Comparație între rezistența în apă calmă determinată numeric și rezistența în apă calmă determinată prin teste experimentale



0.664 m/s



0.885 m/s



1.107 m/s

Figura 5.3 Comparație între rezistența în apă calmă pentru CFD și EFD

Diferențele dintre metode au fost satisfăcătoare atunci când se referă la toate cele 3 componente studiate, rezistența suplimentară a valurilor, RAO HEAVE și RAO Pitch, cu excepția rezultatelor pentru prima viteză, unde, în timpul testului experimental, s-au observat două vârfuri de-a lungul curbelor pentru fiecare înălțime de val studiată. Variațiile dintre abordările investigate sunt evidențiate în Figura 5.4.

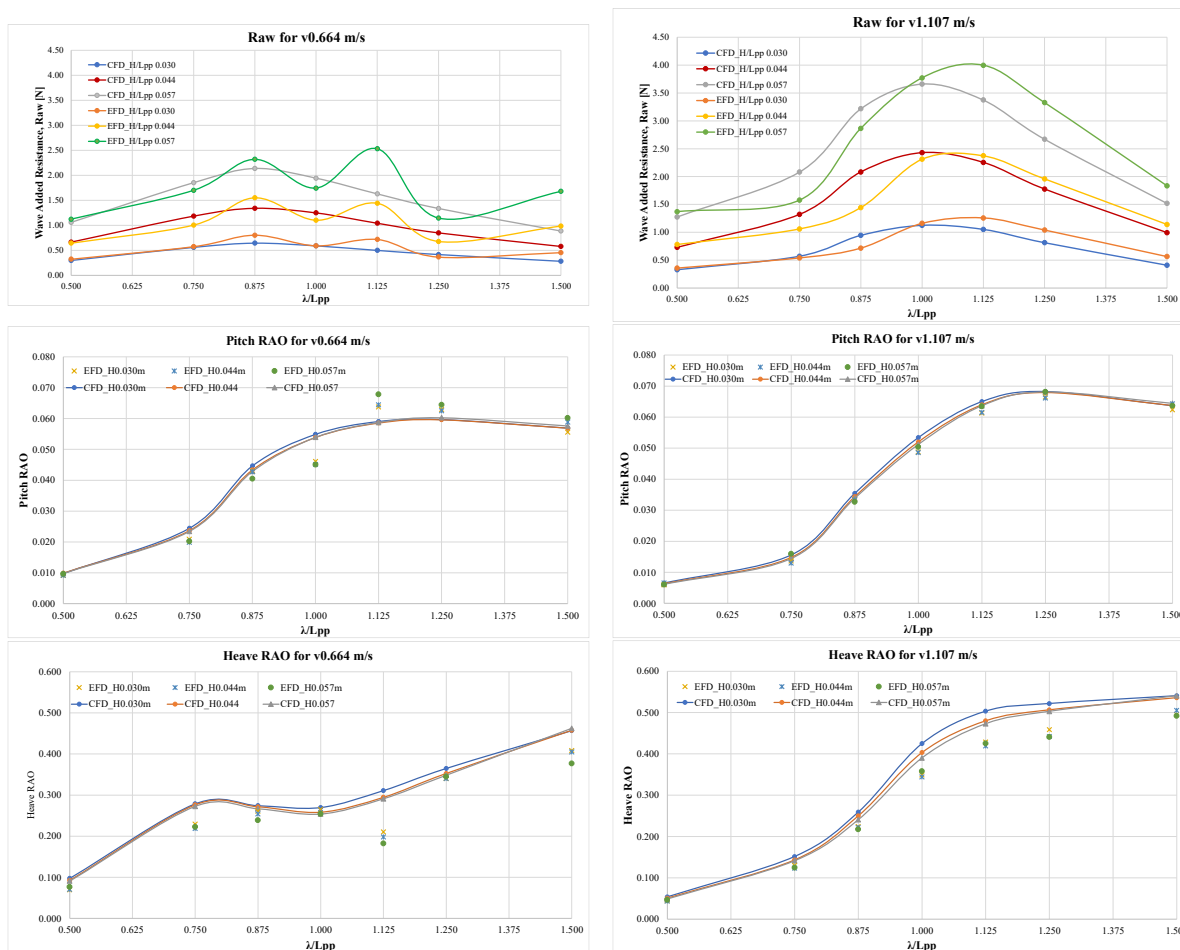
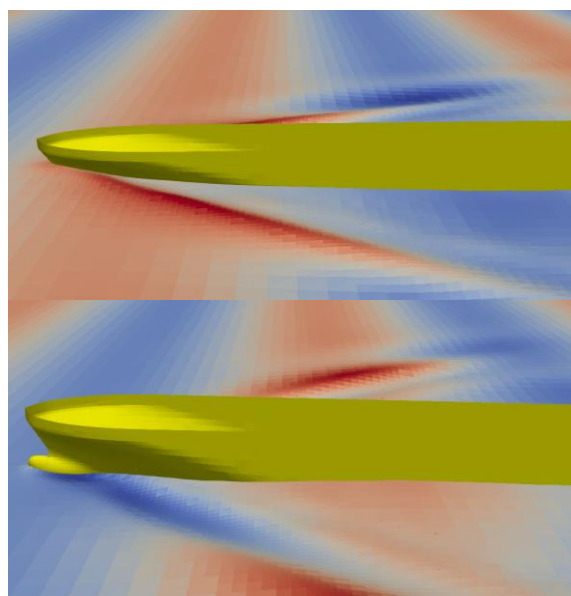


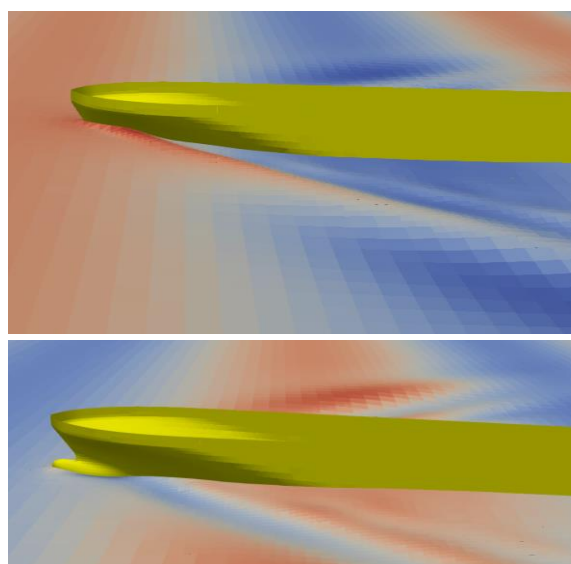
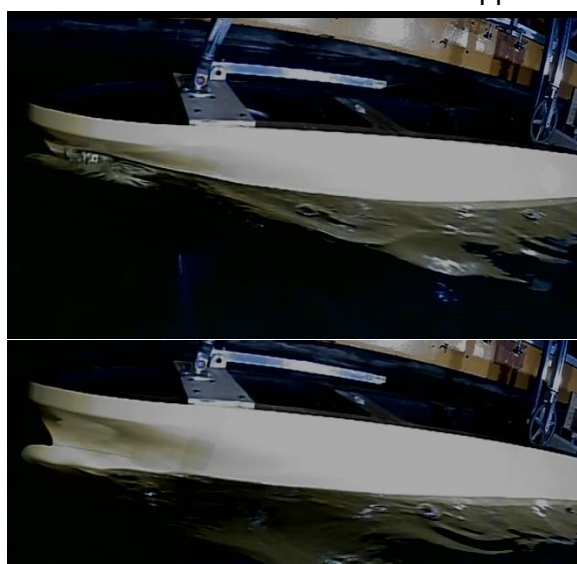
Figura 5.4 Comparație între coeficientul de rezistență adițională în valuri, Pitch RAO și Heave RAO pentru cea mai mică și cea mai mare viteză studiată

Comportamentul nelinier al valului de prova este o caracteristică care poate afecta rezistența adițională în valuri, deoarece prova navei pare să fie principalul factor care contribuie la această componentă [84]. Comportamentul golurilor de val, precum și pentru

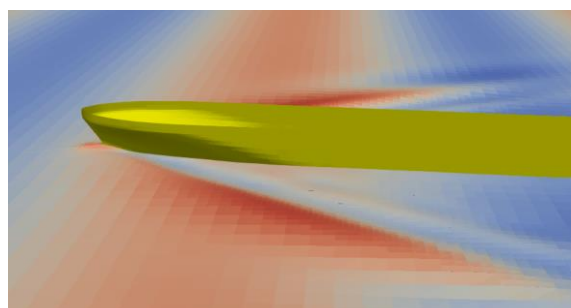
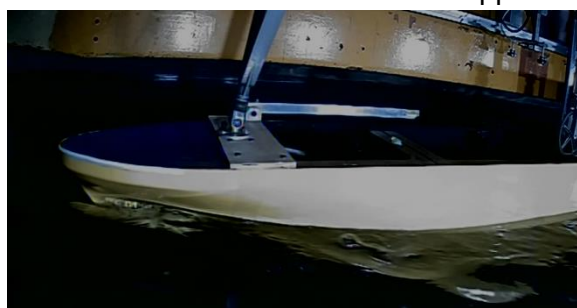
creata de val indentificată la lungimea unde se regăsesc cele două puncte maxime, precum și la lungimea de val intermediară, au fost surprinse în Figura 5.5 .

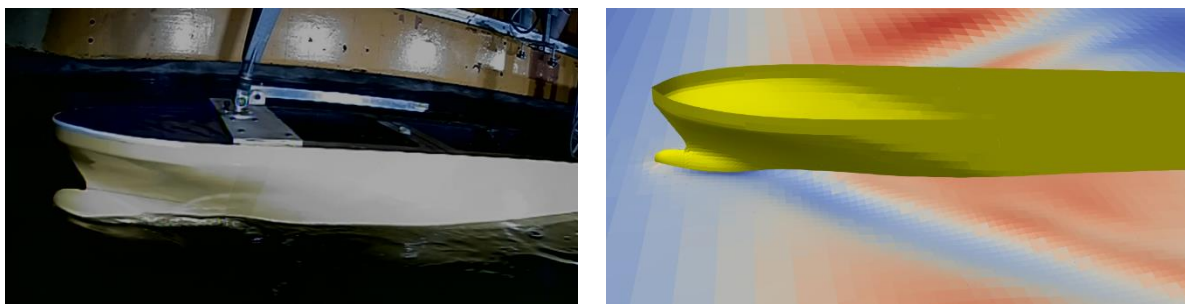


λ/L_{pp} 0.875 - 0.664 m/s



λ/L_{pp} 1.000 - 0.664 m/s





λ/L_{pp} 1.125 - 0.664 m/s

Figura 5.5 Diferențe dintre testul experimental și simulările numerice

Pentru a stabili dacă dubla creștere observată pe curba coeficientului de rezistență adițională în valuri putea fi legată de o schimbare în tipul sau intensitatea de rupere a valurilor de prova, s-a efectuat o analiză a valurilor de prova capturate în timpul testelor.

După cum se arată în Figura 5.6, valoarea locală maximă migrează de la $\lambda/L_{pp} = 0.875$ la $\lambda/L_{pp} 1.125$, creșterea pantei neavând niciun efect asupra fenomenului de dublă rezonanță.

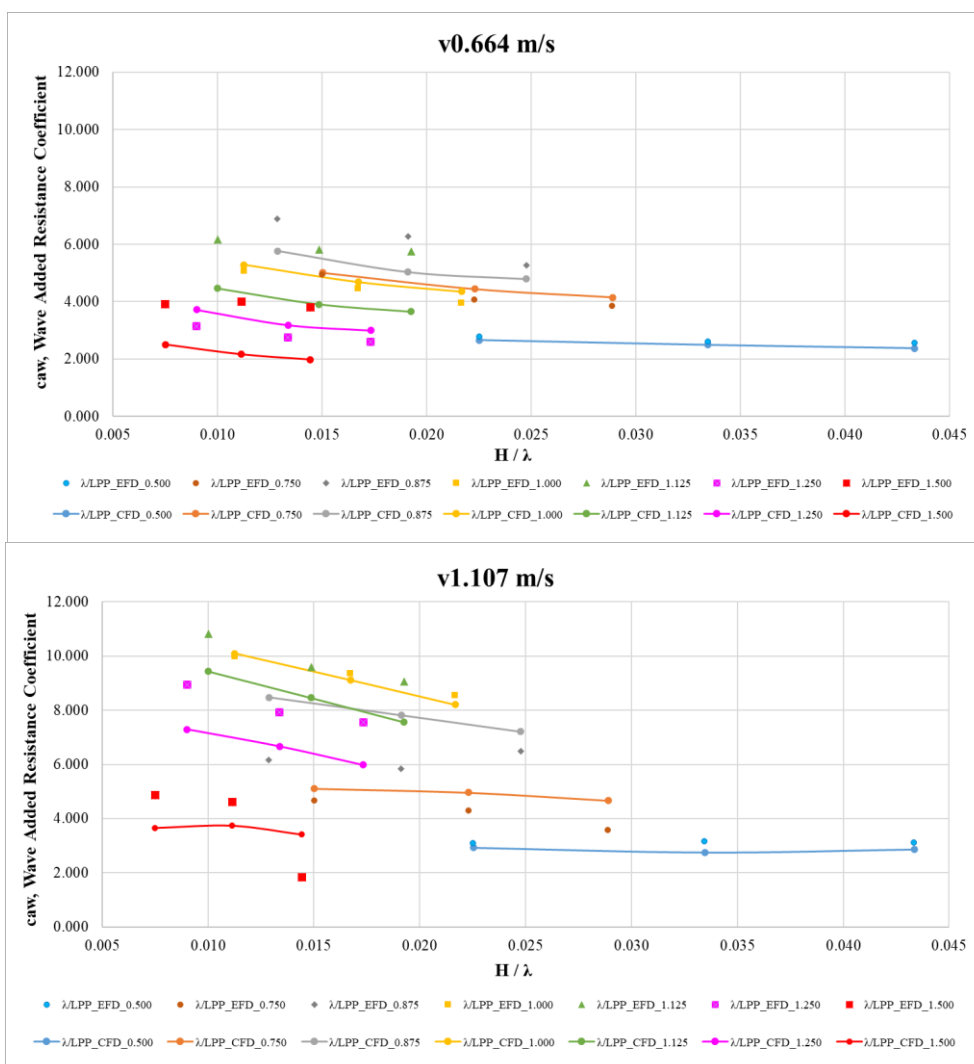


Figura 5.6 Efectul coeficientului de rezistență adițională în valuri pentru cea mai mică și cea mai mare viteză

5.4 Studiu asupra coeficientului de rezistență adițională în valuri

Teoria pentru modelul funcțional polinomial universal de intrare-ieșire conduce la ideea unei funcții de răspuns în frecvență pătratică. Metodele tradiționale susțin că rezistența adițională în valuri tinde să crească în mod pătratic cu amplitudinea valului. Figura 5.7 prezintă coeficientul rezistenței adiționale în valuri obținut prin creșterea înălțimii valului la puterile 2 și 1,75. Prin modificarea puterii de la 2 la 1,60 cu o treaptă de 0,5, a fost posibilă atingerea puterii optime de 1,75 la care se surprinde acest efect.

Acest model, prezentat în Figura 5.7, care este mai evident în domeniul lungimilor de undă scurte, arată că rezistența adițională în valuri nu este proporțională cu pătratul înălțimii de undă. Se presupune că spargerea valurilor incidente la prova este sursa acestui eveniment, ceea ce duce la o pierdere de energie a valurilor.

Conform rezultatelor, rezistența suplimentară a navei nu este proporțională cu înălțimea valurilor, ci crește mai degrabă cu o rată mai mică decât înălțimea valurilor.

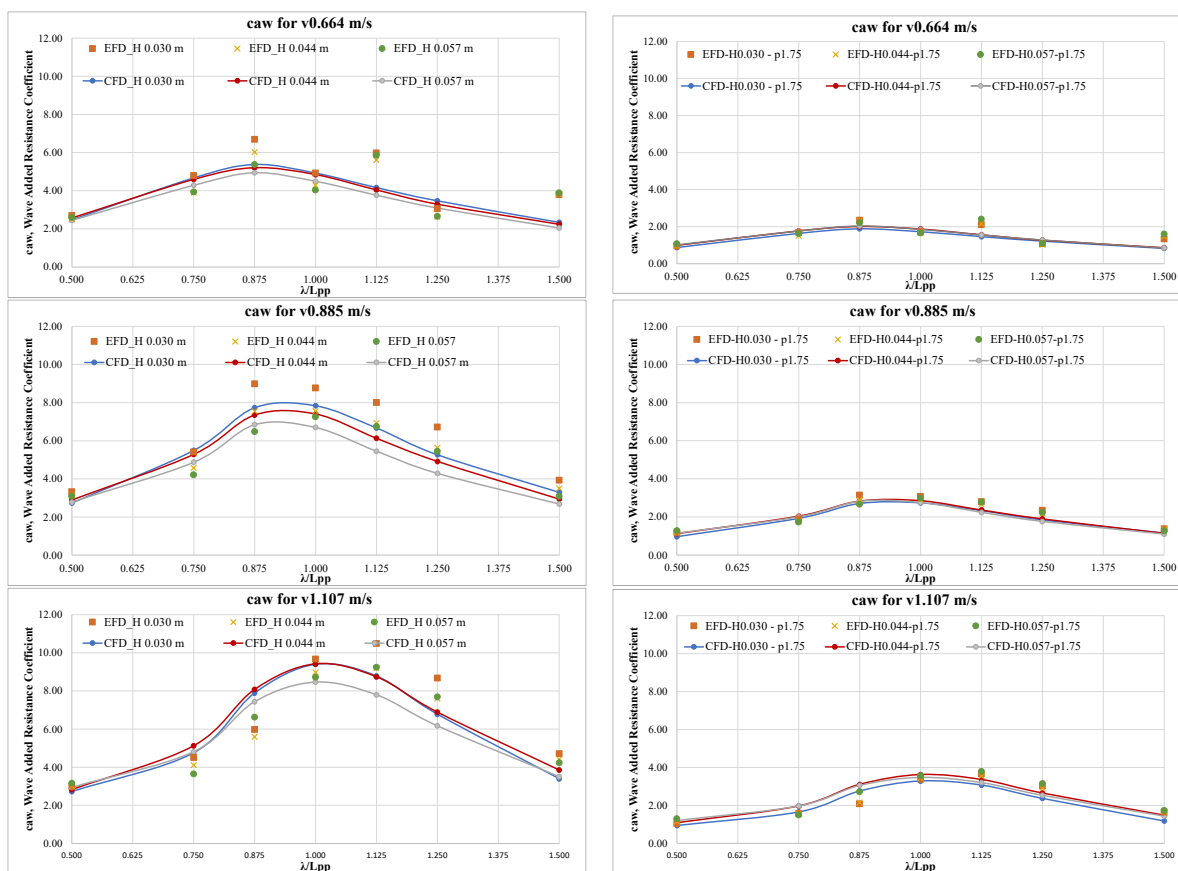


Figura 5.7 Coeficientul de rezistență adițională în valuri, studiu pătratic

5.5 Concluzii

În acest capitol sunt prezentate concluziile unei cercetări privind rezistența adițională în valuri pe care o întâmpină o navă portcontainer în valuri. Calcularea precisă a rezistenței adiționale în valuri este esențială pentru estimarea vitezei navei în marea reală. De obicei, efectul reflexiei valurilor se adaugă la rezistența adițională în valuri provocată de mișcarea navei. Cercetările privind tehnicile analitice, numerice și (semi)empirice de estimare a rezistenței adiționale în valuri se află într-un studiu continuu.

Răspunsul navei la mișcările navei și rezistența adițională în valuri pentru nava DTC au fost examinate printr-o serie de teste experimentale și simulări numerice. Testele au fost efectuate atât în apă calmă, cât și în valuri, în bazinul de testare ETSIN-UPM. Deasemenea, au fost efectuate numeroase experimente pentru a evalua nivelul de incertitudine al testelor. Abordarea de integrare directă a presiunii a fost utilizată pentru a calcula rezistența adițională în valuri pe corpul navei DTC în analiza numerică, care a utilizat o metodă 3D complet neliniară bazată pe domeniul temporal și panouri Rankine.

Ca instrument numeric, a fost utilizat pachetul software comercial SHIPFLOW. Pentru simulările numerice și experimentale, a fost luată în considerare o combinație de șapte lungimi de undă, trei înălțimi de val și trei viteze. Rezultatele au fost apoi folosite pentru validare, pentru a afla mai multe despre puterea de calcul a modelelor numerice bazate pe metodele potențiale care au fost utilizate. În cele din urmă, s-a acordat o atenție specială comportamentului coeficientului de rezistență adițională în valuri.

Atunci când sunt prezente fenomene neliniare, acuratețea analizei numerice nu poate fi garantată. În consecință, ar putea fi recomandabil ca datele experimentale să poată sprijini evaluarea numerică.

Comparațiile au demonstrat o concordanță în general favorabilă între calcule și măsurători, cu excepția fenomenului de dublă rezonanță la cea mai mică viteză investigată. Metoda panourilor Rankine 3D complet neliniară bazată pe domeniul temporal a fost eficientă, făcându-se totuși un compromis între acuratețea rezultatelor și timpul de calcul. Cu toate acestea, metoda nu a fost capabilă să surprindă toate fenomenele neliniare.

Un efect interesant de dublă rezonanță pe curba rezistenței adiționale în valuri a fost constatat la $V=0,664$ m/s, ceea ce corespunde unui număr Froude de 0,13. În acest caz, curba de rezistență adăugată a prezentat două maxime locale, unul la $\lambda/LPP = 0,875$ și celălalt la 1,125, care sunt mai semnificative odată cu creșterea valului. O analiză sistematică aprofundată a înregistrărilor efectuate în timpul experimentelor a condus la concluzia că nicio modificare semnificativă a valului de prova nu poate dovedi scăderea rezistenței adăugate de val la λ/LPP egală cu 1,0.

Măsurătorile experimentale și studiul CFD efectuat pe nava DTC în cadrul prezentei cercetări au dovedit că eficacitatea teoriei liniare în prezicerea rezistenței adăugate poate fi limitată, deoarece coeficientul de rezistență adițională în valuri utilizat în mod obișnuit se reduce odată cu creșterea valurilor. Schimbarea puterii amplitudinii valurilor la 1,75 în expresia coeficientului de rezistență adițională în valuri a îmbunătățit corelația dintre înălțimea valurilor și rezistența adițională în valuri.

Cercetările ulterioare se vor concentra pe o analiză mai aprofundată a cauzei apariției fenomenului de dublă rezonanță, pe baza experimentelor efectuate în jurul unei viteze de 0,664 m/s și a calculului RANS nestaționare.

Studiile prezentate în acest capitol reprezintă o versiune extinsă și actualizată a articolelor publicate inițial:

1. **Chiroșcă Ana-Maria**, Antonio Medina, Florin Pacuraru, Simone Saettone, Liliana Rusu, Sandita Pacuraru. 2023. Experimental and Numerical Investigation of the Added Resistance in Regular Head Waves for the DTC Hull. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2023, 11, 852, <https://doi.org/10.3390/jmse11040852>, Impact factor 2,744, Q1.

CAPITOLUL 6 - CONCLUZII

6.1 Concluzii generale

Europa are o istorie îndelungată în ceea ce privește transportul maritim și deține în prezent cea mai mare flotă din lume, cu aproximativ jumătate din tonaj. Transportul internațional, precum și cel intraeuropean, este posibil prin intermediul transportului maritim și pe canale interioare. Toate tipurile de mărfuri se pot transporta pe cale maritimă, adesea pe distanțe de mii de kilometri, inclusiv gaz, petrol, cereale, alimente, îmbrăcăminte, jucării, mobilier și automobile și multe altele.

Cu atât de multe avantaje față de transportul convențional, transportul maritim este extrem de popular. Capacitatea de a muta cantități mari de bunuri și costul său redus sunt principalele avantaje ale acestei forme de transport.

De asemenea, transportul maritim este considerabil mai puțin dăunător mediului decât transportul aerian, rutier și feroviar. O dezvoltare și mai mare a acestei forme de transport ar putea fi posibilă odată cu avansarea tehnologiei pe piața transportului pe apă și înlocuirea flotei actuale cu nave capabile să transporte mai multe mărfuri și să se deplaseze mai repede. Diminuarea emisiilor de gaze și a consumului de combustibil de către nave este un alt factor care trebuie luat în considerare pentru a crește impactul asupra mediului înconjurător. Optimizarea fluxului de trafic poate reduce, de asemenea, cheltuielile, cum ar fi taxele portuare și timpul pierdut atunci când o navă este nevoită să aștepte trecerea unei alte nave sau este imobilizată.

Sectorul construcțiilor navale are o influență substanțială asupra evoluțiilor economice și tehnologice din bazinul maritim european, în ceea ce privește circulația maritimă a mărfurilor și a persoanelor. Chiar dacă criza pandemică COVID-19 și războiul dintre Ucraina și Rusia au îngreunat transportul de pasageri, transportul de mărfuri continuat să crească datorită cererii puternice de pe piață. Din aceste motive, este important să analizăm modul în care se desfășoară transportul maritim și problemele cu care se confruntă, atât pentru a-l optimiza, astfel încât să putem beneficia de avantajele sale, cât și pentru a preveni numeroasele accidente maritime.

Evaluarea traficului maritim și a comportamentului navelor în mările europene reprezintă obiectivul principal al tezei de doctorat. Pentru fiecare diviziune a mărilor europene, au fost cercetate intensitatea traficului maritim, tipurile de nave și problemele cu care se confruntă acestea. Pentru principalele rute maritime din Europa, a fost determinat climatul vântului și al valurilor. Aceste constatări au fost legate de comportamentul unei nave portcontainer în apă calmă, valuri regulate și valuri neregulate.

Condițiile meteorologice, în special parametrii vântului și ai valurilor, reprezintă unul dintre elementele majore care influențează transportul maritim. Cunoașterea climatului vântului și al valurilor este un alt factor crucial. Aceasta contribuie la reducerea ratelor de accidente în locațiile vulnerabile la condițiile meteorologice severe, precum și în zonele de coastă, unde există mai multă aglomerație, mai puțin spațiu de manevră și ape mai puțin adânci.

Când vine vorba de proiectarea navelor, este necesar să se studieze și să se evalueze caracteristicile hidrodinamice ale navei încă de la proiectarea preliminară, înainte de a trece la procesele de proiectare ulterioare. Rezolvarea problemei complicate și dificile a hidrodinamicii navelor implică, de obicei, fie metode empirice, fie simulări numerice, fie teste experimentale.

Cel mai comun tip de navă din mările europene, nava portcontainer, a făcut obiectul modelelor numerice și al experimentelor practice din acest studiu pentru a examina modul în care se comportă atât în condiții de apă calmă, cât și în valuri.

Unul dintre elementele care afectează în mod semnificativ rezistența totală a navei este rezistența adițională în valuri. Evaluarea performanțelor navelor și elaborarea de soluții pentru a diminua efectele negative ale transportului maritim asupra mediului se poate face prin evaluarea efectului rezistenței adiționale în valuri asupra consumului de energie. Ruta și viteza

navei pot fi optimizate pentru a economisi consumul de combustibil prin prezicerea rezistenței adiționale în valuri.

Deși valurile regulate sunt bune pentru marinari, valurile neregulate sunt mai frecvente și au un efect considerabil mai mare asupra rezistenței totale. Pentru a prognoza în mod corespunzător comportamentul navelor, ar trebui să se investigheze ce stare a mării se regăsește pe fiecare rută din Europa. Deoarece navele se deplasează cu o viteză de aproape 10 noduri în regiunea portuară și în zona canalelor, ar trebui efectuate investigații și la viteze mai mici. Una dintre potențialele direcții viitoare ale tezei este această investigație.

Prin urmare, transportul maritim este și va continua să fie un segment semnificativ al comerțului atât în interiorul, cât și în afara Europei, iar sectorul evoluează și se îmbunătățește continuu pentru a oferi cel mai eficient tranzit al mărfurilor și pasagerilor.

6.2 Contribuții proprii

- Studii privind traficul maritim din mările europene și identificarea principalelor rute maritim;
- Analiza statistică a datelor din perioada 2010-2019 pe tipuri de nave care tranzitează mările europene. Identificarea principalelor tipuri de nave, tipuri de mărfuri și porturile principale din Europa, realizarea de diverse clasificări din care rezultă impactul major al transportului maritim în economia Europei;
- Analiza caracteristicilor mărilor europene; Cercetări privind climatul de vânt și val din mările europene, cu evidențierea condițiilor extreme; Identificarea condițiilor de vânt și val de-a lungul principalelor rute maritime;
- Proiecții ale condițiilor de vânt și val din viitorul apropiat de-a lungul principalelor rute maritime din Marea Neagră; Evaluarea impactului produs de schimbările climatice prin comparații între condițiile din trecut și viitorul apropiat;
- Realizarea de simulări numerice cu diverse softuri pe o navă port-container în apă calmă și valuri (regulate și neregulate);
- Teste experimentale pentru o navă port-container în apă calmă și valuri; Realizarea de simulări numerice și compararea rezultatelor cu testele experimentale.

6.3 Direcții de cercetare viitoare

- Incluziunea unei serii de viteze mai mici, specifice zonelor portuare și canalelor, în analiza navei portcontainer în valuri neregulate;
- Examinarea unor probleme suplimentare cu care se pot confrunta navele de transport;
- Îmbunătățirea rutelor maritime în apele europene pentru a reduce consumul de combustibil și, în consecință, emisiile de carbon;
- Cercetări privind parcurile eoliene din apropierea zonelor portuare.

Lista lucrărilor științifice elaborate de autor

Rezultatele cercetării au fost diseminate prin 22 articole științifice și prezentări la conferințe (primul autor pentru 21 dintre ele): 2 articole publicate în jurnale ISI (Q1), 1 articol publicat în volum conferință indexată ISI, 5 articole publicate în reviste indexate BDI, 7 articole publicate în volumele unor conferințe indexate Scopus, 7 prezentări la conferințe naționale cu participare internațională.

A1 Lucrări publicate în jurnale și proceeding-uri ISI

1. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, Bleoju Anca, 2022. Study on wind farms in the North Sea area, *Energy Reports*, Volume 8, Supplement 16, Pages 162-168, ISSN 2352-4847, <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.10.244>, Impact factor 4,937
2. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2022. Characteristics of the wind and wave climate along the European seas focusing on the main maritime routes, *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(1), 75. <https://doi.org/10.3390/jmse10010075> Impact factor 2,744, Q1
3. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2021. Comparison Between Model Test and Three CFD Studies for a Benchmark Container Ship, *Journal of Marine Science and Engineering*, 9 (1), 62. <https://doi.org/10.3390/jmse9010062> Impact factor 2,744, Q1
4. **Chiroșcă Ana-Maria**, Antonio Medina, Florin Pacuraru, Simone Saettone, Liliana Rusu, Sandita Pacuraru. 2023. Experimental and Numerical Investigation of the Added Resistance in Regular Head Waves for the DTC Hull. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2023, 11, 852, <https://doi.org/10.3390/jmse11040852>, Impact factor 2,744, Q1.

A2 Lucrări publicate în reviste BDI

1. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2021. The Characteristics of the North Sea and its Importance for Maritime Transport, *AUDOE*, Vol. 17, No. 6/2021, pp. 224-229, ISSN: 2065-0175, <https://dj.univ-danubius.ro/index.php/AUDOE/article/view/1481>
2. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2021. The Use of CFD Methods in the Shipbuilding Industry and their Benefits, *AUDOE*, Vol. 17, No. 6/2021, pp. 262-269, ISSN: 2065-0175, <https://dj.univ-danubius.ro/index.php/AUDOE/article/view/1484>
3. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2021. Statistical and Economic Analysis of the Rhine-Main-Danube Canal, the Bridge Between the North Sea and the Black Sea, *Journal of Danubian Studies and Research*, Vol. 11, No. 1/2021, pp. 184-191, ISSN 2284-5224, <https://dj.univ-danubius.ro/index.php/JDSR/article/view/1288/1491>
4. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2021. Study on Navigation Conditions and Shipping Traffic on the Danube in the Period 2010-2020, *Journal of Danubian Studies and Research*, Vol. 11, No. 1/2021, pp. 192-201, ISSN 2284-5224, <https://dj.univ-danubius.ro/index.php/JDSR/article/view/1301/1490>
5. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2019. Marine Traffic on Mediterranean Seas and its divisions, *Mechanical Testing and Diagnosis*, Volume 4, pp. 11-18, ISSN 2247 – 9635, 2019 (IX) <https://doi.org/10.35219/mtd.2019.4.02>

A3 Lucrări publicate în volumele unor conferințe internaționale

1. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2022. Study of climate changes and their impact on maritime transport in the Black Sea area, Proceedings of 22nd International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2022, Volume 22, Issue 3.1. <https://doi.org/10.5593/sgem2022/3.1/s12.22>
2. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2021. The Economic Importance of Navigation Along the Danube-Black Sea Channel, presented at XXIth International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying, Geology and Mining, Ecology, and Management – SGEM 2021, 14 -22 August, Albena, Bulgaria, Volume 21, 3.1, pages 297-306. <https://doi.org/10.5593/sgem2021/3.1/s12.45>
3. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, Păcuraru Florin, 2021. Study on the behavior of benchmark container ships in regular waves, International Conference: Modern Technologies in Industrial Engineering IX (ModTech 2021), June 23-26, Eforie Nord, România, Vol. 1182. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1182/1/012013>, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1182/1/012013/meta>
4. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, 2020. Statistical analysis of the types of ships that have crossed the European ports in the last decade. 20th SGEM International Scientific Conferences on Earth & Planetary Sciences, Extended Scientific Sessions „GREEN SCIENCE FOR GREEN LIFE” SGEM Vienna GREEN 8-11 December 2020, Vol. 20, 249-256, ISBN 978-619-7603-17-0. <https://doi.org/10.5593/sgem2020V/1.3/s02.31> (indexed Scopus)
5. **Chiroșcă Ana-Maria**, Gasparotti Carmen, 2020. Comparison between model test and numerical simulations for a container ship, Proceeding of the 5th International Conference on Maritime Technology and Engineering (Martech2020), Volum Developments in Maritime Technology and Engineering, Editor Francis & Taylor Group, UK, 16-19 November, Lisbon, Portugal, eBook ISBN 9781003216599 <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003216599-9/comparison-model-test-numerical-simulations-container-ship-chirosca-gasparotti>
6. Vazdoaga, I., **Chirosca, A.**, Rusu, L., Popa, V. -I., 2020. Extreme phenomena on Danube hydrodynamics and the influence on the navigation conditions, 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020, 18 - 24 August 2020, Vol. 20, 123-130, ISBN:978-619-7603-08-8 <https://doi.org/10.5593/sgem2020/3.1/s12.016> (indexată Scopus)
7. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana 2020. Sea state characteristics and the maritime traffic in the European seas, 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, 18 - 24 August, Vol. 20, 1314-2704, ISBN:978-619-7603-08-8, <https://doi.org/10.5593/sgem2020/3.1/s15.111> (indexată Scopus)

A4 Lucrări prezentate la conferințe naționale cu participare internațională

1. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, „Numerical Simulations on Irregular waves for a container ship” presented 10th edition of the Scientific Conference organized by the Doctoral Schools of “Dunărea de Jos” University of Galați (SCDS-UDJG), 9-10 June 2022, Galați, România (award-winning presentation – first prize)
2. **Chiroșcă Ana-Maria**, Dănilă (Vâzdoagă) Ionela, Rusu Liliana, Popa Victor-Ionuț, Navigation conditions and restrictions along the Danube-Black Sea channel, presented at 9th edition of the Scientific Conference organized by the Doctoral Schools of “Dunărea de Jos” University of Galați (SCDS-UDJG), 10-11 June 2021, Galați, România

3. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, Evaluation of the maritime traffic, accidents and causalities in the European seas, presented at 9th edition of the Scientific Conference organized by the Doctoral Schools of "Dunărea de Jos" University of Galați (SCDS-UDJG), 10-11 June 2021, Galați, România
4. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, Analysis of the wave and wind conditions along the European seas for the last twenty years, presented at 9th edition of the Scientific Conference organized by the Doctoral Schools of "Dunărea de Jos" University of Galați (SCDS-UDJG), 10-11 June 2021, Galați, România (award-winning presentation)
5. **Chiroșcă Ana-Maria**, Dănilă (Vâzdoagă) Ionela, Rusu Liliana, Popa Victor-Ionuț, 2020. Danube Hydrodynamics and Navigation Traffic, presented at the 8th edition of the Scientific Conference organized by the Doctoral Schools of "Dunărea de Jos" University of Galați (SCDS-UDJG), 18-19 June 2020, Galați, România.
6. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, Marine Traffic on Mediterranean Seas and its Divisions, presented at the 8th edition of the Scientific Conference organized by the Doctoral Schools of "Dunărea de Jos" University of Galați (SCDS-UDJG), 18-19 June 2020, Galați, România
7. **Chiroșcă Ana-Maria**, Rusu Liliana, Comparison Between Model Test and Three CFD Studies for a Benchmark Container Ship presented at 8th edition of the Scientific Conference organized by the Doctoral Schools of "Dunărea de Jos" University of Galați (SCDS-UDJG), 18-19 June 2020, Galați, România (award-winning presentation)

A5 Proiecte

1. Parte integrată din grupul țintă – doctoranzi în cadrul proiectului Excelența academică și valori antreprenoriale - sistem de burse pentru asigurarea oportunităților de formare și dezvoltare a competențelor antreprenoriale ale doctoranzilor și postdoctoranzilor – **ANTREPRENORDOC**, POCU/ 380/6/13/ „Sprijin pentru doctoranzi și cercetători post-doctorat”, finanțat din Fondul Social European prin PROGRAMUL OPERAȚIONAL CAPITAL UMAN în perioada Mai 2021 - Mai 2022
2. Membru în echipa de cercetare a proiectului **CLIMEWAR** (CLimate change IMPact Evaluation on future WAVE conditions at Regional scale for the Black and Mediterranean seas marine system), susținut de Agenția Executivă pentru Finanțarea Învățământului Superior, a Cercetării, Dezvoltării și Inovării din România - UEFISCDI, număr de grant PN-III-P4-PCE-2021-0015.

A6 Premii

1. Premiu de excelență pentru rezultatele excelente în activitatea de cercetare doctorală în cadrul Universității "Dunărea de Jos" Galați, 8 Decembrie 2022
2. Premiu 1 pentru prezentarea lucrării "Numerical Simulations on Irregular waves for a container ship" în cadrul conferinței 10th edition of the Scientific Conference organized by the Doctoral Schools of "Dunărea de Jos" University of Galați (SCDS-UDJG), 9-10 Iunie 2021, Galați, România
3. Premiu de excelență pentru rezultatele excelente în activitatea de cercetare doctorală în cadrul Universității "Dunărea de Jos" Galați, 8 Decembrie 2021
4. Premiul 2 pentru prezentarea lucrării "Study on the behavior of benchmark container ships in regular waves" în cadrul conferinței ModTech 2021, International Conference, 23-26 Iunie 2021, Eforie Nord, România
5. Premiera articolului "Comparison Between Model Test and Three CFD Studies for a Benchmark Container Ship" în cadrul Competiției PRECISI 2021, Premiera rezultatelor cercetării - articole de către UEFISCDI, Septembrie, 2021

6. Premiul 2 pentru prezentarea lucrării "Evaluation of the maritime traffic, accidents and causalities in the European seas" în cadrul conferinței 9th edition of the Scientific Conference organized by the Doctoral Schools of "Dunărea de Jos" University of Galați (SCDS-UDJG), 10-11 Iunie 2021, Galați, România
7. Premiul 3 pentru prezentarea lucrării "Comparison Between Model Test and Three CFD Studies for a Benchmark Container Ship " în cadrul conferinței 8th edition of the Scientific Conference organized by the Doctoral Schools of "Dunărea de Jos" University of Galați (SCDS-UDJG), 18-19 June 2021, Galați, România, 10-11 Iunie 2021, Galați, România

REFERINȚE

- [1] "The EU in the world – transport", <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/>, accessed on 21.05.2020
- [2] "Mobility and Transport, Maritime Year: EU priorities and actions", <https://ec.europa.eu/transport/modes/maritime/maritime-transport/>, accessed on 21.05.2020
- [3] Dragan Cristian, Developments of maritime transport economy in Europe, Constanta Maritime University Annals, 2012, vol. 17(1), pages 257-260.
- [4] Marine Traffic: Global Ship Tracking Intelligence, Live Ships Map, <https://www.marinetraffic.com>, accessed in 18.03.2022
- [5] B. Benli (UNDP), S. Kalem (WWF), A. Kıdeyş (BSC PS), K. Özen (TCCC), A. Pogrebnyak (UNDP), N. Araç (WWF), Black Sea Box Project, Part 3, ISBN: 978-605-61279-0-8, 2012-2013
- [6] Agshin Mukhtarov, "A case study: feasibility analysis of container feeder vessel as a short sea shipping services in the Caspian Sea", 2018, World Maritime University Dissertations, https://commons.wmu.se/all_dissertations/623/
- [7] Azad Garibov, The Trans-Caspian Corridor: Geopolitics of Transportation in Central Eurasia, 2016, Caucasus International, 6(1)
- [8] A. Abdulla, O. Linden (editors), Maritime traffic effects on biodiversity in the Mediterranean Sea: Volume 1 -Review of impacts, priority areas and mitigation measures, 2008, Malaga, Spain: IUCN Centre for Mediterranean Cooperation, 184 pp., <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2008-042-1.pdf>
- [9] Traffic through the world's leading ports in the first half of 2022, Anne Kerriou, September 2022, Retrieved from <https://market-insights.upply.com/en/traffic-through-the-worlds-leading-ports-in-the-first-half-of-2022>
- [10] Chiroșcă Ana-Maria, Rusu Liliana, The Characteristics of the North Sea and its Importance for Maritime Transport, AUDOE, Vol. 17, No. 6/2021, pp. 224-229, ISSN: 2065-0175, <https://dj.univ-danubius.ro/index.php/AUDOE/article/view/1481>
- [11] Baltic LINes (2016): Shipping in the Baltic Sea – Past, present and future developments relevant for Maritime Spatial Planning. Project Report I, https://vasab.org/wp-content/uploads/2018/06/Baltic-LINes-Shipping_Report-20122016.pdf
- [12] Magdalena Matczak, QUO VADIS - Exploring the future of shipping in the Baltic Sea, July 2018, Interreg Baltic Sea Region, https://vasab.org/wp-content/uploads/2018/08/20180730_FutureShippingQuoVadis.pdf
- [13] Churchill, R., & Ulfstein, G. (2005), Marine management in disputed areas: the case of the Barents Sea. Routledge
- [14] Z. R. Radmilovic, V. Masas (2011), Role of Danube Inland Navigation in Europe, International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2011, 1(1): 28 – 40.
- [15] Vazdoaga, I., Chiroșca, A., Rusu, L., Popa, V. -I., 2020. Extreme phenomena on Danube hydrodynamics and the influence on the navigation conditions, 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020, 18 - 24 August 2020, Vol. 20, 123-130, ISBN:978-619-7603-08-8, <https://doi.org/10.5593/sgem2020/3.1/s12.016>
- [16] Chiroșcă Ana-Maria, Rusu Liliana, 2021. The Economic Importance of Navigation Along the Danube-Black Sea Channel, presented at XXIth International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying, Geology and Mining, Ecology, and Management – SGEM 2021, 14 -22 August, Albena, Bulgaria, Volume 21, 3.1, pages 297-306, <https://doi.org/10.5593/sgem2021/3.1/s12.45>
- [17] Cosmin Katona, Alecu Toma, The cargo evolution transportation on Romanian Waterways Cernavodă – Agigea and Poarta Albă – Midia Năvodari, "Mircea cel Batran" Naval Academy Scientific Bulletin, Volume XVIII – 2015 – Issue 1, https://www.anmb.ro/buletinstiintific/buletine/2015_Issue1/NMS/49-51.pdf
- [18] Waterway Administration: <https://www.acn.ro/index.php/ro/> accessed in January 2023

- [19] Retrieved from <https://www.danube-logistics.info/travel-time-calculator/>, in July 2021
- [20] Chiroșcă Ana-Maria, Rusu Liliana, Statistical and Economic Analysis of the Rhine-Main-Danube Canal, the Bridge Between the North Sea and the Black Sea, Journal of Danubian Studies and Research, Vol. 11, No. 1/2021, pp. 184-191, ISSN 2284-5224, <https://dj.univ-danubius.ro/index.php/JDSR/article/view/1288/1491>
- [21] Review of Maritime Transport, 2021. United Nations Conference on Trade and Development, UNCTAD/RMT/2021, ISBN 978-92-1-113026-3, ISSN 0566-7682, https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2021_en_0.pdf
- [22] Grossmann, H. Otto, A., Stiller, S., Wedmeier, J., 2007. Growth potential for maritime trade and ports in Europe, *Intereconomics* 42, 226–232, <https://doi-org.am.e-information.ro/10.1007/s10272-007-0223-x>
- [23] Dupont, C., Gourmelon, F., Meur-Ferec, C., Herpers, F., Le Visage, C., 2020. Exploring uses of maritime surveillance data for marine spatial planning: A review of scientific literature, *Marine Policy* 117, 103930
- [24] Chiroșcă Ana-Maria, Rusu Liliana, 2020. Statistical analysis of the types of ships that have crossed the European ports in the last decade. 20th SGEM International Scientific Conferences on Earth & Planetary Sciences, Extended Scientific Sessions „GREEN SCIENCE FOR GREEN LIFE” SGEM Vienna GREEN 8-11 December 2020, Vol. 20, 249-256, ISBN 978-619-7603-17-0, <https://doi.org/10.5593/sgem2020V/1.3/s02.31>
- [25] Maritime Trade Disrupted, The war in Ukraine and its effects on maritime trade logistics, United Nations Conference on Trade and Development, 28 June 2022, https://unctad.org/system/files/official-document/osqinf2022d2_en.pdf
- [26] Kluge, L., Schwarze, B., Spiekermann, K., 2017. Accessibility by sea indicators, D2-Final Report, Spiekermann & Wegener Urban and Regional Research (S&W), ESPON 2020 Programmer, January 2017
- [27] International Transport Forum, The Impact of Mega-Ships, OECD/ITF project, https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/15cspa_mega-ships.pdf
- [28] Sys, C., Blauwens, G., Omeij, E., Van De Voorde, E., Witlox, F., 2008. In Search of the Link between Ship Size and Operations, *Transportation Planning and Technology*, 31(4), 435-463, [DOI: 10.1080/03081060802335109](https://doi.org/10.1080/03081060802335109)
- [29] Reference Manual on Inland Waterways Transport Statistics, Version 9.1, April 2018, Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/> accessed in February 2021
- [30] David Guerrero, Jean-Paul Rodrigue, The waves of containerization: shifts in global maritime transportation, *Journal of Transport Geography*, Volume 34, 2014, Pages 151-164, ISSN 0966-6923, <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.12.003>
- [31] Peter Wild, John Dearing, Development of and prospects for cruising in Europe, *Maritime Policy & Management*, Volume 27, 2000 – Issue 4, Pages 315-333, <https://doi.org/10.1080/030888300416522>
- [32] Chiroșcă Ana-Maria, Rusu Liliana, 2022. Characteristics of the wind and wave climate along the European seas focusing on the main maritime routes, *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(1), 75. <https://doi.org/10.3390/jmse10010075>.
- [33] Rusu L., Raileanu A. B., Onea F. A Comparative Analysis of the Wind and Wave Climate in the Black Sea Along the Shipping Routes. *Water*. 2018; 10(7):924. <https://doi.org/10.3390/w10070924>.
- [34] Reistad, M., Breivik, Ø., Haakenstad, H., Aarnes, O. J., Furevik, B. R., and Bidlot, J.-R. (2011), A high-resolution hindcast of wind and waves for the North Sea, the Norwegian Sea, and the Barents Sea, *J. Geophys. Res.*, 116, C05019, <https://doi.org/10.1029/2010JC006402>.
- [35] Rusu, L., A projection of the expected wave power in the Black Sea until the end of the 21st century, *Renewable Energy*, Vol. 160, pp 136-147, 2020.
- [36] Bricheno, L.M., Wolf, J., Future wave conditions of Europe, in response to high-end climate change scenarios, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, Vol. 123/issue 12, pp 8762-8791, 2018

- [37] Thomas Neumann, Climate-change effects on the Baltic Sea ecosystem: A model study, *Journal of Marine Systems*, Volume 81, Issue 3, 2010, Pages 213-224, ISSN 0924-7963, <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2009.12.001>.
- [38] Vettor, R.; Soares, C.G. Characterization of the expected weather conditions in the main European coastal traffic routes. *Ocean. Eng.* 2017, 140, 244–257.
- [39] Rusu, E. A 30-year projection of the future wind energy resources in the coastal environment of the Black Sea. *Renew. Energy* 2019, 139, 228–234.
- [40] Lobeto, H.; Menendez, M.; Losada, I.J. Future behavior of wind wave extremes due to climate change. *Sci. Rep.* 2021, 11, 7869
- [41] Interactive map of the Ship Observations Team (SOT). Retrieved from <https://www.ocean-ops.org/sot/> in December 2021
- [42] Global Sipping Routes, ArcGIS platform. Retrieved from <https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>, in December 2021
- [43] ECMWF Reanalysis v5 (ERA5). Available online: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/dataset/ecmwf-reanalysis-v5> (accessed on 12 July 2021).
- [44] Hersbach, H.; Bell, B.; Berrisford, P. The ERA5 global reanalysis. *QJR Meteorol Soc.* 2020, 146, 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>.
- [45] Dee, D.P.; Uppala, S.M.; Simmons, A.J.; Berrisford, P.; Poli, P.; Kobayashi, S.; Andrae, U.; A, M.; Balmaseda; Balsamo, G.; Bauer, P.; et al. The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 2011, 137, 553–597.
- [46] Soares Guedez C., Diaz H. (2020) "Review of the current status, technology and future trends of offshore wind farms" *Ocean Engineering* 209 (2020) 107381
- [47] Gutowski, W.J., Jr.; Giorgi, F.; Timbal, B., et al. WCRP COordinated Regional Downscaling EXperiment (CORDEX): A diagnostic MIP for CMIP6. *Geosci. Model Dev.* 2016, 9, 4087–4095.
- [48] Thomson A.M., Calvin K.V., Smith S.J., et al. "RCP4.5: a pathway for stabilization of radiative forcing by 2100" *Climatic Change*, 109 (2011), p. 77, <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0151-4>.
- [49] Buatois, A.; Gibescu, M.; Rawn, B.G.; Van der Meijden, A.M. Analysis of North Sea offshore wind power variability. *Resources* 2014, 3, 454–470.
- [50] Karagali, I.; Badger, M.; Hahmann, A.N.; Peña, A.; Hasager, C.B.; M, A. Sempreviva. Spatial and temporal variability of winds in the Northern European Seas. *Renew. Energy* 2013, 57, 200–210.
- [51] Moemken, J.; Reyers, M.; Feldmann, H.; Pinto, J.G. Future changes of wind speed and wind energy potentials in EURO-CORDEX ensemble simulations. *J. Geophys. Res. Atmos.* 2018, 123, 6373–6389.
- [52] Diaconita, A.; Andrei, G.; Rusu, L. New insights into the wind energy potential of the west Black Sea area based on the North Sea wind farms model. *Energy Rep.* 2021, 7, 112–118.
- [53] Akpınar, A.; Bingölbali, B.; van Vledder, G.P. Wind and wave characteristics in the Black Sea based on the SWAN wave model forced with the CFSR winds. *Ocean. Eng.* 2016, 126, 276–298.
- [54] Rusu, L. The wave and wind power potential in the western Black Sea. *Renew. Energy* 2019, 139, 1146–1158.
- [55] Koletsis, I.; Kotroni, V.; Lagouvardos, K.; Soukissian, T. Assessment of offshore wind speed and power potential over the Mediterranean and the Black Seas under future climate changes. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2016, 60, 234–245.
- [56] Soukissian, T.; Karathanasi, F.; Axaopoulos, P.; Voukouvalas, E.; Kotroni, V. Offshore wind climate analysis and variability in the Mediterranean Sea. *Int. J. Climatol.* 2018, 38, 384–402.
- [57] Menendez, M.D.C.R.; García-Díez, M.; Fita, L.; Fernández, J.; Méndez, F.J.; Gutiérrez, J.M. High-resolution Sea wind hindcasts over the Mediterranean area. *Clim. Dyn.* 2014, 42, 1857–1872.

- [58] Ana-Maria Chiroșca, Liliana Rusu, The Characteristics of the North Sea and its Importance for Maritime Transport, AUDOE, Vol. 17, No. 6/2021, pp. 224-229, ISSN: 2065-0175, <https://dj.univ-danubius.ro/index.php/AUDOE/article/view/1481>.
- [59] Retrieved from: <https://map.4coffshore.com/offshorewind/>. Accessed on 5 January 2022
- [60] European Marine Observation and Data Network (EMODnet). Available online: <https://www.emodnet-humanactivities.eu/> (accessed on 10 November 2022).
- [61] Chiroșcă Ana-Maria, Rusu Liliana, Wind climate analysis at the future wind farm positions in the Mediterranean Sea accepted for the proceedings of 2023 8th International Conference on Advances on Clean Energy Research, Barcelona, Spain, April 28-30
- [62] Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., et al.: The Mediterranean climate: An overview of the main characteristics and issues. *Developments in Earth and Environmental Sciences*, 4 (C), 1-26 (2006). [https://doi.org/10.1016/S1571-9197\(06\)80003-0](https://doi.org/10.1016/S1571-9197(06)80003-0).
- [63] Pryor, S.C., Barthelmie, R.J.: Climate change impacts on wind energy: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14(1), 430-437 (2010). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.028>.
- [64] Chiroșcă Ana-Maria, Rusu Liliana, 2022. Study of climate changes and their impact on maritime transport in the Black Sea area, Proceedings of 22nd International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2022, Volume 22, Issue 3.1. <https://doi.org/10.5593/sgem2022/3.1/s12.22>
- [65] Divinsky, B.V.; Fomin, V.V.; Kosyan, R.D.; Rather, Y.D. Extreme wind waves in the Black Sea. *Oceanologia* 2020, 62, 23–30.
- [66] Rutgersson, A.; Kjellström, E.; Haapala, J.; Stendel, M.; Danilovich, I.; Drews, M.; Jylhä, K.; Kujala, P.; Larsén, X.G.; Halsnæs, K.; et al. Natural hazards and extreme events in the Baltic Sea region. *Earth Syst. Dyn. Discuss.* 2021, 1–80, preprint. <https://doi.org/10.5194/esd-2021-13>.
- [67] Bernardino, M.; Rusu, L.; Soares, C.G. Evaluation of extreme storm waves in the Black Sea. *J. Oper. Oceanogr.* 2021, 14, 114–128.
- [68] Soomere, T.; Räämet, A. Spatial patterns of the wave climate in the Baltic Proper and the Gulf of Finland. *Oceanologia* 2011, 53, 335–371.
- [69] El. Moctar, O. Shigunov, V. and Zorn, T. Duisburg Test Case: Post-panamax container ship for benchmarking, *Ship Technology Research Schiffstechnik*, 2012, Vol. 59, No. 3, pp. 50-64.
- [70] Chiroșcă Ana-Maria, Rusu Liliana, Păcuraru Florin, 2021. Study on the behavior of benchmark container ships in regular waves, International Conference: Modern Technologies in Industrial Engineering IX (ModTech 2021), June 23-26, Eforie Nord, România, Vol. 1182. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1182/1/012013>, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1182/1/012013/meta>
- [71] Nimma, R.B., Arundeepan, V., Shashikala, A.P. (2018). Ship Motion in Viscous Flow under Irregular Waves. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, vol. 9, no. 4, 8-13, ISSN 2229-5518.
- [72] Havelock, T.H. The Resistance of a Ship among Waves. *Proc. Roy. Soc. London A*, 1937, 161, 299-308.
- [73] Maruo, H. The excess resistance of a ship in rough seas. *International Shipbuilding Progress* 1957, 4(35), 337-345.
- [74] Maruo, H. The drift of a body floating on waves. *Journal of Ship Research* 1960,4 (3), 1–10.
- [75] Maruo, H. Resistance in waves. 60th anniversary Series. *The Society of Naval Architects of Japan* 1963, 8, 67–102.
- [76] Joosen, W.P.A. Added resistance of ships in waves. In *Proceedings of the 6th Symposium on Naval Hydrodynamics*, Washington, D.C 1966, pp. 637.
- [77] J. Gerritsma, W. Beukelman. Analysis of the resistance increase in waves of a fast cargo ship, *International Shipbuilding Progress* 1972, 19(217), 285–293. <https://doi.org/10.3233/ISP-1972-1921701>.

- [78] N. Salvesen, Second-order steady state forces and moments on surface ships in oblique regular waves, International Symposium on Dynamics of Marine Vehicles and Structures in Waves 1974, Paper 22,225-241.
- [79] B. V. Korvin-Kroukovsky, W. R. Jaeobs. Pitching and Heaving Motions of a Ship in Regular Waves, TRANS. SNAME 1957, Vol. 65, 590-632.
- [80] Newman, J.N. Marine Hydrodynamics, 1st ed.; MIT Press: Cambridge, MA, USA, 1977
- [81] Faltinsen, O.M. Hydrodynamics of High-Speed Marine Vehicles. Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2005.
- [82] F. Belga, S. Sutulo, C. Guedes Soares. Comparative study of various strip-theory seakeeping codes in predicting heave and pitch motions of fast displacement ships in head seas. Progress in Maritime Engineering and Technology 2018.
- [83] M. Amini-Afshar, Salvesen's Method for Added Resistance Revisited. Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering 2021, vol. 143, no. 5, p. 051902.
- [84] B. Choi, P.R. Wellens and R.H.M. Huijsmans, Experimental assessment of effects of bow-wavebreaking on added resistance for the fast ship, International Shipbuilding Progress 66 (2019),111–143. doi:10.3233/ISP-180242.