



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟΛΟΥ ΠΛΟΙΩΝ ΒΑΣΕΙ ΜΕΘΟΔΩΝ
ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ

ΕΙΡΗΝΗ-ΑΣΗΜΙΝΑ ΣΤΑΜΑΤΟΠΟΥΛΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΧΡΥΣΟΣΤΟΜΟΣ ΔΟΥΚΑΣ
ΑΝΑΠΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Ιούλιος 2020

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ολοκληρώνεται η φοίτησή μου στο Διατμηματικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «Τεχνοοικονομικά Συστήματα» που συντονίζει η Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ). Κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών είχα την ευκαιρία να συνεργαστώ με αξιόλογους ανθρώπους οι οποίοι με το παράδειγμά τους με ενέπνευσαν και ταυτόχρονα αφιερώθηκαν στο εκπαιδευτικό έργο, έτσι ώστε να ολοκληρώσω το μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών με διευρυμένους ορίζοντες και εφοδιασμένη με νέες τεχνικές, γνώσεις και δεξιότητες.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στον επιβλέποντα της παρούσας εργασίας κ Δρ. Χρυσόστομο (Χάρη) Δούκα, Αναπληρωτή Καθηγητή στη Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ), για την ευκαιρία, την εμπιστοσύνη καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές του και την καθοδήγησή που μου παρείχε σε όλη τη φάση εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους όσους ήταν δίπλα μου και στήριξαν την προσπάθειά μου με την καλοκαρδία, την εμπιστοσύνη και την αστείρευτη αγάπη τους. Το παράδειγμά τους ήταν για εμένα η μεγαλύτερη πηγή έμπνευσης και κινητήριος δύναμη. Η εργασία αυτή είναι αφιερωμένη σε εσάς !

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στη θεματική γύρω από τη βιωσιμότητα των θαλασσιών μεταφορών και πιο συγκεκριμένα, στη δημιουργία και την εφαρμογή ενός μοντέλου υποστήριξης αποφάσεων στηριζόμενο σε πολλαπλά κριτήρια για την αποτίμηση της βιωσιμότητας του δομικού στοιχείου των θαλασσιών μεταφορών, το πλοίο. Ως εναρκτήριο σημείο επιλέχθηκε ο ορισμός της βιωσιμότητας στην περίπτωση των θαλασσιών μεταφορών ακολουθώντας τα διεθνή πρότυπα και τη βιβλιογραφία. Τα τελευταία χρόνια ο όρος βιωσιμότητα έχει υπερχρησιμοποιηθεί, με αποτέλεσμα συχνά να υπάρχουν ασάφειες τόσο ως προς την ερμηνεία ή/και τα όρια του συστήματος, όσο και κατά την αποτίμησή της βιωσιμότητας ως δείκτη μέτρησης της επίδοσης μιας εταιρείας, μιας υπηρεσίας ή ενός προϊόντος. Για λόγους πληρότητας, πέρα από τον ορισμό η συγγραφέας περιγράφει τα όρια του συστήματος τα οποία αξιολογούνται ως προς τους τρεις πυλώνες της βιωσιμότητας, δηλαδή την οικονομία, το περιβάλλον και την κοινωνία.

Εφόσον το πεδίο εφαρμογής είναι πλέον σαφώς ορισμένο, ακολούθησε η επιλογή συγκεκριμένων ποιοτικών ή ποσοτικών κριτηρίων (Key Performance Indicators, KPIs). Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι επί του παρόντος, οι βέλτιστες πρακτικές αξιολόγησης αποδοτικότητας μιας ναυτιλιακής εταιρείας ή ενός πλοίου στηρίζεται στη χρήση δεικτών KPIs. Παρόλα αυτά, σχεδόν στο σύνολο τους οι μεθοδολογίες αυτές αντιμετωπίζουν τα διαφορετικά κριτήρια ισοβαρώς. Έτσι μπορεί στο ίδιο σύστημα αξιολόγησης τα ατυχήματα που οδήγησαν σε απώλεια ζωής να έχουν θεωρητικά την ίδια βαρύτητα με την καταπάτηση του κανονισμού για το έρμα. Οι ειδικοί μπορούν με άνεση να διακρίνουν τη σημαντικότητα των διαφορετικών κριτηρίων αλλά δεν υπάρχει για την ώρα διαφοροποίηση ως προς τη βαρύτητα. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκε ένα ερωτηματολόγιο για την αξιολόγηση των κριτηρίων και την αποτίμηση της βαρύτητας. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν η Analytical Hierarchical Process, AHP.

Το μοντέλο υποστήριξης αποφάσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη λήψης απόφασης για την πλοιοκτητρία ή τη ναυτιλιακή εταιρεία τόσο σε επίπεδο στρατηγικό (επιλογή στόλων) όσο και κατά τον επιχειρησιακό σχεδιασμό της λειτουργίας ενός συγκεκριμένου πλοίου. Η εργασία αυτή ολοκληρώνεται με την εφαρμογή τριών μεθοδολογιών πολυκριτηριακής ανάλυσης (PROMETHE, και

Αξιολόγηση στόλου φορτηγών πλοίων με χρήση πολυκριτηριακών μεθόδων: Εφαρμογή με κριτήρια βιωσιμότητας της βιωσιμότητας

TOPSIS) για στόλο φορτηγών πλοίων με στόχο την κατάταξή τους ως προς τη βιωσιμότητα τους. Καθώς ο μέσος χρόνος λειτουργίας ενός πλοίου έχει διάρκεια συχνά έως τα 25 έτη τα δεδομένα εισαγωγής στο μοντέλο αφορούν διάστημα 9 μηνών ώστε το μοντέλο να λαμβάνει υπόψιν και τη φάση της συντήρησης.

Λέξεις Κλειδιά: Αξιολόγηση Βιωσιμότητας, Πολυκριτηριακή Ανάλυση, PROMETHEE, , TOPSIS

Abstract

The present paper focuses on the maritime transport sustainability and, more specifically, on the development and implementation of a decision support tool based on multiple criteria for assessing the sustainability of the shipping's vital component, the ship. In recent years, the term sustainability has been overused, resulting often in ambiguities both in the interpretation and / or the limits of the system, while assessing the sustainability as an indicator of the performance of a company, service or product. In addition to the definition, the author describes the limits of the system which have been selected in order to incorporate all the three pillars of the sustainability; namely the environment, the economy and the society.

As the scope of the thesis has been clearly defined, the selection of specific quality or quantitative criteria (Key Performance Indicators, KPIs) has followed. At this point, it should be emphasized that currently the best practices for evaluating the efficiency of a shipping company or a ship are based on the use of KPIs. However, almost all of these applications being studied, meet the different criteria equally. Therefore, in the same evaluation system, accidents that have resulted in loss of life may be considered equally weighted as violating the ballast regulation. Decision makers could easily distinguish the importance of different criteria but there is currently no difference in the weighting system. Therefore, a questionnaire has been developed in order to assess the criteria and assess weights. The Analytical Hierarchical Process, AHP methodology has been used in order to assign the proper weights based on expert's judgment.

The decision support model can be used to support decision-making on behalf of the shipowner or shipping company both at the strategic level (fleet selection) and in the operational planning of the operation profile of a given ship. This dissertation has been concluded with the implementation of three different multi-criteria decision analysis methodologies (PROMETHE, and TOPSIS) for a fleet of bunk carriers, aiming at classifying them based on their sustainability performance. Given that the average operating time of a ship is often up to 25 years, the input data represent a study period of 9 months long so that the model to incorporate also the maintenance phase.

Αξιολόγηση στόλου φορτηγών πλοίων με χρήση πολυκριτηριακών μεθόδων: Εφαρμογή με κριτήρια βιωσιμότητας της βιωσιμότητας

The master thesis is structured as follows: Starting from the basis with the definition of the sustainability in the maritime domain has been chosen, following the international standards by the literature and the policy makers concluding with the application of the model.

Keywords: *Sustainability Assessment; Multicriteria Decision Making Analysis; PROMETHEE;; TOPSIS*

Πίνακας Περιεχομένων

Κατάλογος Συντομογραφιών.....	11
1. Εισαγωγή.....	12
1.1. Περιγραφή της υπάρχουσας κατάστασης και τάσεις για το θαλάσσιο εμπόριο.....	13
1.2. Κανονιστικό Πλαίσιο & Διεθνείς Συμβάσεις.....	14
1.2.1. Περιορισμός των αέριων του θερμοκηπίου CO ₂ , EEDI, SEEMP, MRV, IMO DCS.....	17
1.2.2. Περιορισμός θείου στα ναυτιλιακά καύσιμα Sulphur Cap 2020.....	20
1.2.3. Περιορισμός των χωροκατακτητικών ξένων ειδών μέσω του Έρματος των πλοίων.....	21
2. Ναυτιλία & Βιώσιμη Ανάπτυξη.....	24
2.1. Στόχοι αειφόρου ανάπτυξης.....	24
2.2. Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης και Ναυτιλία.....	26
2.2.1. Στόχος 1 Τερματισμός της Φτώχειας.....	28
2.2.2. Στόχος 3 Διασφάλιση της Καλής Υγείας και προώθηση της ευημερίας για όλους σε όλες τις ηλικίες.....	29
2.2.3. Στόχος 4 Ποιοτική Εκπαίδευση.....	29
2.2.5. Στόχος 14 Ζωή κάτω από τη θάλασσα.....	31
2.2.6. Στόχος 15 Ζωή στην ξηρά.....	33
2.3. Πώς ορίζεται η βιωσιμότητα στη ναυτιλία.....	34
2.3.1. Ορισμός σύμφωνα με τον IMO.....	34
2.3.2. Ορισμός σύμφωνα την EMSA.....	36
2.3.3. Ορισμός σύμφωνα τη βιβλιογραφία.....	38
2.3.4. Βιωσιμότητα & Επανατακτικότητα (Resilience).....	42
3. Επιλογή Κριτηρίων & Βαθμονόμηση.....	44
3.1. Αξιολόγηση Βιωσιμότητας.....	44
3.2. Ανάλυση του Κύκλου Ζωής.....	45
3.3. Αξιολόγηση Κόστους στον Κύκλο Ζωής.....	48
3.4. Αξιολόγηση Βιωσιμότητας στον Κύκλο Ζωής.....	51
3.5. Όρια Συστήματος Αξιολόγησης.....	53
3.6. Ανάλυση Κύκλου Ζωής στη ναυτιλία.....	56
4. Εφαρμογή.....	58
4.1. Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα της ναυτιλίας κι επιλογή περιβαλλοντικών κριτηρίων.....	58
4.1.1. Επιλογή κριτηρίων για το μοντέλο.....	60
4.1.1.1. Δείκτης Επιχειρησιακής Ενεργειακής Αποδοτικότητας ΕΕΟΙ.....	61
4.1.1.2. Δείκτης Λειτουργίας Συστήματος Διαχείρισης Έρματος.....	63
4.2. Κοινωνικό Αποτύπωμα της ναυτιλίας κι επιλογή κοινωνικών κριτηρίων.....	64
4.2.1. Επιλογή κριτηρίων για το μοντέλο.....	66
4.3. Οικονομικό Αποτύπωμα της ναυτιλίας κι επιλογή οικονομικών κριτηρίων.....	67
4.3.1. Επιλογή κριτηρίων για το μοντέλο.....	69
4.4. Αποφασίζων.....	70
5. Εφαρμογή.....	72

5.1.	Υπολογισμός Βαρύτητας για τα Κριτήρια	73
5.1.1.	Περιγραφή της Μεθοδολογίας.....	73
5.1.2.	Εφαρμογή στη Μελέτη Περίπτωσης Βαρύτητα Κριτηρίων μέσω TOPSIS.....	78
5.2.	Εφαρμογή Μεθόδου TOPSIS.....	79
5.2.1.	Περιγραφή της Μεθοδολογίας.....	79
5.2.2.	Εφαρμογή στη Μελέτη Περίπτωσης Αποτελέσματα TOPSIS.....	81
5.3.	Εφαρμογή Μεθόδου PROMETHE	82
5.3.1.	Περιγραφή της Μεθοδολογίας.....	82
5.3.2.	Εφαρμογή στη Μελέτη Περίπτωσης Αποτελέσματα PROMETHE	84
6.	Συμπεράσματα & Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	86
6.1.	Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων.....	86
6.2.	Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα.....	87
7.	Βιβλιογραφία	90

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Αύξηση παγκόσμιου εμπορίου 1980-2018 ανά κατηγορία πλοίου	14
Εικόνα 2 Συγκριτική παρουσίαση εκπομπών CO ₂ ανάλογα με τον τύπο πλοίου και σε σχέση με χερσαίες μεταφορές, Πηγή: 2 nd IMO Study, 2009.....	16
Εικόνα 3 Δείκτης Ενεργειακής Αποδοτικότητας EEDI & EEOI	18
Εικόνα 4 Χρονοδιάγραμμα Υλοποίησης IMO DCS - EU MRV	19
Εικόνα 5 Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών SO _x και NO _x και παγκόσμια όρια	21
Εικόνα 6 Μεταφορά έρματος και κατακτητικών ειδών.....	22
Εικόνα 7 Εξαγωγή έρματος από φορτηγό πλοίο	23
Εικόνα 8 Οι 17 στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών.....	24
Εικόνα 9 Οι δράσεις που έχει αναλάβει ο IMO για την επίτευξη των στόχων για τη βιώσιμη ανάπτυξη	27
Εικόνα 5 Βιώσιμο ναυτιλιακό σύστημα, Πηγή: IMO, 2013.....	35
Εικόνα 11 Τα στάδια και οι τομείς της βιωσιμότητας για τη ναυτιλία, σύμφωνα με την EMSA	37
Εικόνα 12 Ανάλυση του Κύκλου Ζωής για τα ναυτιλιακά καύσιμα	48
Εικόνα 13 Κύριες Πηγές Ρύπανσης από τη ναυτιλιακή δραστηριότητα	60

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 Τιμές του τυχαίου δείκτη (RI) για μικρά προβλήματα.....	77
Πίνακας 2 Μητρώο Συγκρίσεων μεταξύ των διαφορετικών Κριτηρίων	78
Πίνακας 3 Κανονικοποιημένο μητρώο βαρύτητας.....	79
Πίνακας 4 Τελικά Βάρη για τα υπό μελέτη κριτήρια	79
Πίνακας 5 Έλεγχος Συνέπειας.....	79
Πίνακας 6 Υπολογισμός μέτρων απόστασης TOPSIS	81
Πίνακας 7 Τελική Κατάταξη εναλλακτικών σύμφωνα με τη μεθοδολογία TOPSIS.....	82
Πίνακας 8 Τιμές Κριτηρίων, Τύπος και Κατόφλια προτίμησης.....	84
Πίνακας 9 Συγκεντρωτικός Πίνακας αποτελεσμάτων με βάση την PROMETHE	85
Πίνακας 11 Σύγκριση Κατάταξης μεταξύ των δυο διαφορετικών μεθοδολογιών.....	87
Πίνακας 10 Πίνακας με πρωτογενή και δευτερογενή δεδομένα	93

Κατάλογος Συντομογραφιών

BWMT	Ballast Water Management Treatment
CO2	Carbon Dioxide
EEDI	Energy Efficiency Design Index
EEOI	Energy Efficiency Operational Index
GHG	Greenhouse Gases
HFO	Heavy Fuel Oil
IMO	International Maritime Organisation
IMO DCS	IMO Data Collection System
IMLI	International Maritime Law Institute,
LCA	Life Cycle Assessment
LCC	Life Cycle Costing
LCSA	Life Cycle Sustainability Assessment
LNG	Liquefied Natural Gas
MRV	Monitoring Reporting & Verification of CO2 emissions
SDG	Sustainable Development Goals
SEEMP	Ship Energy Efficiency Management Plan
STCW	Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers

1. Εισαγωγή

Οι θαλάσσιες μεταφορές αποτελούν τη ραχοκοκαλιά του παγκόσμιου εμπορίου και συνεπώς και της παγκόσμιας οικονομίας καθώς και της παγκοσμιοποίησης. Με συνεχή παροχή υπηρεσιών 24 ώρες το εικοσιτετράωρο και 7 ημέρες την εβδομάδα, η ναυτιλία δρα τις περισσότερες φορές ως εγγυητής για την επίτευξη ισορροπίας μεταξύ προσφοράς και ζήτησης για πρώτες ύλες, καταναλωτικά αγαθά ακόμη και πηγές ενέργειας μεταξύ απομακρυσμένων χωρών ή γεωγραφικών περιοχών. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η έννοια παγκόσμια εφοδιαστική αλυσίδα δε θα είχε νόημα χωρίς τη αδιάκοπη υποστήριξη των πλοίων. Το παγκόσμιο εμπόριο και οι θαλάσσιες μεταφορές είναι θεμελιώδεις για τη διατήρηση της οικονομικής ανάπτυξης και τη διάδοση της ευημερίας σε ολόκληρο τον κόσμο, εκπληρώνοντας έτσι μια κρίσιμη κοινωνική και οικονομική λειτουργία.

Επιπλέον, οι θαλάσσιες μεταφορές αναμένεται να είναι απαραίτητες σε μια βιώσιμη μελλοντική παγκόσμια οικονομία, καθώς είναι ο πιο περιβαλλοντικά ορθός τρόπος μαζικών μεταφορών, όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση όσο και την πρόληψη της ρύπανσης. Στην πραγματικότητα, η ναυτιλία συμβάλλει και στους τρεις πυλώνες της αειφόρου ανάπτυξης: στον οικονομικό πυλώνα εξασφαλίζοντας ασφαλή και αποδοτική μεταφορά προϊόντων, στον κοινωνικό πυλώνα υποστηρίζοντας άμεσα και έμμεσα τα μέσα διαβίωσης όλων των οικονομιών και κοινωνιών σε όλο τον κόσμο και τέλος στον περιβαλλοντικό πυλώνα, προστατεύοντας το θαλάσσιο περιβάλλον καθώς και την ατμόσφαιρα (IMO, 2019).

Ταυτόχρονα, ο τομέας των θαλάσσιων μεταφορών, λόγω της παγκοσμιοποιημένης φύσης του, δεν έχει συγκεκριμένη «κατοικία» και τείνει να είναι «αόρατος» στην καθημερινή ζωή των ανθρώπων. Τα πλοία κατά τη φάση λειτουργίας τους περνούν το μεγαλύτερο μέρος της «επαγγελματικής τους ζωής» ταξιδεύοντας στις θάλασσες και τους ωκεανούς μεταξύ των διαφόρων χωρών που εξυπηρετούν, όντας συχνά αόρατα στο ευρύ κοινό. Είναι επίσης, πολύ συχνό τα πλοία να επιχειρούν μακριά από την χώρα καταγραφής τους ή μακριά από την χώρα όπου εδρεύει η διαχειρίστρια πλοιοκτήτρια εταιρεία. Ωστόσο, οι διεθνείς θαλάσσιες μεταφορές απασχολούν καθημερινά πάνω από 1.5 εκατομμύρια ναυτικούς και πολλούς ακόμη εργαζόμενους ως στελέχη λιμενικών, ναυτιλιακών και διοικητικών υπηρεσιών, οι οποίοι εξασφαλίζουν υπεύθυνα, την

ασφαλή και αξιόπιστη παράδοση τροφίμων, πρώτων υλών, ενέργειας και καταναλωτικών αγαθών στα 7 δισεκατομμύρια ανθρώπους παγκοσμίως: μια σχετικά "αόρατη" υπηρεσία, αλλά που αποτελεί, ωστόσο, αναπόσπαστο στοιχείο της παγκόσμιας οικονομίας. (IMO I. M., 2013)

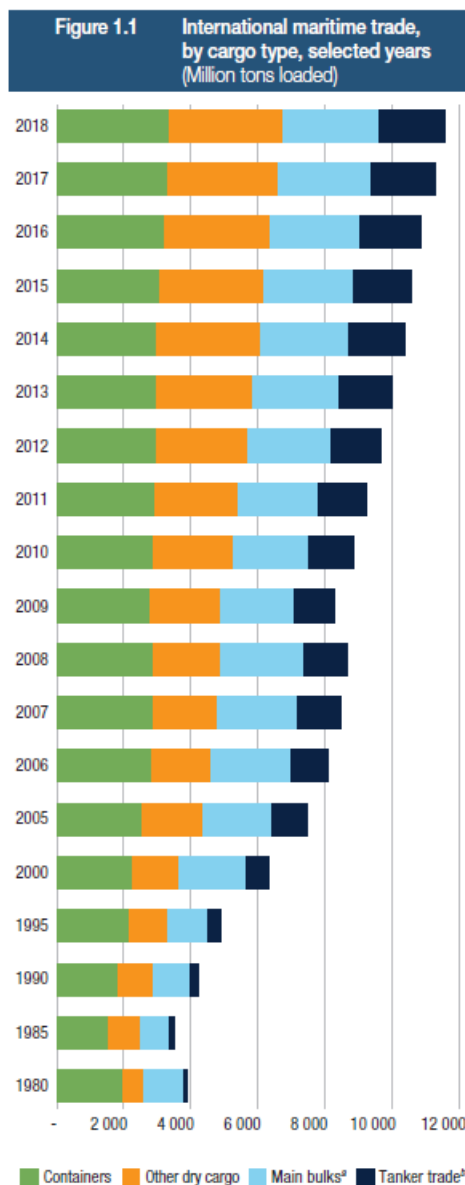
Ο όρος βιωσιμότητα στον τομέα των θαλασσιών μεταφορών, δηλαδή σε δραστηριότητες που συνδέονται με τη ναυτιλία, τη διαχείριση λιμένων και τη θαλάσσια εφοδιαστική έχει ιστορικά λάβει λιγότερη προσοχή σε σχέση με αντίστοιχους τομείς. Ωστόσο, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) αλλά και άλλοι ενδιαφερόμενοι φορείς άρχισαν να δείχνουν σταδιακά όλο και περισσότερο ενδιαφέρον για σε θέματα βιωσιμότητας. Παράλληλα, ο IMO άρχισε σταδιακά να δίνει προσοχή και στην αλληλεπίδραση μεταξύ λιμένων και πόλεων ενώ το ενδιαφέρον της παγκόσμιας κοινότητας ως προς τη βιωσιμότητα έχει επεκταθεί και στην ενεργειακή αποδοτικότητα των λιμένων, των αερομεταφορών, και της εφοδιαστικής αλυσίδας γενικότερα. .

Ως αποτέλεσμα, ο κλάδος έχει συσσωρεύσει ένα σημαντικό σύνολο ακαδημαϊκών ερευνητικών αποτελεσμάτων τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο να συγκεντρώσει τις πρόσφατες μελέτες σχετικά με τη βιωσιμότητα των θαλασσιών μεταφορών, να εντοπίσει τα σημαντικά κριτήρια σύμφωνα με τα οποία αξιολογείται η βιωσιμότητα των θαλασσιών μεταφορών και τέλος να εφαρμόσει μεθοδολογίες πολυκριτηριακής ανάλυσης για την αξιολόγηση ενός στόλου πλοίων.

1.1. Περιγραφή της υπάρχουσας κατάστασης και τάσεις για το θαλάσσιο εμπόριο

Σύμφωνα με τον διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό, (IMO, 2019) ο συνολικός όγκος εμπορευμάτων που μεταφέρθηκαν το 2018 μέσω πλοίων υπολογίζεται σε 11 δισεκατομμύρια τόνους φθάνοντας στο υψηλότερο έως τώρα ρεκόρ όλων των εποχών. Οι προβλέψεις έως τις αρχές του έτους αν και υπό αβεβαιότητα ήταν αισιόδοξες προδιαγράφοντας ένα μέσο ρυθμό ανάπτυξης 3,4% για την πενταετία 2019-2024. Ωστόσο, η πρόβλεψη για την πορεία του θαλάσσιου εμπορίου παραμένει ένα αρκετά σύνθετο πρόβλημα λόγω της αυξημένης αβεβαιότητας σχετικά με την εμπορική πολιτική, τις γεωπολιτικές κυρώσεις αλλά και τις περιβαλλοντικές ανησυχίες. Αν στα

παραπάνω προσθέσουμε τις διακυμάνσεις στην τιμή του καυσίμου αλλά και την πρόσφατη πανδημία του COVID-19 γίνεται κατανοητό ότι το απρόσμενο είναι εγγενής παράγοντας στη ναυτιλία.



Εικόνα 1 Αύξηση παγκόσμιου εμπορίου 1980-2018 ανά κατηγορία πλοίου

1.2. Κανονιστικό Πλαίσιο & Διεθνείς Συμβάσεις

Τα τελευταία χρόνια, η περιβαλλοντική βιωσιμότητα έχει γίνει μια σημαντική ανησυχία σχετικά με την πολιτική που ακολουθείται στις παγκόσμιες θαλάσσιες μεταφορές. Οι περιβαλλοντικοί κανονισμοί αυξάνονται όλο και περισσότερο κι αυτό επηρεάζει τη δυναμική της ναυτιλιακής αγοράς. Η έναρξη ισχύος πολλών παγκόσμιων

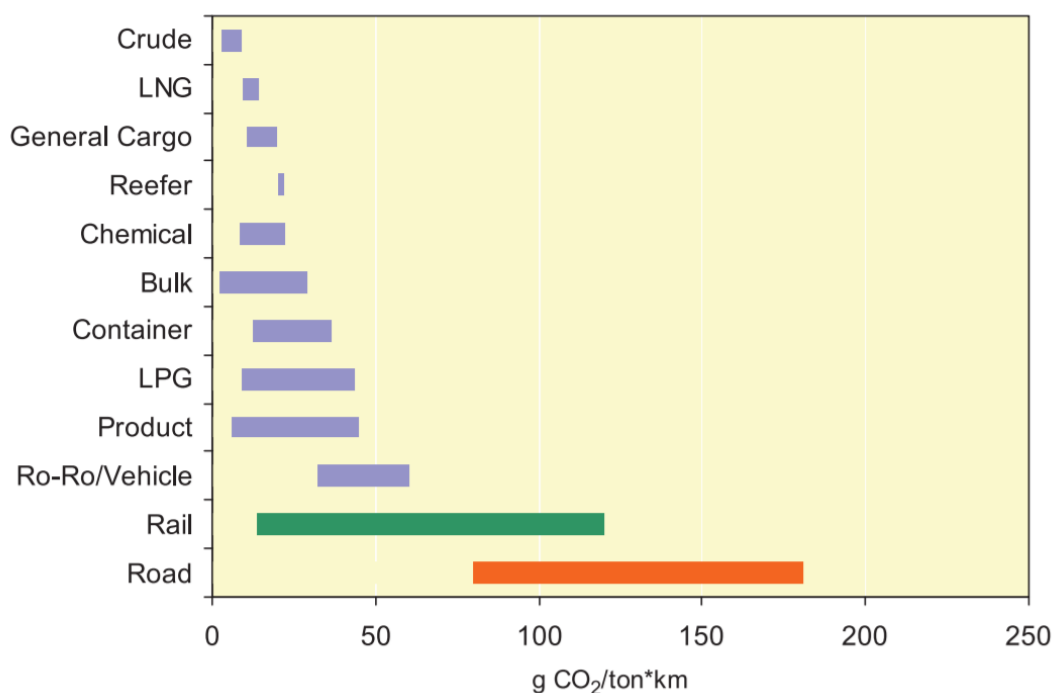
περιβαλλοντικών κανονισμών αλλά και εθελοντικών προτύπων που υιοθετήθηκαν από το 2003, έχουν αλλάξει σημαντικά τις θαλάσσιες μεταφορές. Επιπλέον, οι αλλαγές αυτές έχουν αντίκτυπο και στη ναυπηγική βιομηχανία και τα ναυπηγεία γενικότερα τα οποία είναι αρμόδια για την ενσωμάτωση των νέων προτύπων στο σχεδιασμό και την κατασκευή πλοίων. Ως εκ τούτου, η πίεση στη βιομηχανία για την ανάπτυξη καθαρότερων λύσεων και ενεργειακά αποδοτικότερων σκαφών αυξάνεται σημαντικά. Μεταξύ των προτεινόμενων λύσεων περιλαμβάνονται εναλλακτικά καύσιμα, επενδύσεις στην ανάπτυξη καλύτερης υδροδυναμικής, ενεργειακά αποδοτικότεροι κινητήρες.

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, η παγκόσμια επιστημονική κοινότητα, τα κέντρα αποφάσεων και άλλοι ενδιαφερόμενοι φορείς που σχετίζονται με τις θαλάσσιες μεταφορές έχουν στρέψει το ενδιαφέρον τους γύρω από τον όρο «πράσινη ναυτιλία». Ο όρος «πράσινη ναυτιλία» (green maritime logistics) αναφέρεται στην επίτευξη αποδεκτών περιβαλλοντικών επιδόσεων των θαλασσίων μεταφορών και της εφοδιαστικής αλυσίδας τηρώντας παράλληλα τα παραδοσιακά οικονομικά κριτήρια. (Psaraftis, 2016)

Ο όρος «πράσινη ναυτιλία» χρησιμοποιείται για να περιγράψει μία ή περισσότερες από τις ακόλουθες επιλογές: καινοτόμες τεχνολογίες, χρήση εναλλακτικών καυσίμων, επανασχεδιασμό της λειτουργίας των πλοίων και της διασύνδεσής τους με τους λιμένες έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η βιώσιμη λειτουργία των θαλασσίων μεταφορών. Το ενδιαφέρον αυτό είναι απόρροια κυρίως του νομοθετικού και κανονιστικού πλαισίου που διέπει τις θαλάσσιες μεταφορές και δευτερευόντως παραγόντων που επηρεάζουν την αγορά όπως η τιμή του καυσίμου, οι τιμές των ναύλων και το ισοζύγιο προσφοράς και ζήτησης της μεταφορικής ικανότητας.

Έτσι, τα τελευταία χρόνια, σταδιακά έχουν τεθεί σε ισχύ κανονισμοί για τη ναυτιλία με στόχο τη μείωση των αέριων εκπομπών και πιο συγκεκριμένα τη μείωση των οξειδίων του θείου SO_x, των οξειδίων του Αζώτου NO_x, ενώ στην παρούσα φάση αναμένεται να ληφθούν μέτρα και για τη μείωση των αερίων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή, με κυριότερο εκπρόσωπο το διοξείδιο του άνθρακα, CO₂. Η ναυτιλία σύμφωνα με μελέτες (2nd IMO Greenhouse gas Study, 2009) αποτελεί οικονομική, αξιόπιστη και περιβαλλοντικά φιλική εναλλακτική μεταφοράς προϊόντων

και αγαθών σε παγκόσμια κλίμακα. Με δεδομένο τις οικονομίες κλίμακας που προσφέρουν οι θαλάσσιες μεταφορές δεν είναι υπερβολή η διαπίστωση ότι τα πλοία είναι ο οικονομικά και περιβαλλοντικά βέλτιστος τρόπος μεταφοράς αγαθών και προϊόντων παγκοσμίως. Στην **Error! Reference source not found.** παρουσιάζονται το εύρος εκπομπών CO₂ ανά κατηγορία πλοίου.



Εικόνα 2 Συγκριτική παρουσίαση εκπομπών CO₂ ανάλογα με τον τύπο πλοίου και σε σχέση με χερσαίες μεταφορές, Πηγή: 2nd IMO Study, 2009

Είναι γεγονός ότι η ναυτική βιομηχανία στηρίζεται σχεδόν αποκλειστικά στη χρήση ορυκτών πόρων με κύριο πηγή ενέργειας την καύση βαρέως πετρελαίου (Heavy fuel oil, HFO). Παράλληλα, σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές τα επιτρεπτά όρια για τις εκπομπές αερίων ρύπων SO_x και NO_x έχουν μειωθεί σημαντικά με αποτέλεσμα τα πλοία να χρησιμοποιούν εναλλακτικές καυσίμων χαμηλά σε περιεκτικότητα σε θείο. Ως συνέπεια των αυστηρότερων κανονισμών σε συνδυασμό με την αυξημένη χρήση του φυσικού αερίου (Liquified Natural Gas, LNG) ως πηγή ενέργειας και άρα ως αγαθού προς μεταφορά έφεραν το τελευταίο στο προσκήνιο ως μεταβατικό καύσιμο και για την περίπτωση της ναυτιλίας.

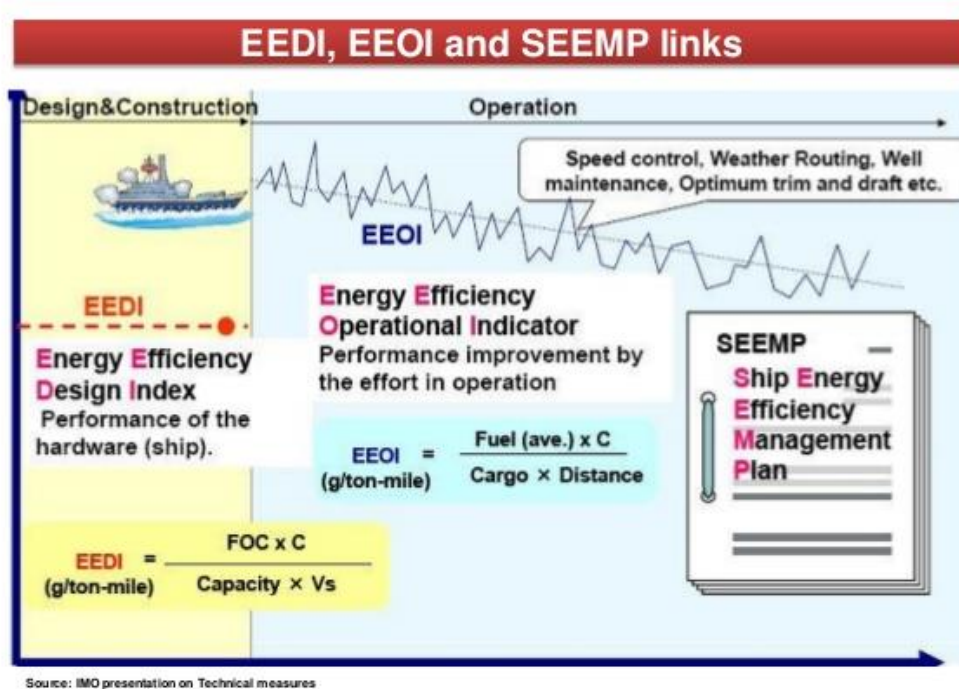
Παράλληλα με τη χρήση του LNG, η ναυτιλιακή κοινότητα για να αντιμετωπίσει την το νέο περιορισμό που αναμένεται να ισχύσει από την 1^η Ιανουαρίου 2020 ο οποίος θέτει όριο στην περιεκτικότητα σε θείο σε όλα τα διεθνή ύδατα. Σε ένα σημαντικό αριθμό πλοίων (DNV-GL) έχουν εγκατασταθεί και πρόκειται να εγκατασταθούν συστήματα συμμόρφωσης καθαρισμού καυσαερίων SO_x, τα λεγόμενα συστήματα scrubbers. Τα συστήματα scrubber επιτρέπουν τη λειτουργία του πλοίου με αποδοτικό καύσιμο υψηλής περιεκτικότητας σε θείο, για παράδειγμα HFO ενώ ταυτόχρονα αυτό εξακολουθεί να συμμορφώνεται ακόμη και με το αυστηρότερο αυτή τη στιγμή όριο SO_x που ορίζεται για τις περιοχές ελέγχου εκπομπών ρύπων (Emission Control Areas, ECA) στο 0,1%.

1.2.1. Περιορισμός των αέριων του θερμοκηπίου CO₂ , EEDI, SEEMP, MRV, IMO DCS

Παρόλα αυτά, στα πλαίσια της διεθνούς συμφωνίας για την κλιματική αλλαγή ο διεθνής ναυτιλιακός οργανισμός (International Maritime Organisation, IMO) έχει δεσμευτεί να λάβει μέτρα για τη μείωση των αέριων εκπομπών. Πρώτο βήμα στην υλοποίηση του στόχου που αφορά στη μείωση των εκπομπών CO₂ ήταν να τεθούν όρια ως προς την ενεργειακή αποδοτικότητα των πλοίων (energy efficiency) με την εφαρμογή των δεικτών EEDI και SEEMP για τα νεότευκτα και τα υπάρχοντα πλοία αντίστοιχα. Πιο συγκεκριμένα, ο δείκτης EEDI (Energy Efficiency Design Index) έχει εφαρμογή στα νεότευκτα πλοία ορίζοντας ένα κατώτατο επιτρεπτό όριο -επίπεδο αναφοράς ενεργειακής απόδοσης ανά μονάδα μεταφορικού έργου (τονομίλι) (www.imo.org). Ο δείκτης EEDI εκφράζεται σε γραμμάρια CO₂ ανά τονομίλι ενώ τα επιτρεπτά επίπεδα διαφοροποιούνται ανά κατηγορία πλοίου και μέγεθος. Το επίπεδο αναφοράς σταδιακά και κάθε πέντε χρόνια θα γίνεται πιο αυστηρό έτσι ώστε το μέτρο αυτό να παραμείνει ως μοχλός πίεσης για την περαιτέρω τεχνολογική βελτίωση των στοιχείων εκείνων που επηρεάζουν την ενεργειακή αποδοτικότητα των καυσίμων του πλοίου ήδη από τη φάση της σχεδίασης ενός πλοίου.

Επιπρόσθετα, ο IMO εισήγαγε ακόμη τον δείκτη επιχειρησιακής ενεργειακής απόδοσης, SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan) ο οποίος έχει εφαρμογή και στα υπάρχοντα πλοία. Ο στόχος εδώ είναι η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας από την πλοιοκτήτρια εταιρεία με τρόπο ταυτόχρονα οικονομικά

αποδοτικό. Έτσι, οι εταιρείες προτείνεται να παρακολουθούν και να διαχειρίζονται την απόδοση ενός πλοίου ή στόλου πλοίων στην πάροδο του χρόνου, χρησιμοποιώντας για παράδειγμα τον δείκτη EEOI (Energy Efficiency Operational Indicator) ως εργαλείο παρακολούθησης. Ως εκ τούτου, με τη χρήση των αντίστοιχων δεικτών οι πλοιοκτήτριες εταιρίες μπορούν να αποτιμήσουν την επίδραση που έχουν διάφορες πρακτικές στην απόδοση των καυσίμων και να λαμβάνουν τις αντίστοιχες αποφάσεις για τη βελτίωση της. Μερικές από τις πρακτικές που χρησιμοποιούνται αυτή τη στιγμή για τον πιο πάνω σκοπό, είναι ο ανασχεδιασμός του ταξιδιού, ο συχνός καθαρισμός της έλικας, συστήματα ανάκτησης ενέργειας ή ακόμη και βελτίωση των χαρακτηριστικών του πλοίου όπως είναι η έλικα και το προωαίο τμήμα του πλοίου γνωστό ως βολβός.



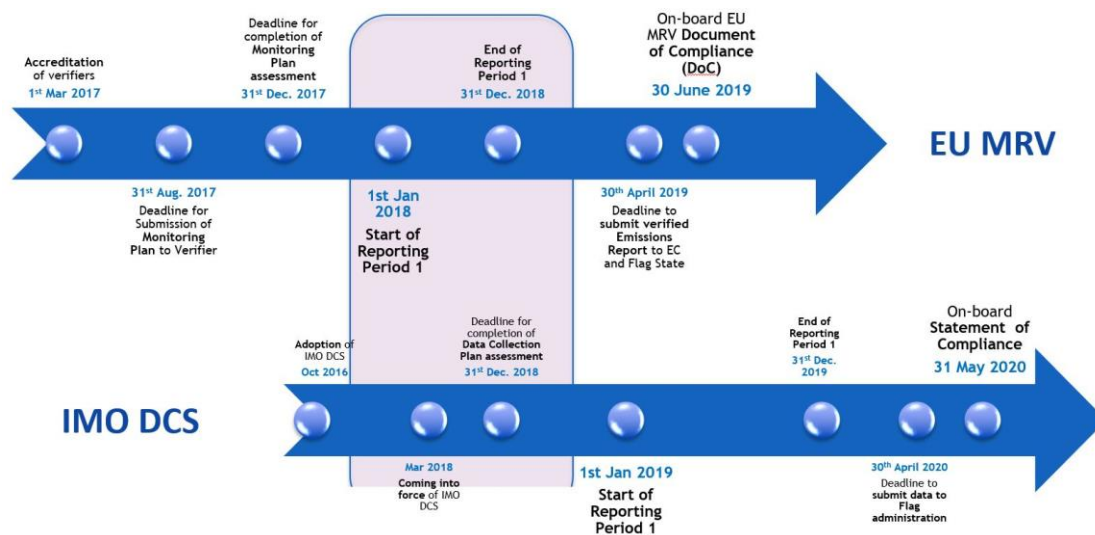
18

Εικόνα 3 Δείκτης Ενεργειακής Αποδοτικότητας EEDI & EEOI

Παράλληλα με το παραπάνω κανονιστικό πλαίσιο το οποίο εφαρμόζεται σε παγκόσμια κλίμακα, ένας νέος ευρωπαϊκός κανονισμός τέθηκε σε ισχύ από την 1^η Ιανουαρίου 2018 για την τακτική παρακολούθηση και την υποβολή εκθέσεων σχετικά με την παραγωγή CO₂, γνωστός ως MRV (Monitoring, Reporting and Verification of CO₂ emissions). Προκειμένου να συμμορφωθούν με τον παραπάνω κανονισμό όλα τα πλοία

χωρητικότητας από 5000 τόνους και πάνω που μεταφέρουν προϊόντα ή επιβάτες από και προς λιμάνια που ανήκουν στον Ευρωπαϊκό Οικονομικό Χώρο θα πρέπει να παρακολουθούν συστηματικά και να υποβάλουν τις αντίστοιχες εκθέσεις με τις εκπομπές CO₂ καθώς και άλλες σχετικές πληροφορίες. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι ο κανονισμός MRV αποτελεί το πρώτο βήμα της στρατηγικής που έχει χαράξει η ΕΕ (Ευρωπαϊκή Ένωση) για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου από τη ναυτιλία. Παρακάτω παρουσιάζονται τα τρία στάδια της στρατηγικής αυτής (https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping_en):

1. Παρακολούθηση, υποβολή εκθέσεων και επαλήθευση των εκπομπών CO₂ από μεγάλα πλοία που χρησιμοποιούν λιμάνια της ΕΕ.
2. Στοχοθεσία για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου που παράγονται από τη ναυτιλιακή βιομηχανία
3. Θέσπιση περαιτέρω μέτρων μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα, συμπεριλαμβανομένων των μέτρων που βασίζονται στην αγορά (market-based measures)



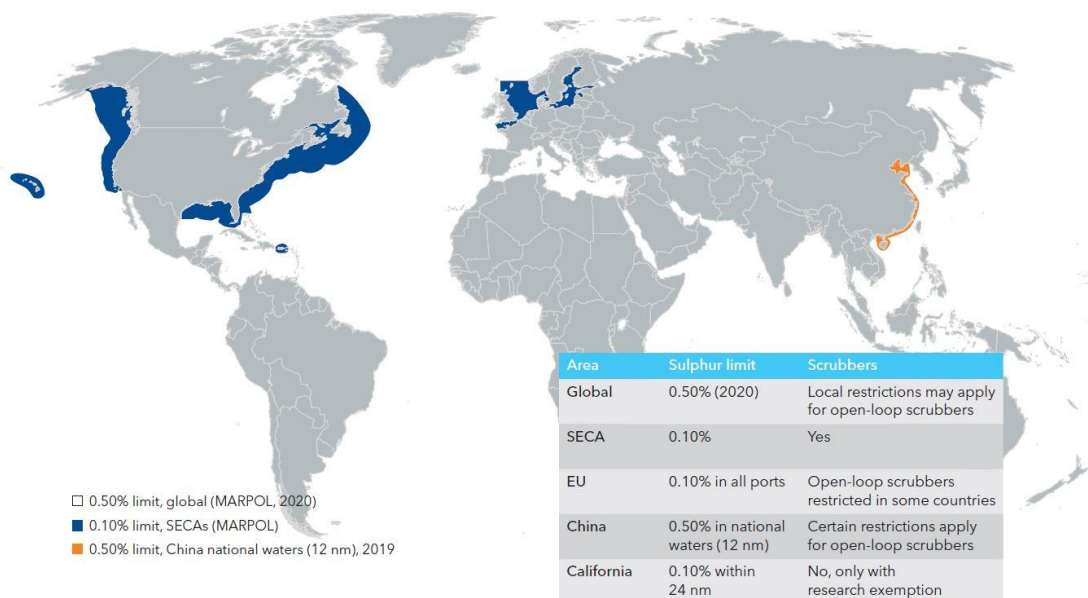
Εικόνα 4 Χρονοδιάγραμμα Υλοποίησης IMO DCS - EU MRV

Κατά αντιστοιχία με τον MRV, ο διεθνής ναυτιλιακός οργανισμός έχει θεσπίσει τον κανονισμό για την συλλογή δεδομένων σε σχέση με την κατανάλωση καυσίμου που τέθηκε σε ισχύ από την 1^η Ιανουαρίου 2019 (IMO DCS- IMO Data Collection System on fuel consumption). Ενώ EU-MRV και IMO DCS αποδίδουν αέριες εκπομπές και

κατανάλωση καυσίμου αντίστοιχα, είναι άμεσα συνδεδεμένοι κι αυτό γιατί ακόμη και στην πρώτη περίπτωση η μέτρηση των αέριων εκπομπών στη ναυτιλία, στη συντριπτική πλειοψηφία, στηρίζεται στην κατανάλωση καυσίμου (bottom up approach) κι όχι στην πραγματική μέτρηση στον απαγωγό καπναερίων από του πλοίου στην ατμόσφαιρα. Ως εκ τούτου, η αξιοπιστία των δεδομένων που θα καταγραφούν κατά την εφαρμογή και των δύο κανονισμών, στηρίζεται αποκλειστικά και μόνο στην αξιοπιστία μέτρησης της κατανάλωσης καυσίμου.

1.2.2. Περιορισμός θείου στα ναυτιλιακά καύσιμα Sulphur Cap 2020

Ο νέος κανονισμός IMO 2020, φέρνοντας το όριο περιεκτικότητας για το θείο στο βαρύ καύσιμο που χρησιμοποιούν τα πλοία από το 3,50% στο 0,50% τοις εκατό, αναμένεται να αποφέρει σημαντικά οφέλη για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Ο κανονισμός τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου 2020. Επιβολή, συμμόρφωση με και παρακολούθηση του νέου ορίου θείου είναι ευθύνη των κρατών που είναι συμβαλλόμενα μέρη στη Διεθνή Σύμβαση για την πρόληψη της ρύπανσης από τα πλοία (MARPOL), 1973, όπως τροποποιήθηκε από το Πρωτόκολλο του 1978 (MARPOL 73/78), παράρτημα VI. Πλοία τα οποία βρέθηκαν να μη βρίσκονται σε συμμόρφωση με το νέο κανονισμό μπορεί να κρατηθούν από τους φορείς ελέγχου λιμένα του κράτους που καταπλέουν (για παράδειγμα επιθεωρητές λιμένα, Port State Control) ή και να τους τεθούν κυρώσεις για την παραβίαση του κανονισμού. Πρόσθετη τροποποίηση της MARPOL 73/78 θα τεθεί σε ισχύ την 1η Μαρτίου 2020. Η τροπολογία θα απαγορεύει όχι μόνο τη χρήση, αλλά και τη μεταφορά μη συμμορφούμενο καυσίμου για σκοπούς καύσης για προώθηση ή λειτουργία σε πλοίο, εκτός εάν είναι εφοδιασμένο με scrubber, που είναι ένα σύστημα καθαρισμού των καυσαερίων από τα οξείδια του Θείου.



Εικόνα 5 Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών SOx και NOx και παγκόσμια όρια

Με την έναρξη ισχύος του κανονισμού IMO 2020 αυξάνονται οι νέες προκλήσεις με τις οποίες είναι αντιμέτωπη η ναυτιλιακή βιομηχανία. Ενδεικτικά ζητήματα τα οποία μπορεί να προκύψουν περιλαμβάνουν την αύξηση του κόστους καυσίμου και κατά συνέπεια των λειτουργικού κόστους για το πλοίο. Επιπρόσθετα η μεγάλη ζήτηση για συμβατά καύσιμα ενδέχεται να επιφέρει και αστάθεια στις τιμές των καυσίμων αλλά και μείωση της προσφοράς στα διαθέσιμα σκάφη. Τυχόν πρόσθετα έξοδα ενδέχεται να έχουν αντίκτυπο στην τιμή που πρέπει να πληρώσουν οι τελικοί χρήστες, καθώς οι μεταφορείς θα επιδιώξουν να μεταβιβάσουν το αυξημένο κόστος στους ναυλωτές.

1.2.3. Περιορισμός των χωροκατακτητικών ξένων ειδών μέσω του Έρματος των πλοίων.

Το νερό έρματος είναι απαραίτητο για την ασφαλή λειτουργία των πλοίων. Παρέχει σταθερότητα και ευελιξία κατά τη διάρκεια ενός ταξιδιού και κατά τη διάρκεια των εργασιών φόρτωσης και εκφόρτωσης. Η διαχείριση του έρματος μειώνει επίσης τις πιέσεις που δέχεται η γάστρα και οι δεξαμενές που προκαλούνται από δυσμενείς συνθήκες στη θάλασσα ή από αλλαγές στο βάρος του φορτίου, καθώς και στα αναλώσιμα (καύσιμα και νερό). Ωστόσο, η διαδικασία φόρτωσης και εκφόρτωσης ανεπεξέργαστου έρματος συνιστά μεγάλη απειλή για το περιβάλλον, τη δημόσια υγεία

Αξιολόγηση στόλου φορτηγών πλοίων με χρήση πολυκριτηριακών μεθόδων: Εφαρμογή με κριτήρια βιωσιμότητας της βιωσιμότητας

και την οικονομία καθώς τα πλοία γίνονται φορέας μεταφοράς οργανισμών μεταξύ οικοσυστημάτων, από το ένα μέρος του κόσμου στο άλλο.

Όταν το έρμα παραλαμβάνεται στο λιμάνι πολλοί μικροσκοπικοί οργανισμοί και ιζήματα εισάγονται στις δεξαμενές έρματος των πλοίων. Πολλοί από αυτούς τους οργανισμούς είναι σε θέση να επιβιώσουν σε αυτές τις δεξαμενές και, όταν απορρίπτεται το έρμα, απελευθερώνονται σε νέα περιβάλλοντα. Εάν υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες σε αυτό το περιβάλλον απελευθέρωσης, αυτά τα είδη θα επιβιώσουν και θα αναπαραχθούν και θα γίνουν επεμβατικά είδη στο τοπικό οικοσύστημα. Σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχει μεγάλη πιθανότητα ο οργανισμός να καταστεί κυρίαρχο είδος, με πιθανό αποτέλεσμα: την εξαφάνιση των εγγενών ειδών, επιπτώσεις στην τοπική / περιφερειακή βιοποικιλότητα, επιπτώσεις στις παράκτιες βιομηχανίες που χρησιμοποιούν εξόρυξη νερού, επιπτώσεις στη δημόσια υγεία και επιπτώσεις στην τοπικές οικονομίες που βασίζονται στην αλιεία.



Εικόνα 6 Μεταφορά έρματος και κατακτητικών ειδών

Η διεθνής σύμβαση για τον έλεγχο και τη διαχείριση του έρματος και των ιζημάτων των πλοίων (σύμβαση BWB) εγκρίθηκε το 2004 για την καθιέρωση παγκόσμιων κανονισμών για τον έλεγχο της μεταφοράς δυνητικά επεμβατικών ειδών. Σύμφωνα με τη Σύμβαση, όλα τα πλοία σε διεθνή κυκλοφορία υποχρεούνται να διαχειρίζονται το νερό έρματος και τα ιζήματά τους σύμφωνα με ένα συγκεκριμένο πρότυπο, σύμφωνα με ένα σχέδιο διαχείρισης υδάτινου έρματος. Όλα τα πλοία θα πρέπει επίσης να φέρουν ένα βιβλίο εγγραφής έρματος και ένα διεθνές πιστοποιητικό διαχείρισης έρματος.

Τα πρότυπα διαχείρισης του έρματος θα εφαρμοστούν σταδιακά σε μια χρονική περίοδο. Ως ενδιάμεση λύση, τα πλοία πρέπει να ανταλλάσσουν νερό έρματος στα μέσα του ωκεανού. Ωστόσο, τελικά τα περισσότερα πλοία θα πρέπει να εγκαταστήσουν ένα σύστημα επεξεργασίας έρματος επί του σκάφους. Τα υπάρχοντα πλοία θα πρέπει να κάνουν το ίδιο, αλλά μετά από μια περίοδο σταδιακής εισαγωγής.

Τα συμβαλλόμενα μέρη έχουν τη δυνατότητα να λάβουν πρόσθετα μέτρα που υπόκεινται σε κριτήρια που ορίζονται στη Σύμβαση και στις κατευθυντήριες γραμμές του ΙΜΟ. Η Σύμβαση χωρίζεται σε Άρθρα, και ένα παράρτημα που περιλαμβάνει τεχνικά πρότυπα και απαιτήσεις στους κανονισμούς για τον έλεγχο και τη διαχείριση του έρματος των πλοίων και των ιζημάτων.



Εικόνα 7 Εξαγωγή έρματος από φορτηγό πλοίο

2. Ναυτιλία & Βιώσιμη Ανάπτυξη

2.1. Στόχοι αειφόρου ανάπτυξης

Το 2015, 193 χώρες υιοθέτησαν την «ατζέντα του 2030» για την αειφόρο ανάπτυξη και τους 17 στόχους αειφόρου ανάπτυξης (Sustainable Development Goals, SDGs). Αυτός ο στρατηγικός σχεδιασμός απαιτεί δράση από όλες τις χώρες για την εξάλειψη της φτώχειας και την επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης έως το 2030 σε παγκόσμιο επίπεδο καθώς οι SDGs θεωρούνται ως ευκαιρία να μεταμορφώσουν τον κόσμο προς το καλύτερο και να μην αφήσουν κανέναν πίσω .

Με την προοπτική να αντιμετωπιστούν οι παγκόσμιες προκλήσεις που βιώνει η παγκόσμια κοινότητα, μεταξύ των στόχων συμπεριλαμβάνονται κι εκείνοι που σχετίζονται με τη φτώχεια, την ανισότητα, την κλιματική αλλαγή, την υποβάθμιση του περιβάλλοντος, την ειρήνη και τη δικαιοσύνη. Στην Εικόνα 8 φαίνονται παρουσιάζονται σχηματικά οι στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης. Οι στόχοι αυτοί είναι όλοι αλληλένδετοι και σύμφωνα με τα Ηνωμένα Έθνη είναι σημαντικό να επιτευχθούν όλοι έως το 2030.



Εικόνα 8 Οι 17 στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών

Οι στόχοι της αειφόρου ανάπτυξης συνοψίζονται παρακάτω:

- Στόχος 1:** Τερματισμός της φτώχειας σε όλες τις μορφές της, παντού
- Στόχος 2:** Τερματισμός της πείνας, επίτευξη της επισιτιστικής ασφάλειας και βελτιωμένη διατροφή αλλά και προώθηση της βιώσιμης γεωργίας
- Στόχος 3:** Διασφάλιση της ανθρώπινης υγείας και προώθηση της της ευημερίας για όλες της ηλικίες
- Στόχος 4:** Εξασφάλιση περιεκτικής και δίκαιης ποιότητας εκπαίδευσης και προώθηση ευκαιριών διά βίου μάθησης για όλους
- Στόχος 5:** Επίτευξη της ισότητας των φύλων και ενδυνάμωση όλων των γυναικών και των νέων κοριτσιών
- Στόχος 6:** Εξασφάλιση της διαθεσιμότητας και της βιώσιμης διαχείρισης νερού και αποχέτευσης για όλους
- Στόχος 7:** Εξασφάλιση πρόσβασης σε προσιτή, αξιόπιστη, βιώσιμη και σύγχρονη ενέργεια για όλους
- Στόχος 8:** Προώθηση της διαρκούς, χωρίς αποκλεισμούς και βιώσιμης οικονομικής ανάπτυξης, πλήρους και παραγωγικής απασχόλησης και αξιοπρεπούς εργασίας για όλους
- Στόχος 9:** Δημιουργία ανθεκτικής υποδομής, προώθηση χωρίς αποκλεισμούς και βιώσιμη εκβιομηχάνιση και προώθηση της καινοτομίας
- Στόχος 10:** Μείωση της ανισότητας εντός και μεταξύ των χωρών
- Στόχος 11:** Εξασφάλιση ότι οι πόλεις και οι οικισμοί παραμένουν ασφαλείς, ανθεκτικοί και βιώσιμοι χωρίς αποκλεισμούς
- Στόχος 12:** Εξασφάλιση βιώσιμης κατανάλωσης και μοντέλων παραγωγής
- Στόχος 13:** **Επείγουσα** δράση για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεών της *
- Στόχος 14:** Διατήρηση της αειφορίας και χρήση των ωκεανών και των θαλασσών καθώς και των θαλάσσιων πόρων για βιώσιμη ανάπτυξη

- Στόχος 15:** Προστασία, αποκατάσταση και προώθηση της βιώσιμης χρήσης χερσαίων οικοσυστημάτων, διαχείριση βιώσιμων δασών, καταπολέμηση της απερίμωσης και αναστολή και αναστροφή της υποβάθμισης της γης καθώς και διακοπή της απώλειας βιοποικιλότητας
- Στόχος 16:** Προώθηση ειρηνικών και χωρίς αποκλεισμούς κοινωνιών για βιώσιμη ανάπτυξη, παροχή πρόσβασης στη δικαιοσύνη για όλους και οικοδόμηση αποτελεσματικών, υπεύθυνων και χωρίς αποκλεισμούς θεσμών σε όλα τα επίπεδα
- Στόχος 17:** Ενίσχυση των μέσων εφαρμογής και αναζωογόνηση της παγκόσμιας εταιρικής σχέσης για αειφόρο ανάπτυξη

* Αναγνωρίζοντας ότι η Σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος είναι το πρωταρχικό διεθνές, διακυβερνητικό φόρουμ για τη διαπραγμάτευση της παγκόσμιας αντίδρασης στην αλλαγή του κλίματος.

2.2. Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης και Ναυτιλία

Ως μέλος της οικογένειας των Ηνωμένων Εθνών, ο IMO εργάζεται ενεργά για την ατζέντα του 2030 για την αειφόρο ανάπτυξη και τους σχετικούς στόχους βιώσιμης ανάπτυξης. Καθοριστικό στην υλοποίηση των στόχων της Ατζέντας για το 2030 είναι ο τομέας μεταφορών που θα υποστηρίξει το παγκόσμιο εμπόριο και θα διευκολύνει την παγκόσμια οικονομία να είναι πραγματικά βιώσιμος. Η Επιτροπή Τεχνικής Συνεργασίας του IMO ενέκρινε επίσημα τη διασύνδεση μεταξύ του έργου τεχνικής βοήθειας του Οργανισμού και των SDG.

Όπως επισημαίνεται και στους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης, ο στόχος 14 που σχετίζεται με την κλιματική αλλαγή και η άμεση δράση για τον περιορισμό της, είναι από τους κεντρικούς στόχους και για τον IMO. Οι διαφορετικές πτυχές του έργου που επιτελεί ο IMO μπορούν να συνδεθούν με τους μεμονωμένους στόχους όπως παρουσιάζεται παρακάτω. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά οι κινήσεις που έχει σε πολιτικό επίπεδο στον IMO για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Αξιολόγηση στόλου φορτηγών πλοίων με χρήση πολυκριτηριακών μεθόδων: Εφαρμογή με κριτήρια βιωσιμότητας της βιωσιμότητας

Οι στόχοι αειφόρου ανάπτυξης (Εικόνα 9) παρέχουν ένα σχέδιο για τη μετάβαση σε έναν υγιέστερο πλανήτη και έναν πιο δίκαιο κόσμο - για τις σημερινές και τις μελλοντικές γενιές. Με συγκεκριμένους στόχους, οι Στόχοι αποσκοπούν στο να τερματίσουν τη φτώχεια και την πείνα, να επεκτείνουν την πρόσβαση στην υγεία, την εκπαίδευση, τη δικαιοσύνη και τις θέσεις εργασίας, να προωθήσουν την οικονομική ανάπτυξη χωρίς αποκλεισμούς και να διατηρήσουν τον πλανήτη μας από την υποβάθμιση του περιβάλλοντος.



Εικόνα 9 Οι δράσεις που έχει αναλάβει ο IMO για την επίτευξη των στόχων για τη βιώσιμη ανάπτυξη

Η δεκαετία 2020-2030 πρέπει να είναι μια δεκαετία δράσης και υλοποίησης αυτών των στόχων. Για να το επιτύχει αυτό, ο Γενικός Γραμματέας των Ηνωμένων Εθνών, Antonio Guterres, ζήτησε από όλους τους παγκόσμιους ηγέτες να επικεντρωθούν στους στόχους της αειφόρου ανάπτυξης.

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός, σύμφωνα με τη Στρατηγική SDG της Γραμματείας του IMO και με το Παγκόσμιο Θέμα Ναυτιλίας για το 2020 «Αειφόρος ναυτιλία για έναν βιώσιμο πλανήτη» είναι έτοιμος να προωθήσει περαιτέρω τους Στόχους Αειφόρου Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών και να υποστηρίξει τα κράτη

μέλη στις προσπάθειες για την υλοποίηση της ατζέντας του 2030 και για να καταστεί το 2020-2030 μια δεκαετία δράσης. Παρακάτω έχουν επιλεγεί οι στόχοι εκείνοι που είναι άμεσα συνδεδεμένοι με τις δράσεις που έχουν γίνει στη ναυτιλία αλλά και με τους σκοπούς της παρούσας εργασίας.

2.2.1. Στόχος 1 Τερματισμός της Φτώχειας

Δισεκατομμύρια άνθρωποι σε όλο τον κόσμο βασίζονται στις θαλάσσιες μεταφορές στην καθημερινή τους ζωή - παρόλο που μπορεί να μην το συνειδητοποιούν. Ως ο πιο οικονομικά αποδοτικός τρόπος μεταφοράς εμπορευμάτων, η ναυτιλία αποτελεί τη ραχοκοκαλιά του παγκόσμιου εμπορίου. Παρέχει ένα αξιόπιστο, χαμηλού κόστους μέσο μεταφοράς, διευκολύνοντας το εμπόριο και συμβάλλοντας στη δημιουργία ευημερίας μεταξύ εθνών και λαών. Παρέχοντας βελτιωμένη πρόσβαση σε βασικά υλικά, αγαθά και προϊόντα, η ναυτιλία αναμένεται να βοηθήσει στην απομάκρυνση εκατομμυρίων ανθρώπων από τη φτώχεια.



Η ναυτιλία είναι ουσιαστικό συστατικό κάθε προγράμματος για μελλοντική βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη. Μέσω του IMO, τα κράτη μέλη του Οργανισμού, η κοινωνία των πολιτών και η ναυτιλιακή βιομηχανία συνεργάζονται για να εξασφαλίσουν μια συνεχή και ενισχυμένη συμβολή στην πράσινη οικονομία και τη βιώσιμη ανάπτυξη.

Ο IMO είναι η παγκόσμια αρχή καθορισμού προτύπων για τη διεθνή ναυτιλία Έχει υιοθετήσει περισσότερα από 50 διεθνή μέσα τα οποία, από κοινού, δημιουργούν ένα κανονιστικό πλαίσιο που διασφαλίζει ότι η ναυτιλία είναι ασφαλής αλλά και φιλική προς το περιβάλλον.

2.2.2. Στόχος 3 Διασφάλιση της Καλής Υγείας και προώθηση της ευημερίας για όλους σε όλες τις ηλικίες

Πάνω από ένα δισεκατομμύριο άνθρωποι ζουν σε παράκτιες περιοχές και ο αριθμός αυτός πρόκειται να αυξηθεί απότομα τα επόμενα χρόνια. Οι συμβάσεις και άλλα μέσα του ΙΜΟ συμβάλλουν όχι μόνο στη μείωση της ρύπανσης που σχετίζεται με τη ναυτιλία στον ευρύτερο ωκεανό, αλλά και στα λιμάνια και στις παράκτιες περιοχές.



Για παράδειγμα, οι ατμοσφαιρικές εκπομπές από τα πλοία ρυθμίζονται αυστηρά παγκοσμίως. και, επιπλέον, ο ΙΜΟ έχει ορίσει έναν αριθμό περιοχών ελέγχου εκπομπών στις οποίες ισχύουν αυστηρότεροι κανόνες.

Επιπλέον, η 1η Ιανουαρίου 2020 έχει οριστεί ως η ημερομηνία εφαρμογής για σημαντική μείωση της περιεκτικότητας σε θείο του βαρέως καυσίμου που χρησιμοποιείται από τα πλοία. Αυτό αναμένεται να έχει σημαντικό ευεργετικό αντίκτυπο στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη υγεία, ιδίως εκείνων των ανθρώπων που ζουν κοντά σε λιμένες και παράκτιες κοινότητες, πέρα από τις υφιστάμενες περιοχές ελέγχου των εκπομπών.

2.2.3. Στόχος 4 Ποιοτική Εκπαίδευση

Εξασφάλιση περιεκτικής και δίκαιης ποιότητας εκπαίδευσης και προώθηση ευκαιριών διά βίου μάθησης για όλους.



Στο ναυτικό κόσμο, η εκπαίδευση και η κατάρτιση είναι ζωτική ανάγκη, αλλά η σημασία τους εκτείνεται πέρα από την ίδια τη ναυτιλία. Η ασφάλεια της ζωής κι η ασφάλεια από κακόβουλες ενέργειες στη θάλασσα, η προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος και η αποτελεσματική κίνηση του παγκόσμιου εμπορίου εξαρτώνται από τον επαγγελματισμό και την ικανότητα των ναυτικών. Η Διεθνής Σύμβαση του IMO για τα πρότυπα εκπαίδευσης, πιστοποίησης και φύλαξης των ναυτικών (Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, STCW) καθορίζει παγκόσμια πρότυπα ικανότητας για τους ναυτικούς και αποτελεσματικούς μηχανισμούς για την επιβολή των διατάξεών του.

Ο IMO συμβάλλει επίσης στην εκπαίδευση χωρίς αποκλεισμούς παρέχοντας ταυτόχρονα υψηλής ποιότητας δραστηριότητες κατάρτισης, ιδίως μέσω των προγραμμάτων τεχνικής συνεργασίας και των παγκόσμιων ιδρυμάτων θαλάσσιας κατάρτισης - του Παγκόσμιου Θαλάσσιου Πανεπιστημίου (World Maritime University, WMU) και του Διεθνούς Ινστιτούτου Ναυτικής Νομοθεσίας του IMO (International Maritime Law Institute, IMLI).

2.2.4. Στόχος 13: Άμεση δράση για την Κλιματική Αλλαγή και τις επιπτώσεις της

Η ανταπόκριση στην αλλαγή του κλίματος είναι μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της εποχής μας και αυτή που αντιμετωπίζει ο IMO εδώ και αρκετό καιρό. Στο ρόλο του ως παγκόσμια ρυθμιστική αρχή της διεθνούς ναυτιλίας, ο IMO ανέπτυξε μια σειρά μέτρων σχεδιασμένων για τον έλεγχο των αέριων εκπομπών από τη ναυτιλιακή δραστηριότητα.



Ο IMO συνεχίζει να συμβάλλει στον παγκόσμιο αγώνα κατά της κλιματικής αλλαγής, προς υποστήριξη του Στόχου 13 του ΟΗΕ για την αειφόρο ανάπτυξη, ώστε να αναλάβει επείγουσα δράση για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεών της.

Το 2018, ο ΙΜΟ υιοθέτησε μια αρχική στρατηγική για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία, καθορίζοντας ένα όραμα που επιβεβαιώνει τη δέσμευση του ΙΜΟ να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τη διεθνή ναυτιλία και να τις καταργήσει το συντομότερο δυνατό.

Χάρη στον ΙΜΟ, η διεθνής ναυτιλία ήταν ο πρώτος παγκόσμιος κλάδος της βιομηχανίας που υπόκειται σε υποχρεωτικούς, δεσμευτικούς κανονισμούς και πρότυπα ενεργειακής απόδοσης που έχουν σχεδιαστεί για την αντιμετώπιση των αερίων του θερμοκηπίου σε ολόκληρο τον κλάδο.

Οι εκπομπές από τη διεθνή ναυτιλία ρυθμίζονται από το Παράρτημα VI της Σύμβασης MARPOL του ΙΜΟ. Καλύπτουν την ατμοσφαιρική ρύπανση, την ενεργειακή απόδοση και τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (GHG).

Επιπλέον, το Πρωτόκολλο του Λονδίνου εξετάζει τη δέσμευση και τη δέσμευση άνθρακα σε υποθαλάσσιους γεωλογικούς σχηματισμούς καθώς και τη θαλάσσια γεωμηχανική, όπως η γονιμοποίηση των ωκεανών, που έχουν μεγάλες δυνατότητες μετριασμού της κλιματικής αλλαγής.

Η καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής θα συνεχίσει να αποτελεί ζωτική στρατηγική κατεύθυνση για τον ΙΜΟ, τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα. Ο ΙΜΟ θα συνεχίσει να αναπτύσσει κατάλληλες, φιλόδοξες και ρεαλιστικές λύσεις για να ελαχιστοποιήσει τη συμβολή της ναυτιλίας στην ατμοσφαιρική ρύπανση και τον αντίκτυπό της στην αλλαγή του κλίματος.

2.2.5. Στόχος 14 Ζωή κάτω από τη θάλασσα

Επειδή η διεθνής ναυτιλία πραγματοποιείται στους ωκεανούς του κόσμου, το έργο του ΙΜΟ, ο οποίος είναι υπεύθυνος για μέτρα για τη βελτίωση της ασφάλειας των διεθνών μεταφορών και για την πρόληψη της ρύπανσης από πλοία, είναι αναπόσπαστο μέρος των περισσότερων, αν όχι όλων, των στόχων ο στόχος 14 «Ζωή κάτω από τη θάλασσα». Για να είναι βιώσιμες, οι ανθρώπινες δραστηριότητες πρέπει να ισορροπούνται με την ικανότητα των ωκεανών να παραμένουν υγιείς και να διατηρούν την ποικιλομορφία τους μακροπρόθεσμα. Ένα σημαντικό μέρος του ρόλου του ΙΜΟ

είναι να διασφαλίσει ότι η ναυτιλία συνεχίζει να συμβάλλει στην παγκόσμια οικονομία χωρίς να διαταράσσεται αυτή η λεπτή ισορροπία.



Ο ΙΜΟ καλύπτει όλες τις πτυχές της διεθνούς ναυτιλίας - συμπεριλαμβανομένου του σχεδιασμού πλοίων, της κατασκευής, του εξοπλισμού, της επάνδρωσης, της λειτουργίας και της διάθεσης - για να διασφαλίσει ότι αυτός ο ζωτικός τομέας παραμένει περιβαλλοντικά υγιής, ενεργειακά αποδοτικός και ασφαλής.

Η εφαρμογή και η επιβολή των κύριων συμβάσεων και κανονισμών που έχουν υιοθετηθεί από τα κράτη μέλη του ΙΜΟ αντιμετωπίζει ενεργά τη θαλάσσια ρύπανση, κυρίως από θαλάσσιες πηγές, αλλά επίσης, τουλάχιστον έμμεσα, και από χερσαίες πηγές.

Ο ΙΜΟ υποστηρίζει επίσης τους στόχους για τη διαχείριση και την προστασία των θαλάσσιων και παράκτιων οικοσυστημάτων, ιδίως μέσω της δημιουργίας ειδικών περιοχών και ιδιαίτερα ευαίσθητων θαλάσσιων περιοχών. Η προστασία της θαλάσσιας βιοποικιλότητας υπήρξε επίσης βασικό θέμα για τον ΙΜΟ για πολλά χρόνια, κυρίως στο έργο του για τον μετριασμό της απειλής των επιβλαβών διεισδυτικών ειδών που μεταφέρονται σε όλο τον κόσμο από πλοία μέσω του έρματος.

Για την προστασία της θαλάσσιας άγριας ζωής, το έργο του ΙΜΟ περιλαμβάνει τη μείωση του υποβρύχιου θορύβου από τα πλοία και τη λήψη μέτρων για την αποφυγή συγκρούσεων μεταξύ πλοίων και θαλάσσιων θηλαστικών. Ο ΙΜΟ απαγόρευσε επίσης την απόρριψη επιβλαβών απορριμμάτων από τα πλοία και αποτελεί μέρος της Παγκόσμιας Συνεργασίας για τα Θαλάσσια Απορρίμματα, ενώ η απόρριψη αποβλήτων στη θάλασσα ρυθμίζεται από τη Σύμβαση του 1972 για την πρόληψη της θαλάσσιας ρύπανσης από την απόρριψη αποβλήτων αλλά και την κοινώς αποκαλούμενη Σύμβαση του Λονδίνου και το Πρωτόκολλο του 1996.

2.2.6. Στόχος 15 Ζωή στην ξηρά

Παρόλο που ο IMO είναι ναυτιλιακός οργανισμός, το έργο του συμβάλλει επίσης σε ορισμένους από τους στόχους που σχετίζονται με τον Στόχο 15.



Τα κύρια οφέλη των προσπαθειών του IMO για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας μέσω μέτρων για τον περιορισμό της παγκόσμιας εξάπλωσης των χωροκατακτητικών ξένων ειδών από πλοία (που σχετίζονται με τη διαχείριση του έρματος και της βιομάζας) γίνονται αισθητά κυρίως στις θάλασσες και τους ωκεανούς - αλλά έχουν επίσης θετικό αντίκτυπο σε ορισμένα βασικά οικοσυστήματα γλυκού νερού, όπως οι Μεγάλες Λίμνες και τα ποτάμια της Νότιας Αμερικής.

Ο Οργανισμός είναι επίσης μέρος των παγκόσμιων προσπαθειών για την παύση της παράνομης λαθροθηρίας και της εμπορίας άγριων ζώων, ως μέλος της Ομάδας των Ηνωμένων Πολιτειών για την Μεταφορά Άγριας Ζωής, η οποία συμβάλλει στη διακοπή της παράνομης διακίνησης άγριων ζώων και, συνεπώς, στη μείωση της ζήτησης. Ο IMO εργάζεται επίσης για να ενισχύσει την ασφάλεια στα λιμάνια και να διευκολύνει τον εντοπισμό και την πρόληψη παράνομων αποστολών.

2.3. Πώς ορίζεται η βιωσιμότητα στη ναυτιλία

2.3.1. Ορισμός σύμφωνα με τον IMO

Είναι σημαντικό να έχουμε κατά νου ότι η ναυτιλία παραμένει, πρωτίστως, μια επιχειρηματική προσπάθεια, η οποία παρέχει ουσιαστική δημόσια υπηρεσία στον κόσμο με σχετικά χαμηλό κόστος, ενώ λειτουργεί υπό πολλούς διαφορετικούς κανονισμούς σε διαφορετικές δικαιοδοσίες.

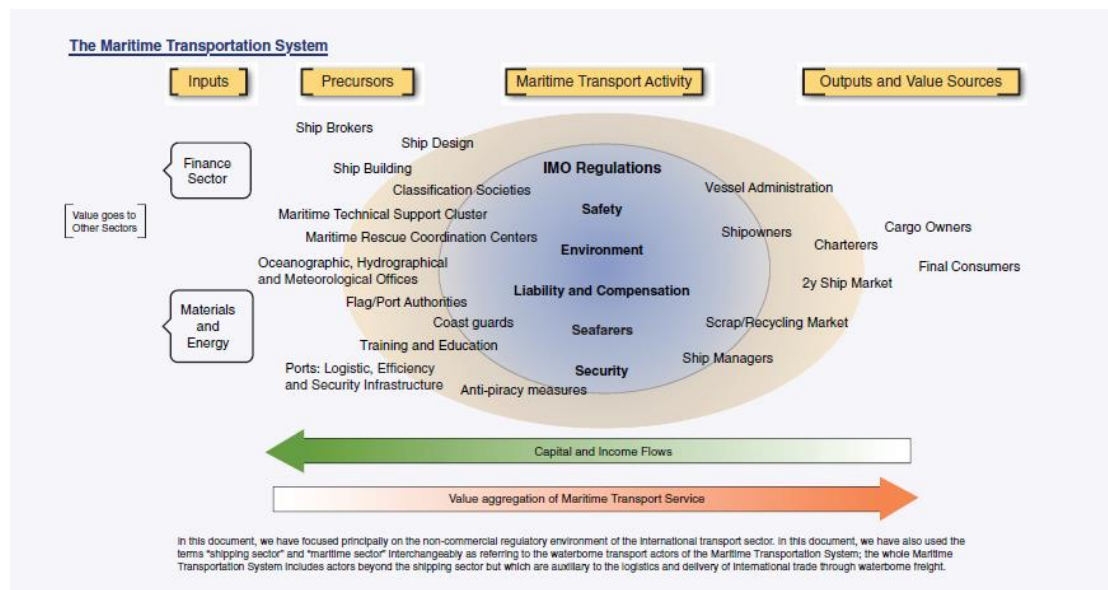
Επιπλέον, αυτοί οι κανονισμοί δεν είναι στατικοί. Οι αλλαγές εισάγονται για να αντιμετωπίσουν νέες προκλήσεις, όπως η τεχνολογική πρόοδος και οι αυξημένες κοινωνικές προσδοκίες για βελτιωμένη ασφάλεια, ασφάλεια έναντι κακόβουλων ενεργειών και προστασία του περιβάλλοντος. Ως εκ τούτου, η ναυτιλιακή βιομηχανία πρέπει συνεχώς να προσπαθεί να βελτιώσει τις διαδικασίες της και να είναι προετοιμασμένη να προσαρμοστεί στις μεταβαλλόμενες κανονιστικές απαιτήσεις συμμόρφωσης. Ωστόσο, εάν οι κανονισμοί γίνουν υπερβολικά επαχθείς και το κόστος για τη ναυτιλιακή βιομηχανία αυξηθεί, η κυκλοφορία τεράστιων όγκων βασικών υλικών και αγαθών με σχετικά χαμηλό κόστος θα μπορούσε να είναι σε κίνδυνο, και αυτό δεν θα ήταν προς το δημόσιο συμφέρον καθώς θα ήταν επιζήμιο για την ανάπτυξη και ευημερία στην κοινωνία των πολιτών στο σύνολό της.

Εκτός από αυτές τις εκτιμήσεις σχετικά με την ισορροπία μεταξύ κόστους και οφέλους, είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη η δημιουργία αξίας και οι ροές αξίας στο Σύστημα Θαλάσσιων Μεταφορών, το οποίο είναι μια αλυσίδα παραγόντων που όλοι πρέπει να μοιράζονται και να διανέμουν τιμές. Εάν όλοι οι παράγοντες του ναυτιλιακού τομέα, ενώ εκπληρώνουν τις διαφορετικές λειτουργίες τους, συνεργάζονται για την υποστήριξη αυτής της αλυσίδας αξίας, το σύστημα θαλάσσιων μεταφορών όχι μόνο θα λειτουργεί καλά για όλους τους ενδιαφερόμενους φορείς, συμπεριλαμβανομένης της κοινωνίας των πολιτών, αλλά θα έχει επίσης βιώσιμο μέλλον.

Ανακεφαλαιώνοντας, η κυκλοφορία αγαθών από το Σύστημα Θαλάσσιων Μεταφορών υπόκειται σε οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές ευθύνες και απαιτήσεις σε πολλά επίπεδα. Η πρόκληση έγκειται στο πώς αυτά μπορούν να μεταφραστούν ισότιμα και δίκαια σε ολόκληρη την αλυσίδα των παραγόντων προκειμένου να καταστεί βιώσιμο ολόκληρο το σύστημα. Αυτό είναι ιδιαίτερα δύσκολο, διότι ο συντονισμός

Αξιολόγηση στόλου φορτηγών πλοίων με χρήση πολυκριτηριακών μεθόδων: Εφαρμογή με κριτήρια βιωσιμότητας της βιωσιμότητας

μεταξύ των θαλάσσιων παραγόντων της ακτής και του διεθνούς ναυτιλιακού τομέα δεν είναι καλά εδραιωμένοι. Αυτό οφείλεται σε μια διαδεδομένη τάση για μεγιστοποίηση του κέρδους από καθέναν από τους εμπλεκόμενους φορείς, ο οποίος μπορεί να επιτύχει να μειώσει το κόστος για άλλους παράγοντες, και αυτό μπορεί με τη σειρά του να επηρεάσει τη βιωσιμότητα των δραστηριοτήτων των υπολοίπων φορέων, και έτσι να επηρεάσει την αλυσίδα εφοδιαστικής ολόκληρη. Η παρουσιάζει τους διαφορετικούς φορείς που εμπλέκονται στο παγκόσμιο σύστημα των θαλασσιών μεταφορών καθώς και τις ροές μεταξύ κόστους και προστιθέμενης αξίας.



Εικόνα 10 Βιώσιμο ναυτιλιακό σύστημα

Σύμφωνα με την προοπτική του IMO σχετικά με τη βιωσιμότητα του συστήματος θαλάσσιων μεταφορών, η οποία παρουσιάστηκε κατά τη διάρκεια της παγκόσμιας ναυτιλιακής ημέρας το 2013, προκειμένου να παρέχει μια απρόσκοπτη και αξιόπιστη υπηρεσία με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο, το σύστημα θαλάσσιων μεταφορών πρέπει να παρέχει ασφαλή, αποτελεσματική και αξιόπιστη μεταφορά αγαθών σε όλο τον κόσμο, ενώ ταυτόχρονα ελαχιστοποιεί τη ρύπανση, μεγιστοποιεί την ενεργειακή απόδοση και διασφαλίζει τη διατήρηση των πόρων. Για να επιτευχθεί αυτό, πρέπει να αναγνωριστεί και να ληφθεί υπόψη η πολυπλοκότητα της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων του συστήματος των θαλάσσιων μεταφορών κατά την αντιμετώπιση συγκεκριμένων δράσεων. Τα βασικά στοιχεία ενός βιώσιμου συστήματος θαλάσσιων μεταφορών σύμφωνα με τον IMO παρουσιάζονται παρακάτω:

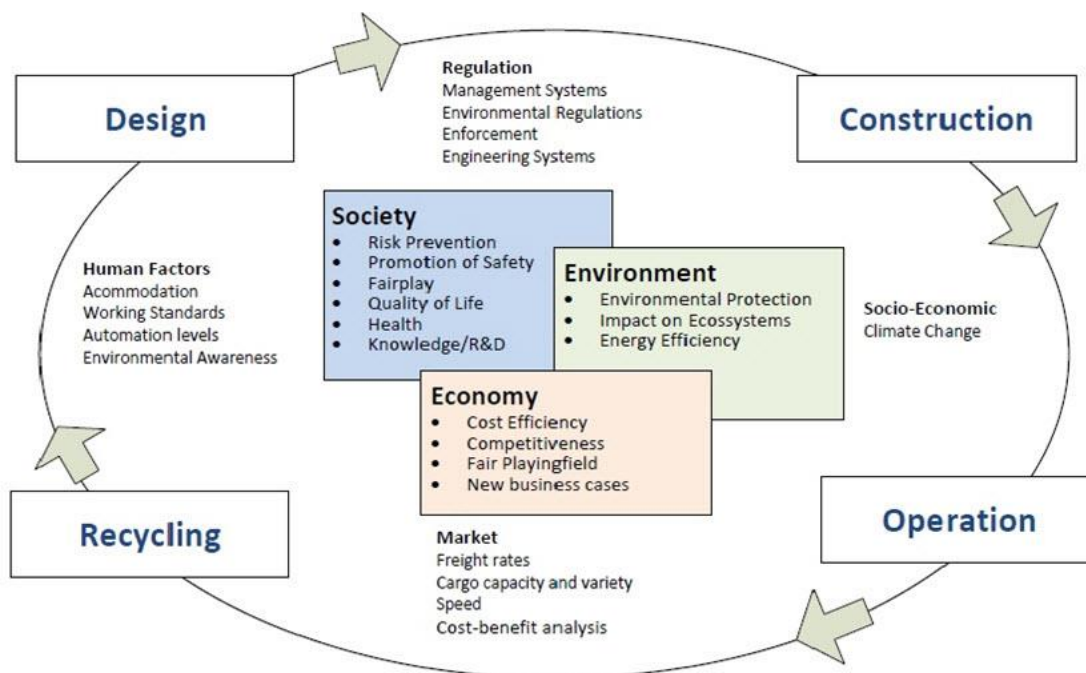
1. Ενεργειακή απόδοση, τεχνικά και επιχειρησιακά μέτρα για τη μείωση των αέριων εκπομπών από τα πλοία·
2. Νέες τεχνολογίες και καινοτομία, προώθηση της πράσινης τεχνολογίας ·
3. Ναυτική εκπαίδευση και κατάρτιση ·
4. Ναυτιλιακή ασφάλεια, πρωτοβουλίες κατά της πειρατείας ·
5. Διαχείριση θαλάσσιας κυκλοφορίας, προώθηση θαλάσσιων ηλεκτρικών αυτοκινητοδρόμων
6. Βελτίωση της θαλάσσιας υποδομής ·
7. Προώθηση παγκόσμιων προτύπων.

2.3.2. Ορισμός σύμφωνα την EMSA

Η βιώσιμη ναυτιλία είναι μια ολιστική έννοια διαχείρισης για αειφόρο ανάπτυξη, που εφαρμόζεται στον τομέα της ναυτιλίας, ενσωματώνοντας την περιβαλλοντική και την κοινωνική ευθύνη. Η αειφορία περιλαμβάνει τρεις βασικούς πυλώνες: το περιβάλλον, την κοινωνία και την οικονομία και η ανάπτυξη της αειφόρου ναυτιλίας είναι το αποτέλεσμα της ενίσχυσης αυτών των τριών πυλώνων.

Διαφορετικοί παράγοντες επηρεάζουν την ανάπτυξη της αειφορίας στη ναυτιλία, από ρυθμιστικούς έως κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες, πτυχές που σχετίζονται με την αγορά και ανθρώπινους παράγοντες, που όλοι μαζί συμβάλλουν με διαφορετικούς τρόπους στην ανάπτυξη αυτών των τριών πυλώνων. Δεδομένου ότι πολλοί διαφορετικοί ενδιαφερόμενοι συμμετέχουν στη διαδικασία, προκύπτει ότι ένας από τους κρίσιμους παράγοντες για την υποστήριξη της βιώσιμης ναυτιλίας είναι η κατανόηση των ανησυχιών, των αναγκών και των προσδοκιών όλων των μερών. Οι επικοινωνητικοί διάλογοι, οι συνεργασίες, οι συνέργειες, η Έρευνα και Ανάπτυξη είναι μερικά από τα βασικά μέσα για την ανάπτυξη της βιώσιμης ναυτιλίας.

Αξιολόγηση στόλου φορτηγών πλοίων με χρήση πολυκριτηριακών μεθόδων: Εφαρμογή με κριτήρια βιωσιμότητας της βιωσιμότητας



Εικόνα 11 Τα στάδια και οι τομείς της βιωσιμότητας για τη ναυτιλία, σύμφωνα με την EMSA

Στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, δημιουργήθηκε ένα ειδικό φόρουμ αφιερωμένο στη βιώσιμη ναυτιλία με την «Απόφαση της Επιτροπής, της 24ης Σεπτεμβρίου 2013, σχετικά με τη σύσταση ομάδας εμπειρογνομόνων για τη βιωσιμότητα των θαλάσσιων μεταφορών» - Το Ευρωπαϊκό Φόρουμ Βιώσιμης Ναυτιλίας (European Sustainable Shipping Forum, ESSF). Τα ακόλουθα συνέβαλαν στη δημιουργία του ESSF:

Ο Οργανισμός υποστηρίζει διεθνείς και ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες για καθαρή και βιώσιμη ναυτιλία με τους ακόλουθους τρόπους:

- Ανάπτυξη εναλλακτικών και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών καυσίμων για τη ναυτιλία ·
- Μείωση της κατανάλωσης καυσίμου για τα υπάρχοντα πλοία και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κινητήρων και γάστρας για νέες κατασκευές. Αυτά τα νέα παγκόσμια μέτρα θα βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα των πλοίων και ταυτόχρονα θα μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

- Εφαρμογή υποχρεωτικών μέτρων του IMO για μια παγκόσμια βιομηχανία, όπως το EEDI (Δείκτης Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης) για νέα πλοία και το Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης Πλοίων (SEEMP) για όλα τα πλοία.
- Μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των πλοίων, ιδίως των εκπομπών θείου (SOx και SO₂), αζώτου (NOx) και σωματιδίων (PM). και,
- Ανάπτυξη νομοθεσίας για τη διασφάλιση της αποτελεσματικής παράδοσης αποβλήτων πλοίων σε λιμενικές εγκαταστάσεις παραλαβής αποβλήτων.

Η EMSA συμμετέχει σε επιτροπές και ομάδες αλληλογραφίας του IMO (Ομάδα αλληλογραφίας MEPC για την αναθεώρηση του EEDI, ομάδα αλληλογραφίας για περαιτέρω μέτρα ενεργειακής απόδοσης) και έχει συνεργαστεί με τη DG MOVE στην ανάπτυξη του δείκτη απόδοσης μεμονωμένου πλοίου - έννοιας ISPI. Επιπλέον, ο Οργανισμός συνεργάζεται με σχετικά ερευνητικά ιδρύματα ή / και πιλοτικά έργα (π.χ. FMI - Εκτίμηση εκπομπών 2011 στα ύδατα της ΕΕ) και παρέχει τεχνική βοήθεια στην πρόταση της Επιτροπής για τις συζητήσεις για τον κανονισμό Παρακολούθηση, Αναφορά και Επαλήθευση (MRV) του πλοίου σχετικά με τις εκπομπές CO₂.

2.3.3. Ορισμός σύμφωνα τη βιβλιογραφία

Ο πρώτος ορισμός της βιωσιμότητας των θαλάσσιων μεταφορών δημοσιεύθηκε από τους Χατζηνικολάου και Βεντίκο το 2011. Ακολουθεί μια αναλυτική επισκόπηση της βιβλιογραφίας στηριζόμενη στον παραπάνω ορισμό.

Υπάρχει μια εκτεταμένη επιστημονική βιβλιογραφία διαθέσιμη για τις βιώσιμες μεταφορές (η πλειονότητα των οποίων αναφέρεται στις αστικές και οδικές μεταφορές) και πολλοί ορισμοί αυτής της έννοιας μπορεί να διερευνηθούν. Οι περισσότεροι από αυτούς τους ορισμούς απαντούν στο ερώτημα ποιο είναι ουσιαστικά ένα βιώσιμο σύστημα μεταφορών (κυρίως ορισμοί με πολιτικό προσανατολισμό) και όχι το ερώτημα πώς να καταστεί το σύστημα βιώσιμο. Για να απαντηθεί η τελευταία ερώτηση για τα βιώσιμα συστήματα μεταφορών απαιτείται επιχειρησιακός ορισμός. Ο ορισμός μιας έννοιας με λειτουργικό τρόπο είναι μια σημαντική προϋπόθεση πριν

προσπαθήσουμε να μετρήσουμε αυτήν την έννοια (Meier, 2002). Επομένως, το επίκεντρο εδώ είναι να διερευνήσουμε τους υφιστάμενους επιχειρησιακούς ορισμούς της αειφορίας ή της αειφορίας στον τομέα των μεταφορών, προκειμένου να καταλήξουμε σε έναν επιχειρησιακό ορισμό για τη βιωσιμότητα των θαλάσσιων μεταφορών. Η βιβλιογραφική επισκόπηση δείχνει ότι πολλοί από τους διαθέσιμους ορισμούς της βιωσιμότητας των συστημάτων μεταφοράς αποτυπώνουν χαρακτηριστικά της αποτελεσματικότητας του συστήματος και τις επιπτώσεις του συστήματος στην οικονομία, το περιβάλλον και την κοινωνική ποιότητα ζωής (Jeon, 2005).

Ωστόσο, φαίνεται να υπάρχει μεγαλύτερη εστίαση στην αντιμετώπιση της αποτελεσματικότητας του συστήματος, καθώς και σε ορισμένες από τις επιπτώσεις των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (κυρίως επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα) και λιγότερη εστίαση στις οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Η αρχή της «εξάλειψης της συνεισφοράς μας» έχει προταθεί στην προσπάθεια να αποφευχθεί η παραπάνω αδυναμία και να παρασχεθεί στη λειτουργικότητα ορισμός της αειφορίας (Johnston et al. 2007). Σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση, οι αρχές της επιχειρησιακής βιωσιμότητας θα πρέπει να αναπτυχθούν με στόχο την εξάλειψη της ανθρώπινης συμβολής σε:

1. συστηματικές αυξήσεις των συγκεντρώσεων των ουσιών από τον φλοιό της Γης.
2. συστηματικές αυξήσεις των συγκεντρώσεων των ουσιών που παράγονται από την κοινωνία.
3. συστηματική φυσική υποβάθμιση της φύσης.
4. συνθήκες που υπονομεύουν συστηματικά την ικανότητα των ανθρώπων να ικανοποιούν τις ανάγκες τους.

Αυτή η επιχειρησιακή προσέγγιση της αειφορίας έχει γίνει γνωστή ως «Το Φυσικό Βήμα Πλάισιο» μετά τον οργανισμό που το προωθεί (TNS), (Robèrt et al, 2002). Από τη σκοπιά του διεθνούς οργανισμού, για παράδειγμα, η Παγκόσμια Τράπεζα έχει εστιάσει σε οικονομικό προσανατολισμό, δίνοντας έμφαση στην αποτελεσματική χρήση των πόρων στις ακόλουθες τρεις διαστάσεις:

- a) Οικονομικό & χρηματοοικονομικό;
- b) Περιβαλλοντικό & οικολογικό; και
- c) Κοινωνικός.

Αντίθετα, ένας οργανικός ορισμός των βιώσιμων μεταφορών που εστιάζει περισσότερο στην περιβαλλοντική διάσταση των βιώσιμων μεταφορών έχει προταθεί από τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) (ΟΟΣΑ, 1996). Αυτός ο ορισμός αναφέρει ότι: Ένα περιβαλλοντικά βιώσιμο σύστημα μεταφορών είναι ένα σύστημα που δεν θέτει σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία ή τα οικοσυστήματα και ικανοποιεί τις ανάγκες πρόσβασης σύμφωνα με (α) Χρήση ανανεώσιμων πόρων κάτω από τα ποσοστά αναγέννησής τους, και (β) χρήση μη ανανεώσιμων πόρων σε χαμηλούς ρυθμούς ανάπτυξης ανανεώσιμων υποκατάστατων. Η προσέγγιση του συστήματος βιώσιμων μεταφορών του ΟΟΣΑ βασίζεται στον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) και τις κατευθυντήριες γραμμές για την ατμοσφαιρική ρύπανση, τα επίπεδα θορύβου, την οξίνιση και τον ευτροφισμό, καθώς και την κλιματική αλλαγή και την εξάντληση του όζοντος.

Μια γνωστή οργανωτική προοπτική προέρχεται από το Κέντρο Βιώσιμων Μεταφορών του Καναδά (CST), το οποίο εισήγαγε τις λεγόμενες ολοκληρωμένες βιώσιμες μεταφορές. Ο ορισμός του CST έχει λάβει επίσημο καθεστώς, δεδομένου ότι η περιγραφή της ΕΕ για τις βιώσιμες μεταφορές λαμβάνεται σχεδόν από λέξη σε λέξη. Αυτές οι δύο παρόμοιες δηλώσεις αποτελούν μακράν τους πιο ευρέως αποδεκτούς ορισμούς των βιώσιμων μεταφορών (Hall, 2002).

Στον ορισμό της ΕΕ, ένα βιώσιμο σύστημα μεταφορών ορίζεται ως ένα που:

- ✓ επιτρέπει στις βασικές ανάγκες πρόσβασης και ανάπτυξης ατόμων, εταιρειών και κοινωνιών να ικανοποιούνται με ασφάλεια και κατά τρόπο συνεπή με την υγεία των ανθρώπων και των οικοσυστημάτων, και προάγει την ισότητα εντός και μεταξύ διαδοχικών γενεών
- ✓ είναι προσιτή, λειτουργεί δίκαια και αποτελεσματικά, προσφέρει επιλογή τρόπου μεταφοράς και υποστηρίζει μια ανταγωνιστική οικονομία, καθώς και μια ισορροπημένη περιφερειακή ανάπτυξη.
- ✓ περιορίζει τις εκπομπές και τα απόβλητα στην ικανότητα του πλανήτη να τα απορροφά, χρησιμοποιεί ανανεώσιμους πόρους με ή όχι κάτω από τους

ρυθμούς παραγωγής τους και, χρησιμοποιεί μη ανανεώσιμους πόρους με ή κάτω από τους ρυθμούς ανάπτυξης ανανεώσιμων υποκατάστατων, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα τον αντίκτυπο στη χρήση γης και την παραγωγή θορύβου.

Όλοι οι προηγούμενοι ορισμοί της βιωσιμότητας των μεταφορών είναι παρόμοιοι στο ότι περιλαμβάνουν τις ακόλουθες βασικές αρχές: 1. Προσβασιμότητα. 2. Αποδοχή περιορισμού πόρων (φυσικός, κοινωνικός, οικονομικός) · και 3. Ίδια κεφάλαια. Η προσβασιμότητα είναι ουσιαστικά η δυνατότητα απόκτησης επιθυμητών αγαθών, υπηρεσιών και δραστηριοτήτων και θα συζητηθεί περαιτέρω στις ακόλουθες ενότητες.

Το κεφάλαιο της καθαρής θέσης αντανακλά ουσιαστικά την αλληλεπίδραση μεταξύ των άλλων δύο αρχών, ιδίως με την έννοια της ισότητας μεταξύ γενεών. Επιπλέον, το δίκαιο αναφέρεται επίσης σε μια ισορροπημένη κατανομή των παροχών μεταφοράς (αντανακλάται από την πρόσβαση) και το κόστος (που αντικατοπτρίζεται από διάφορους περιορισμούς πόρων) στο πλαίσιο της τρέχουσας γενιάς (Zegras, 2005).

Κλείνοντας αυτήν την αναθεώρηση, σημειώνεται ότι καμία από τις παραπάνω προσπάθειες δεν παρέχει έναν ολοκληρωμένο επιχειρησιακό ορισμό των βιώσιμων μεταφορών, δεδομένου ότι η εστίασή τους είναι περισσότερο στην περιγραφή μιας βιώσιμης κατάστασης μεταφοράς παρά στην πορεία για να φτάσουμε σε αυτήν την προϋπόθεση.

Η συγγραφέας της εργασίας θεωρεί ότι ο όρος σύστημα βιώσιμων θαλάσσιων μεταφορών θα τροποποιηθεί περαιτέρω στο μέλλον προκειμένου να ενσωματώσει κάθε πτυχή που σχετίζεται με την ευημερία, τους ανθρώπους και το περιβάλλον. Η προσοχή της ακαδημαϊκής κοινότητας και των υπευθύνων χάραξης πολιτικής εστιάζεται στις περιβαλλοντικές επιδόσεις της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Επιπλέον, τα αποτελέσματα που συγκεντρώθηκαν τόσο από τη βιβλιογραφία όσο και από τις κρίσεις που βασίζονται στην αγορά από εμπειρογνώμονες έδειξαν ότι οι βιώσιμες δυνατότητες εκμετάλλευσης και εξερεύνησης της ναυτιλίας έχουν θετικά αποτελέσματα στην επιχειρηματική απόδοση. Η οργανική αδυναμία και η περιβαλλοντική αβεβαιότητα μετριάζουν αρνητικά τη σχέση μεταξύ της ικανότητας βιώσιμης εκμετάλλευσης και

της επιχειρηματικής απόδοσης, αλλά μετριάζουν θετικά τη σχέση μεταξύ της ικανότητας βιώσιμης εξερεύνησης και της επιχειρηματικής απόδοσης. Τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι η βιώσιμη ναυτιλία πρέπει να αντιμετωπίζεται ως δυναμική ικανότητα και όχι ως σύνολο πρακτικών, που υποδηλώνουν στάση. Επιπλέον, οι πολιτικές διαχείρισης για την ανάπτυξη βιώσιμων δυνατοτήτων εκμετάλλευσης ή εξερεύνησης θα πρέπει να εξαρτώνται από το εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον των ναυτιλιακών εταιρειών (Yuen et al, 2019).

2.3.4. Βιωσιμότητα & Επανατακτικότητα (Resilience)

Υπάρχουν πολλές ομοιότητες μεταξύ των εννοιών της αειφορίας και της ανθεκτικότητας, και συχνά χρησιμοποιούνται χωρίς σαφή διάκριση σε νόημα και σκοπό για μια ποικιλία εφαρμογών. Σημειώστε επίσης ότι η εφαρμογή αυτών των εννοιών απαιτεί ότι η βιωσιμότητα και η ανθεκτικότητα πρέπει να είναι περιγραφές για κάτι άλλο, αντί να είναι οι ίδιες ξεχωριστές οντότητες. Η αειφορία και η ανθεκτικότητα χρησιμοποιούνται και για την περιγραφή ενός συστήματος (Carpenter et al., 2001). Αυτό θα μπορούσε να είναι σχεδόν οποιοδήποτε σύστημα, από την παγκόσμια οικονομία έως την ψυχική ή σωματική υγεία ενός ατόμου. Μία ομοιότητα είναι ότι η βιωσιμότητα και η ανθεκτικότητα αναφέρονται τόσο στην κατάσταση ενός συστήματος ή ενός χαρακτηριστικού με την πάροδο του χρόνου, εστιάζοντας στην επιμονή αυτού του συστήματος υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας και σε απόκριση σε διαταραχές (Fiksel et al., 2014).

Λόγω αυτής της κοινής εστίασης στην επιβίωση του συστήματος, η βιωσιμότητα και η ανθεκτικότητα μοιράζονται κοινές ερευνητικές μεθοδολογίες, όπως ανάλυση κύκλου ζωής, δομική ανάλυση και κοινωνικοοικονομική ανάλυση (Bocchini et al., 2014). Η ανθεκτικότητα και η βιωσιμότητα συνδέονται επίσης με τις παγκόσμιες πολιτικές τάσεις, όπου τα παγκόσμια πλαίσια και οι πολυμερείς ατζέντες αναπτύσσονται με τρόπους που προωθούν τη βιωσιμότητα και την ανθεκτικότητα στην αστικοποίηση (Folke et al., 2002). Αυτοί οι αλληλεπικαλυπτόμενοι στόχοι και τομείς εφαρμογής οδήγησαν σε συνδυασμένα τμήματα αειφορίας και ανθεκτικότητας σε ορισμένες κυβερνητικές υπηρεσίες (π.χ., City of El Paso Office of Resilience and Sustainability), πανεπιστήμια (π.χ. Urban Sustainability and Resilience program at University College

Αξιολόγηση στόλου φορτηγών πλοίων με χρήση πολυκριτηριακών μεθόδων: Εφαρμογή με κριτήρια βιωσιμότητας της βιωσιμότητας

London) και μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς (π.χ., Πολίτες για παράκτιες κοινότητες βιώσιμης και ανθεκτικότητας)

3. Επιλογή Κριτηρίων & Βαθμονόμηση

3.1. Αξιολόγηση Βιωσιμότητας

Η αξιολόγηση βιωσιμότητας (Sustainability Assessment, SA) είναι ένας από τους πιο πολύπλοκους τύπους μεθοδολογιών αξιολόγησης. Εξ ορισμού η αξιολόγηση βιωσιμότητας συνεπάγεται σύνθεση διαφορετικών πτυχών (περιβαλλοντικές, οικονομικές, κοινωνικές) αλλά ταυτόχρονα και στοιχεία στηριζόμενα στο αξιακό και το πολιτισμικό σύστημα. Παρόλα αυτά η αξιολόγηση βιωσιμότητας χρησιμοποιείται συνήθως για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων και την ανάπτυξη πολιτικής σε ένα ευρύ πλαίσιο. Πράγματι, η αξιολόγηση της βιωσιμότητας καθίσταται ολοένα και πιο κοινή πρακτική σε αξιολογήσεις προϊόντων, πολιτικών και θεσμικών οργάνων. Έννοιες όπως «Ολοκληρωμένη Αξιολόγηση» και «Αξιολόγηση Αειφορίας» εισάγονται για να προσφέρουν «νέες» προοπτικές για την εκτίμηση επιπτώσεων που στοχεύουν στον σχεδιασμό και τη λήψη αποφάσεων για την αειφόρο ανάπτυξη (SD) (Hacking and Guthrie, 2008). Παραδείγματα τρεχόντων ορισμών της αξιολόγησης της αειφορίας με γνώμονα την πολιτική είναι (Ciuffo, Nijkamp, & Sala, 2015):

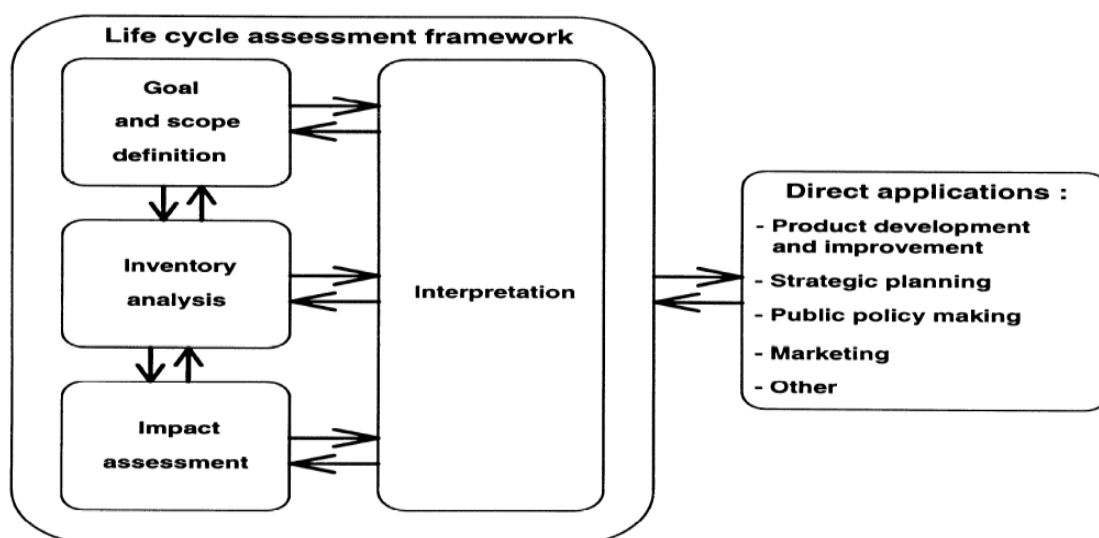
- Η αξιολόγηση της αειφορίας είναι μια μεθοδολογία «που μπορεί να βοηθήσει τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων και τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να αποφασίσουν ποιες ενέργειες πρέπει να κάνουν και ποιες δεν πρέπει να κάνουν σε μια προσπάθεια να καταστήσουν την κοινωνία πιο βιώσιμη» (Devuyst, 2001). ή
- Ο στόχος της αξιολόγησης της αειφορίας είναι να επιδιώξει ότι «τα σχέδια και οι δραστηριότητες συμβάλλουν στη βιώσιμη ανάπτυξη» (Verheem, 2002).

Είναι σαφές ότι υπάρχει μια αυξανόμενη ανησυχία στην επιστημονική κοινότητα και κύκλους πολιτικής σχετικά με το εάν διάφορα εμπειρικά παραδείγματα αξιολόγησης της αειφορίας είναι πραγματικά επαρκή. Ως εκ τούτου, οι κύριες προκλήσεις για την αξιολόγηση της αειφορίας σχετίζονται με: την ανάγκη προσδιορισμού τόσο της επιστημονικής όσο και της πολιτικής οριοθετημένης γραμμής, οι οποίες είναι σε θέση να καθορίσουν ένα όριο μεταξύ του τι συμβάλλει σε μια αειφόρο ανάπτυξη και τι όχι, και την ικανότητα εκτέλεσης της συμπαραγωγής γνώσεων και λύσεων σε διεπιστημονικό περιβάλλον.

3.2. Ανάλυση του Κύκλου Ζωής

Η τεχνολογία αξιολόγησης της βιωσιμότητας [Ludwig, 1997] δεν περιορίζεται στη φάση λειτουργίας μιας τεχνολογίας αλλά επεκτείνεται σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής, συμπεριλαμβανομένων των πρώτων υλών και της διάλυσης ή ανακύκλωσης. Τα αποτελέσματα της αειφορίας ενός τεχνολογικού προϊόντος μπορούν να γίνουν κατανοητά μόνο μέσω μιας αξιολόγησης κύκλου ζωής (Life Cycle Assessment, LCA). Κατά την αξιολόγηση των τεχνολογικών επιπτώσεων στο περιβάλλον, η προσέγγιση της ανάλυσης του κύκλου ζωής έχει καθιερωθεί εδώ και καιρό. Οι δείκτες οικολογικής εξισορρόπησης της περιβαλλοντικής συμβατότητας, για παράδειγμα, προϊόντων ή εγκαταστάσεων καθιστούν δυνατή τη σύγκριση διαφόρων εναλλακτικών λύσεων και την εξεύρεση βέλτιστων λύσεων σύμφωνα με τα περιβαλλοντικά κριτήρια.

Η μέθοδος LCA έχει ως στόχο την ποσοτικοποίηση των συνεπειών του προϊόντος ή της διαδικασίας στο περιβάλλον, εστιάζοντας στα στάδια της ζωής του, τα οποία θεωρούνται ότι είναι άμεσα εξαρτώμενα μεταξύ τους. Με αυτό τον τρόπο παρέχει κριτήρια που εξυπηρετούν την εκτίμηση των ενδεχόμενων περιβαλλοντικών επιπτώσεων για ένα συγκεκριμένο προϊόν προβλέποντας την επίδρασή του στο περιβάλλον. Επιπλέον, όταν πρόκειται για την επιλογή μεταξύ δύο προϊόντων, η μέθοδος LCA είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί παρέχοντας πραγματικά στοιχεία για την σύγκρισή τους (Blanco-Davis and Zhou, 2016).



Εικόνα. 12 Τα στάδια της μεθόδου LCA (ISO 14040,1997)

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής, όπως φαίνεται στο Εικόνα 12, διακρίνεται σε τέσσερις επιμέρους φάσεις, σύμφωνα με τα πρότυπα ISO 14040 και ISO 14044:

1. Καθορισμός του στόχου και του πεδίου εφαρμογής.

Η πρώτη φάση αφορά τον ακριβή προσδιορισμό τού υπό μελέτη προϊόντος ή διαδικασίας, καθώς και του στόχου της ίδιας της μελέτης. Επιπρόσθετα, σε αυτή τη φάση ορίζεται με σαφήνεια το γενικό πλαίσιο της μελέτης, αλλά και τα όρια της, δηλαδή το εύρος εισροών και εκροών που θα αναλυθούν.

2. Καταγραφή δεδομένων κύκλου ζωής (Life Cycle Inventory, LCI).

Στη συγκεκριμένη φάση, συλλέγονται και καταγράφονται οι εισροές και οι εκροές του συστήματος κατά τη διάρκεια της ζωής του. Η διαδικασία της καταγραφής και της ανάλυσης των δεδομένων συχνά απαιτείται να επαναληφθεί, εφόσον κατά τη διάρκειά της είναι δυνατό να προκύψουν νέα στοιχεία προς ανάλυση.

3. Αξιολόγηση επιπτώσεων κύκλου ζωής (Life Cycle Impact Assessment, LCIA).

Στην τρίτη φάση, τα στοιχεία που καταγράφηκαν στο προηγούμενο βήμα αξιολογούνται για πιθανές συνέπειες τόσο στον άνθρωπο, όσο και στο περιβάλλον.

4. Ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Στην τελευταία φάση, γίνεται ο συνδυασμός και η εκτίμηση των αποτελεσμάτων που έχουν προκύψει από τις προηγούμενες διαδικασίες. Με γνώμονα πάντα τον στόχο που είχε τεθεί στο πρώτο στάδιο της

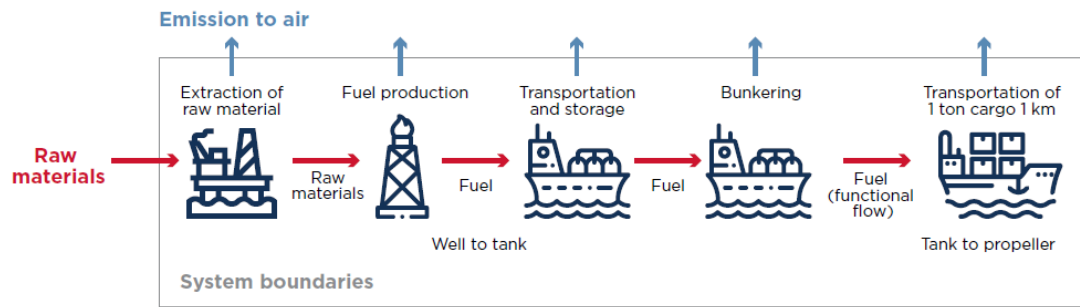
Μια αλληλουχία διεργασιών μπορεί να επισημάνει περιβαλλοντικά αδύνατα σημεία και να εντοπίσει τις προτεραιότητες για την απαραίτητη αλλαγή. Το πρότυπο που ακολουθείται σε αυτή την αξιολόγηση το DIN EN ISO 14040 «Οικολογική διαχείριση - Οικολογική ισορροπία. Οι Αρχές και οι Γενικές Απαιτήσεις» έχει καθιερωθεί ως πλαίσιο για την εκτέλεση οικολογικών ισοζυγίων. Παρά τις πολλές μεθοδολογικές δυσκολίες, ο τομέας της περιβαλλοντικής πολιτικής και η αξιολόγηση περιβαλλοντικών σχετικών διαδικασιών δεν μπορούν να εξεταστούν χωρίς οικολογική ισορροπία. Μια πρόσφατη εξέλιξη είναι η ιδέα της ενσωμάτωσης οικονομικών και κοινωνικών πτυχών στις αξιολογήσεις της αειφορίας.

Αρχικά, η οικολογική ισορροπία αποτελείται από τον ορισμό των στόχων της: μια ισορροπία πόρων, μια ισορροπία επιπτώσεων και μια αξιολόγηση. Ο ορισμός των στόχων περιλαμβάνει τον καθορισμό του πεδίου και των στόχων της έρευνας. Το

ισοζύγιο πόρων περιλαμβάνει την κατάρτιση υλικής χρήσης και ενεργειακού ισοζυγίου για καθεμία από τις μεμονωμένες διαδικασίες του συστήματος, εξέταση των διαδικασιών σχετικά με την τήρηση περιβαλλοντικών προτύπων και τη συγκέντρωση του ισοζυγίου πόρων για ολόκληρη τη σειρά προϊόντων. Ο όρος «σειρά προϊόντων» πρέπει να νοείται ως αναπαράσταση όλων των σχετικών διαδικασιών στον κύκλο ζωής, από την απόθεση πρώτων υλών έως τον τόπο διάθεσης αποβλήτων. Η ενσωμάτωση των διαδικασιών της μεταφοράς πρώτων υλών αλλά και λεπτομερειών σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας μπορεί επίσης να είναι σημαντική σε αυτήν την έρευνα. Αυτό είναι αποφασιστικό για παράδειγμα στη διαφωνία σχετικά με το εάν τα μη επιστρεφόμενα υλικά συσκευασίας είναι πιο περιβαλλοντικά συμβατά από τα επιστρεφόμενα υλικά συσκευασίας. Στο ισοζύγιο επιπτώσεων, τα υλικά και οι ενέργεια που καταναλώνονται στη σειρά προϊόντων προσδιορίζονται σε σχέση με τις περιβαλλοντικές κατηγορίες και σταθμίζονται ανάλογα. Το αποτέλεσμα στη συνέχεια αξιολογείται σε σχέση με την περιβαλλοντική συμβατότητα.

Για παράδειγμα, για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ναυτιλιακών καυσίμων, είναι ζωτικής σημασίας να ληφθούν υπόψη οι εκπομπές και κατά τα στάδια της παραγωγής. Η Εικόνα 13 δείχνει μια γραφική αναπαράσταση της ανάλυσης κύκλου ζωής (LCA) για τα ναυτιλιακά καύσιμα, η οποία περιλαμβάνει τις εκπομπές από την εξόρυξη πρώτων υλών (είτε ορυκτών είτε βιομάζας), την παραγωγή, την μεταφορά και την αποθήκευση ακολούθως στον ανεφοδιασμό καυσίμων και, τέλος, από την καύση επί του σκάφους. (ABS, 2020). Γίνεται αντιληπτό ότι οι επιλογές παραγωγής καυσίμων οι οποίες απαιτούν μεγάλα ποσά ενέργειας και κατά συνέπεια έχουν τον αντίστοιχο αντίκτυπο δε μπορούν να είναι ελκυστικές στο μέλλον. Επιπλέον, εξετάζεται από τα κέντρα αποφάσεων οι συνολικές εκπομπές ρύπων well to propeller ή well to wake κατά αντιστοιχία με τις χερσαίες μεταφορές με αρκετά πιθανό ενδεχόμενο στο μέλλον να δούμε νέους κανονισμούς με περιορισμούς που να εμπεριέχουν όλο τον κύκλο ζωής του καυσίμου.

Αξιολόγηση στόλου φορτηγών πλοίων με χρήση πολυκριτηριακών μεθόδων: Εφαρμογή με κριτήρια βιωσιμότητας της βιωσιμότητας



Εικόνα 13 Ανάλυση του Κύκλου Ζωής για τα ναυτιλιακά καύσιμα

Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι οικολογικές ισορροπίες δεν καθιστούν δυνατή πάντα την εξακρίβωση της απόλυτης περιβαλλοντικής συμβατότητας, απλώς επιτρέπουν συγκρίσεις. Οι συγκρίσεις που πραγματοποιούνται με τη χρήση αυτής της μεθόδου πρέπει να σχετίζονται με προϊόντα που επιτελούν τον ίδιο συγκεκριμένο σκοπό. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως συγκεντρωτικά δεδομένα. Με άλλα λόγια, δεν λένε τίποτα για τις πραγματικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε συγκεκριμένα μέρη σε μια συγκεκριμένη στιγμή, αλλά παρουσιάζουν αντίθετα συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής. Εάν αυτά τα αποτελέσματα γίνονται αποδεκτά κατά τη λήψη αποφάσεων, τα οικολογικά ισοζύγια πρέπει να συμμορφώνονται με τις συνήθεις μεθοδολογικές απαιτήσεις κατανόησης, διαφάνειας και συνέπειας. Εάν αμφισβητηθούν τα αποτελέσματα, πρέπει να είναι δυνατή η ανίχνευσή τους στις πληροφορίες εισαγωγής, υποτιθέμενες λειτουργικές εξαρτήσεις ή εγκαταστάσεις. Ως εκ τούτου, θα πρέπει πρώτα να επιτευχθεί συμφωνία σχετικά με αυτές τις παραμέτρους ιδιαίτερα όσον αφορά τα όρια του συστήματος που πρέπει να τηρούνται.

3.3. Αξιολόγηση Κόστους στον Κύκλο Ζωής

Ο αρχικός λόγος για τον οποίο δημιουργήθηκε για πρώτη φορά η ανάλυση κόστους σε όλο τον κύκλο ζωής (Life Cycling Costing, LCC) είναι να πραγματοποιήσει μια οικονομική ανάλυση για ένα προϊόν ή μια υπηρεσία και, όπως έχει ήδη αναφέρει, να μετρήσει τον αντίκτυπο που έχει προκαλέσει αυτό το αγαθό μέσω της χρήσης του. Με αυτό τον τρόπο η LCC μας βοηθά να βρούμε λύσεις και τρόπους για τη μείωση του αντίστοιχου κόστους. Ωστόσο, σήμερα η αξιολόγηση κόστους στον κύκλο ζωής, LCC εξυπηρετεί τρεις βασικούς σκοπούς:

1. Πρώτα απ' όλα, η LCC μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για τους μηχανικούς και μάλιστα με αρκετά αποτελεσματικό τρόπο για να υποστηρίξει τη λήψη αποφάσεων στο σχεδιασμό και την απόκτηση ενός ανοιχτού συστήματος, τα οποία μπορούν να εξελιχθούν με την πάροδο του χρόνου και να αλλάξουν με το περιβάλλον τους. Στις περισσότερες περιπτώσεις, σε ένα ανοιχτό σύστημα, τα λεγόμενα μεταγενέστερα κόστη, τα οποία είναι δαπάνες που σχετίζονται με ένα μεταγενέστερο μέρος της περιόδου ζωής του, ξεπερνούν το κόστος κτήσης. Έτσι, μέσω μιας διαδικασίας όπως η LCC, το μεταγενέστερο κόστος θα μπορούσε να εκτιμηθεί, να εξαλειφθεί από το σχεδιασμό και να διαχειριστεί, όπως και οι σχετικοί κίνδυνοι. Αυτό φαίνεται να είναι ζωτικής σημασίας όχι μόνο για τον αγοραστή, αλλά και για τον κατασκευαστή. (Emblesvag, 2003)
2. Δεύτερον, η LCC ξεπερνά πολλά από τα μειονεκτήματα της παραδοσιακής κοστολόγησης και μπορεί επομένως να είναι χρήσιμο εργαλείο στη διαχείριση κόστους, καθώς η παραδοσιακή κοστολόγηση θεωρείται ότι είναι πολύ ξεπερασμένη λόγω του γεγονότος ότι μπορεί να χειριστεί μόνο ένα μέρος του κόστους και του συνολικού κόστους. (Emblesvag, 2003)
3. Τέλος, η LCC έχει εξελιχθεί με τρόπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο σχεδιασμού και μηχανικής για περιβαλλοντικούς σκοπούς. Η μεθοδολογία LCC στον περιβαλλοντικό τομέα θεωρείται καθοριστικής σημασίας και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο πρωταρχικό μέρος της ζωής οποιουδήποτε προϊόντος, το σχεδιασμό του, λαμβάνοντας υπόψη την τάση παραγωγής περισσότερων οικολογικών προϊόντων και εύρεσης φιλικής προς το περιβάλλον λύσης για προστατέψουμε τον πλανήτη μας. Η LCC φαίνεται να είναι πραγματικά χρήσιμη και πρακτική σε αυτήν την προσπάθεια, δεδομένου ότι το κόστος είναι ένας δείκτης αρκετά αξιόπιστος για να δείξει την κατανάλωση πόρων και συχνά πιο σταθερή από μια φυσική ανάλυση. Επιπλέον, παρέχει ένα άμεσο μέτρο σύγκρισης με άλλα επιστημονικά μέτρα. (Emblesvag, 2003)

Είναι πολύ σημαντικό να αναφέρουμε ότι ο όρος κύκλος ζωής μπορεί να εξηγηθεί με διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων. Για παράδειγμα, ένας κατασκευαστής θα μπορούσε να ερμηνεύσει αυτόν τον όρο χρησιμοποιώντας πέντε κύρια στάδια της διαδικασίας: σύλληψη προϊόντος, σχεδιασμό, ανάπτυξη προϊόντων και διαδικασιών, παραγωγή και εφοδιαστική. Ένας καταναλωτής, από την άλλη πλευρά του, θα το περιγράψει με διαφορετικό τρόπο χρησιμοποιώντας τα

ακόλουθα στάδια: αγορά, λειτουργία, υποστήριξη, συντήρηση και διάθεση. Είναι γενικά αποδεκτό ότι το κόστος κύκλου ζωής της προοπτικής του καταναλωτή θα είναι συχνά το πιο πλήρες, λόγω του γεγονότος ότι η τιμή αγοράς που πληρώνει ο πελάτης περιλαμβάνει το κόστος του παραγωγού.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να ξεκαθαρίσουμε τη διαφορά μεταξύ εσωτερικού κι εξωτερικού κόστους. Υπάρχουν δύο τύποι κόστους (όπως θα χρησιμοποιηθούν εδώ) κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, εσωτερικού και εξωτερικού. Το πρώτο είναι το κόστος που συνδέεται με την παραγωγή, τη χρήση και το τέλος της ζωής ενός προϊόντος και καταβάλλεται από άμεσα εμπλεκόμενο μέρος που παράγει, χρησιμοποιεί ή χειρίζεται το προϊόν.

Από την άλλη πλευρά, το εξωτερικό κόστος ή οι εξωτερικότητες, όπως αποκαλούνται συνήθως, περιλαμβάνουν τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις που δεν πληρώνονται από το άμεσα εμπλεκόμενο μέρος. Οι εξωτερικές ενέργειες συνήθως προκαλούνται εκτός των ορίων του συστήματος και γι 'αυτό οι ενδιαφερόμενοι δεν τις λαμβάνουν υπόψη κατά τη διάρκεια μιας συμβατικής LCC.. Ωστόσο, μπορεί να οδηγήσουν σε πραγματικές ροές χρημάτων και πραγματικό κόστος. Υπάρχει λοιπόν μια προσπάθεια εσωτερικοποίησης του εξωτερικού κόστους στα όρια του συστήματος. Ένα τυπικό παράδειγμα μιας τέτοιας περίπτωσης είναι οι εκπομπές CO₂ και SO_x, οι οποίες είναι κυρίως περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αλλά σε πολλές χώρες ο ρυπαίνων πρέπει να πληρώσει. (David Hunkeler, 2007) η Εικόνα 14 αναπαριστά τα όρια του συστήματος για το εσωτερικό και το εξωτερικό κόστος αντίστοιχα.

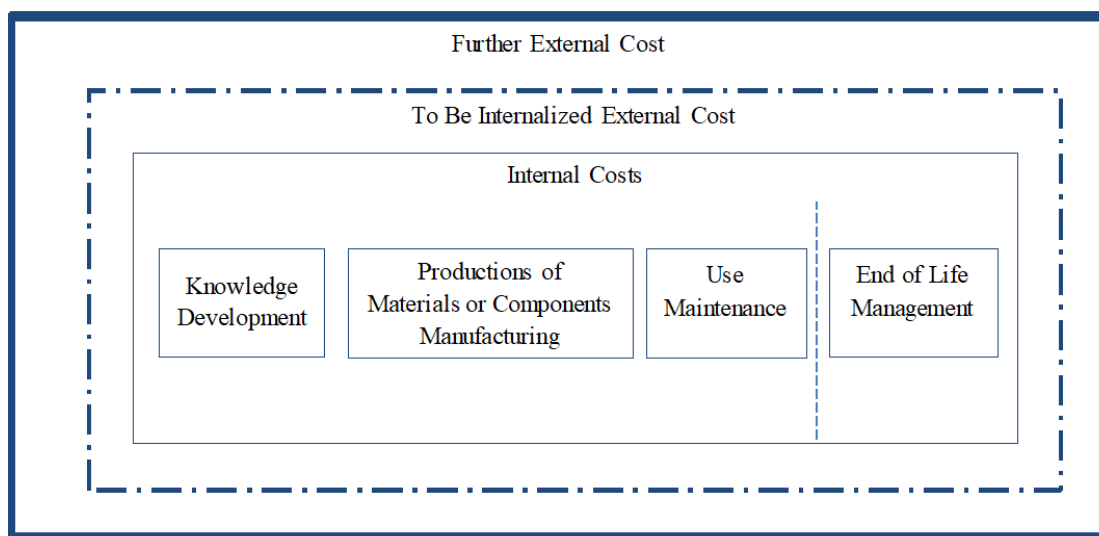


Figure 1: Boundaries of three types of L.C.C.

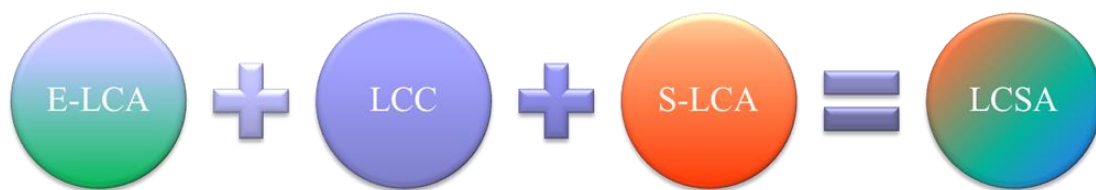
Εικόνα 14 Όρια συστήματος για εσωτερικό κι εξωτερικό κόστος στην LCC

3.4. Αξιολόγηση Βιωσιμότητας στον Κύκλο Ζωής

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η μέθοδος Ανάλυσης Κύκλου Ζωής εξελίχθηκε ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια διευρύνοντας τόσο τις δυνατότητές της όσο και τα πεδία στα οποία χρησιμοποιείται. Τις δεκαετίες του 1960 και 1970 εμφανίστηκαν οι πρώτες έρευνες που αφορούσαν τις συνέπειες των καταναλωτικών προϊόντων στο περιβάλλον. Η παραδοχή ότι οι περισσότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός προϊόντος βρίσκονταν στην διαδικασία της παραγωγής, μεταφοράς και διάλυσής του, παρά στη χρήση του, υπογράμμισε την ανάγκη της ακριβής αποτύπωσης του κύκλου ζωής του και των συνεπειών του, οδηγώντας στην εγκαθίδρυση της μεθόδου LCA.

Μετά τις δεκαετίες του 1980 και 1990, η δημοσιότητα και η αποδοχή της μεθόδου αυξήθηκε, καθώς αποτέλεσε βασικό εργαλείο για την περιβαλλοντική πολιτική πολλών κυβερνήσεων παγκοσμίως (Guinée et al., 2011). Ο Σύλλογος Περιβαλλοντικής Τοξικολογίας και Χημείας (Society of Environmental Toxicology and Chemistry, SETAC) ηγήθηκε της συνεργασίας μεταξύ χρηστών της μεθόδου LCA και επιστημόνων με στόχο τη βελτίωσή της. Το έργο του ακολούθησε ο Διεθνής Οργανισμός Πιστοποίησης (ISO) εισάγοντας τα δύο διεθνή πρότυπα ISO 14040 και ISO 14044. Τα πρότυπα που εισήγαγε ο ISO στοχεύουν στον ορισμό ενός γενικού πλαισίου εργασίας και όχι στην τυποποίηση μιας συγκεκριμένης μεθόδου (ISO 14040),

γεγονός που είχε ως αποτέλεσμα τη διαφοροποίηση των μεθόδων LCA που χρησιμοποιήθηκαν κατά την πρώτη δεκαετία του εικοστού αιώνα. Η Δυναμική Ανάλυση Κύκλου Ζωής (dynamic LCA), η Ανάλυση Ρίσκου του Κύκλου Ζωής (risk-based LCA), η Ανάλυση Κύκλου Κοινωνικής Ζωής (social LCA), καθώς και το Κόστος Κύκλου Ζωής (Life Cycle Cost, LCC) αποτελούν μερικές από τις διαφοροποιημένες μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της δεκαετίας.

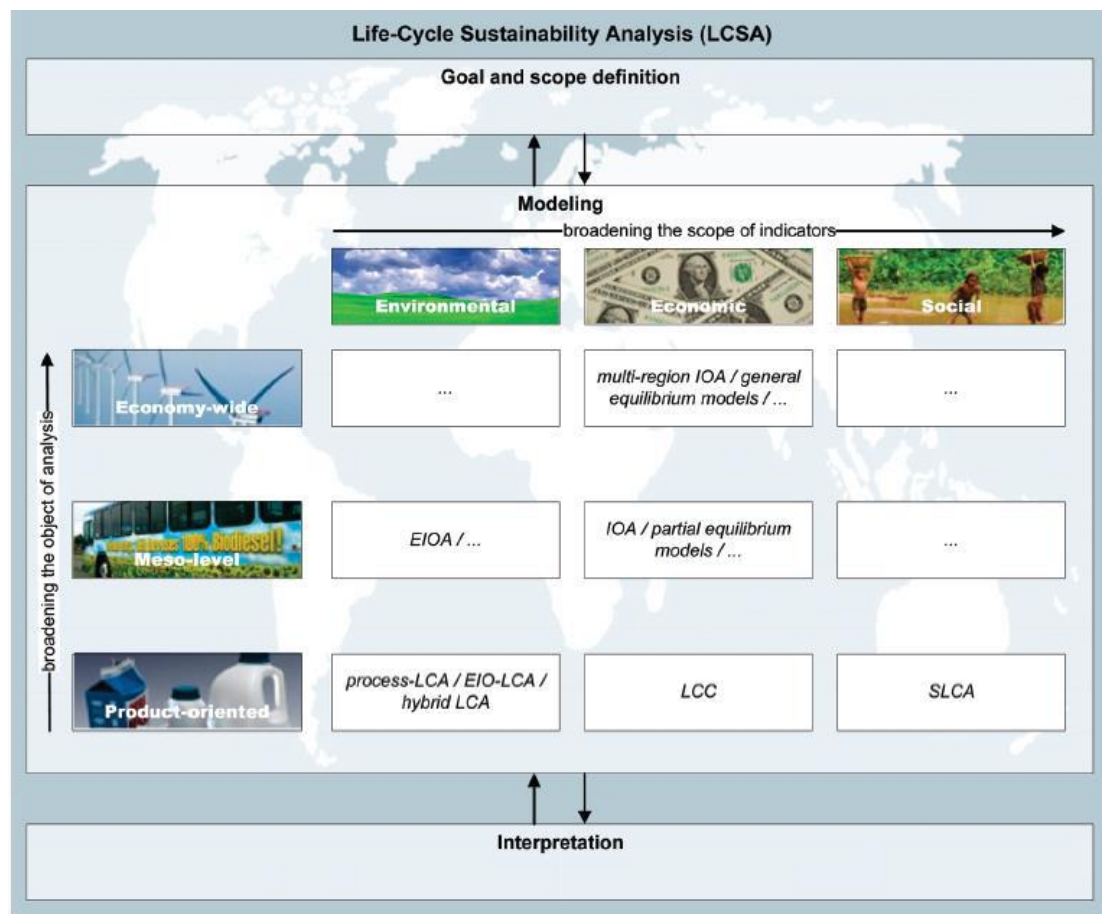


Εικόνα 15 Σύνθεση Ανάλυσης Βιωσιμότητας στον Κύκλο Ζωής

Η Ανάλυση Βιωσιμότητας Κύκλου Ζωής (Life Cycle Sustainability Analysis, LCSA) εγκαθιδρύθηκε από το πρόγραμμα CALCAS (Co-ordination Action for innovation in Life Cycle Analysis for Sustainability), πρόγραμμα το οποίο χρηματοδότησε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή το 2006 με στόχο την ανασκόπηση των βασικότερων μεθόδων και την περαιτέρω ανάπτυξη της LCA («<https://lca-net.com/projects/show/calcas/>»). Η LCSA θεωρείται ως το μέλλον της LCA, καθώς διευρύνει το πεδίο εφαρμογής της από τις περιβαλλοντικές συνέπειες σε όλες τις τρεις διαστάσεις της βιωσιμότητας (κοινωνία, οικονομία και περιβάλλον) (Guinée et al., 2011).

Στην μέθοδο LCSA, τα βήματα της LCA που αφορούν στην καταγραφή δεδομένων (Inventory Analysis) και αξιολόγηση των επιπτώσεων (Impact Assessment) (Σχήμα 1), συγχωνεύονται σε ένα βήμα, αυτό της μοντελοποίησης, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2. Στον κάθετο άξονα παρουσιάζονται τα τρία επίπεδα στα οποία μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος LCSA. Το πρώτο επίπεδο (product-oriented) αναφέρεται σε κάθε προϊόν ή διαδικασία όπως περιγράφεται από το ISO 14040 και ISO 14044. Το δεύτερο επίπεδο (meso-level) βρίσκεται μεταξύ του προϊόντος και της οικονομίας και μπορεί να

περιλαμβάνει ομάδες σχετικών προϊόντων και τεχνολογιών, το δήμο ή ένα νοικοκυριό. Τέλος, το τρίτο επίπεδο (economy-wide) αναφέρεται στις οικονομίες κρατών ή άλλων πολιτικών ή γεωγραφικών ομάδων και τελικά στην παγκόσμια οικονομία. Στον οριζόντιο άξονα παρουσιάζονται οι δείκτες βιωσιμότητας (περιβάλλον, οικονομία, κοινωνία) στους οποίους βασίζεται η ανάλυση. Ανάλογα με το πόσο ολοκληρωμένη γίνεται κάποια έρευνα, η ανάλυση μπορεί να βασιστεί σε ένα δείκτη βιωσιμότητας ή ακόμα και στους τρεις βασικούς πυλώνες της βιώσιμης ανάπτυξης.



Εικόνα 16 Πεδίο Εφαρμογής της Ανάλυσης Βιωσιμότητας του Κύκλου Ζωής

3.5. Όρια Συστήματος Αξιολόγησης

Ο καθορισμός ορίων συστήματος για μια ανάλυση αναφέρεται στον εντοπισμό και την αιτιολόγηση των πτυχών του κύκλου ζωής του προϊόντος που πρέπει να περιληφθούν σε μια μελέτη αξιολόγησης κύκλου ζωής (ISO, 2006). Δεδομένου ότι συγκεκριμένες δραστηριότητες και τα σχετικά χαρακτηριστικά χρήσης πόρων και εκπομπών θα έχουν μεταβλητή σημασία για το φάσμα των πιθανών επιπτώσεων που θα μπορούσαν να

εξεταστούν σε μια μελέτη, οι αποφάσεις για τα όρια του συστήματος θα πρέπει, τουλάχιστον εν μέρει, να ενημερώνονται από τη συγκεκριμένη σειρά επιπτώσεων στη βιωσιμότητα. που τυγχάνουν του ενδιαφέροντος κάθε φορά. Για μελέτες που εστιάζουν σε πιθανές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διατροφικών παραμέτρων και των επιπτώσεων στη βιωσιμότητα (συμπεριλαμβανομένης της ανθρώπινης υγείας), θα είναι σημαντικό να διασφαλιστεί ότι τα όρια του συστήματος καθορίζονται έτσι ώστε να συμπεριλαμβάνονται όλες οι δραστηριότητες του κύκλου ζωής που σχετίζονται με μία ή περισσότερες από αυτές τις ανησυχίες. Για παράδειγμα, η ενσωμάτωση ακόμη και μικρών εισροών ορισμένων φυτοφαρμάκων που εφαρμόζονται στη γεωργία και την καλλιέργεια μπορεί να είναι ασήμαντη από την άποψη της χρήσης πόρων ή των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, αλλά απαραίτητη για να συμπεριληφθεί για την εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων τοξικότητας στον άνθρωπο και στα οικοσυστήματα. Εδώ, η έννοια των κριτηρίων αποκοπής στην ανάλυση του κύκλου ζωής, η οποία αναφέρεται σε καθορισμένα κατώτατα όρια για τον αποκλεισμό ροών οριακής σημασίας, είναι ιδιαίτερα σημαντική.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, υπάρχουν τουλάχιστον τρεις τύποι ανάλυσης κύκλου ζωής. Η κύρια διαφορά μεταξύ τους είναι η ενσωμάτωση των εξωτερικών παραμέτρων. Σήμερα είναι γενικά αποδεκτό ότι το εξωτερικό κόστος είναι μέρος ενός συστήματος προϊόντων και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε όλους τους τύπους Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής. Ωστόσο, αυτό δεν ισχύει για τη συμβατική LCC, όπου αξιολογούνται μόνο εσωτερικά κόστη, τα οποία καταβάλλονται από τον κύριο παραγωγό ή χρήστη. Αξίζει να τονιστεί ότι μερικές φορές δεν λαμβάνονται υπόψη ούτε το κόστος που σχετίζεται με το τέλος της ζωής του προϊόντος. (David Hunkeler, 2007)

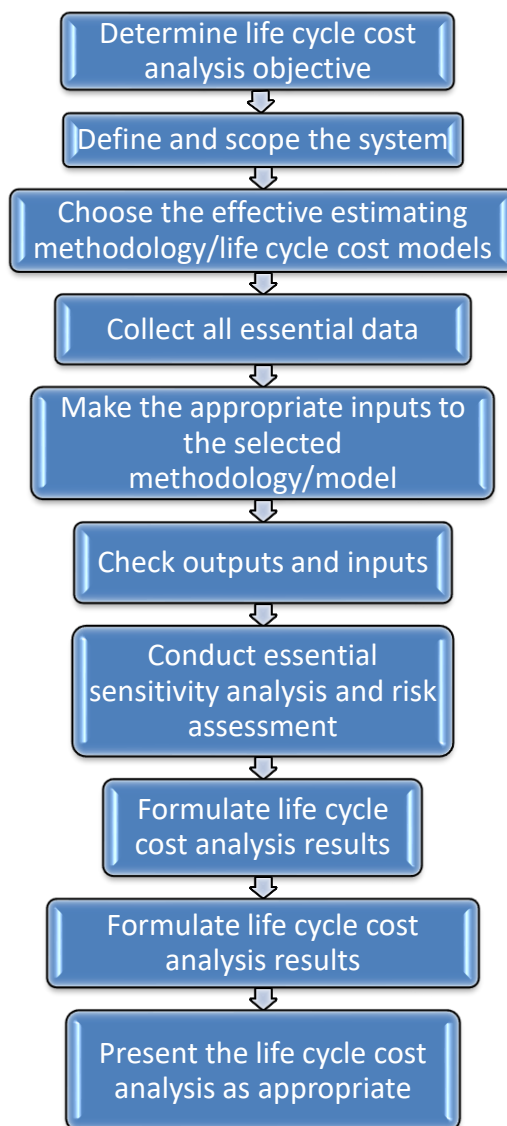
Εδώ έρχεται το περιβαλλοντικό LCC, το οποίο βελτιώνει τη συμβατική έκδοση και λαμβάνει υπόψη όλα τα κόστη που σχετίζονται με τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος που καλύπτονται άμεσα από έναν ή περισσότερους από τους παράγοντες του κύκλου ζωής του προϊόντος. Αυτοί οι παράγοντες μπορούν να είναι ο προμηθευτής, ο κατασκευαστής, ο χρήστης ή ο καταναλωτής και ο ηθοποιός στο τέλος της ζωής. (David Hunkeler, 2007)

Το Societal LCC υπερβαίνει ακόμη και το περιβάλλον, ενώ λαμβάνει υπόψη όχι μόνο όλα τα κόστη που σχετίζονται με τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος, αλλά και όλα τα

κόστη που καλύπτονται από οποιονδήποτε στην κοινωνία σήμερα ή ακόμα και στο μακροπρόθεσμο μέλλον. (David Hunkeler, 2007)

Με άλλα λόγια, ο τελευταίος τύπος LCC φαίνεται να είναι ο πιο πλήρης και να ξεπερνά τους άλλους δύο τύπους καθώς τους περιλαμβάνει. Είναι αυτός που λαμβάνει υπόψη όλες τις επιπτώσεις που αναφέρονται στο προϊόν ή στην υπηρεσία. Ωστόσο, θα πρέπει επίσης να αναφέρουμε ότι είναι πραγματικά δύσκολο να προβλεφθεί οποιαδήποτε επίδραση που μπορεί να έχει η παραγωγή ή η χρήση ενός προϊόντος ανά πάσα στιγμή του κύκλου ζωής του σε οποιονδήποτε στην κοινωνία, όχι μόνο στα όρια του συστήματός του. Επιπλέον, οι εξωτερικές συνθήκες είναι εξαιρετικά αβέβαιες και τα κέρδη τους στην απόφαση σχετικά με το μέλλον θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν πολύ ανασφαλή, καθώς ορισμένες από αυτές τις επιπτώσεις θα πραγματοποιηθούν μακροπρόθεσμα. Αυτοί είναι οι κύριοι λόγοι για τους οποίους το κοινωνικό LCC εξακολουθεί να πάσχει από το ότι δεν έχει οριστεί πλήρως. (David Hunkeler, 2007)

Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει τα στάδια στην εφαρμογή της LCC και πόσο σημαντικά είναι η οριοθέτηση κι ο στόχος για την εφαρμογή. Τα όρια κάθε συστήματος υπογραμμίζουν την κύρια διαφορά τους, καθώς για τα συμβατικά τα όρια παραμένουν μόνο στο εσωτερικό κόστος, για το περιβάλλον που διευρύνουν και περιλαμβάνουν εσωτερικά κόστη και εξωτερικά κόστη που αναμένεται να εσωτερικεύουν και τα ακόμη ευρύτερα όρια του κοινωνικού LCC περιλαμβάνουν εσωτερικά κόστος και όλα τα εξωτερικά.



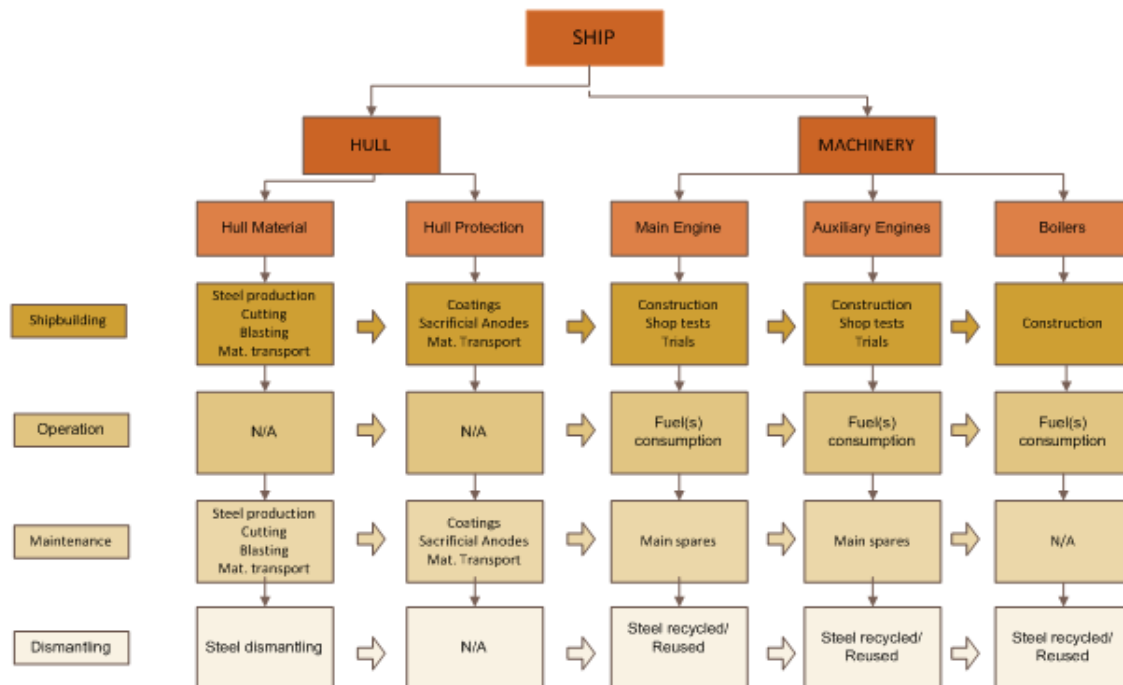
Εικόνα 17 Βήματα Υλοποίησης για την εφαρμογή LCC σε ένα σύστημα ή υπηρεσία

3.6. Ανάλυση Κύκλου Ζωής στη ναυτιλία

Όσον αφορά τον τομέα των θαλασσίων μεταφορών, η μέθοδος LCA άρχισε να εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990, με στόχο την καταγραφή του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του πλοίου κατά τη διάρκεια της ζωής του (Chatzinikolaou and Ventikos, 2015). Οι διάφορες μελέτες που ακολούθησαν παρουσιάζουν ποικιλία, τόσο στη σκοπιά από την οποία εξετάζεται το σύστημα του πλοίου και τα διάφορα υποσυστήματα στα οποία είναι δυνατό να διαχωριστεί (π.χ. γάστρα, μηχανολογική εγκατάσταση, εξοπλισμός φορτίου, υπερκατασκευές κ.α.), όσο και στους στόχους τους.

Η εξέλιξη της μεθόδου LCA είχε ως αποτέλεσμα την ευρεία χρήση της στη ναυπηγική, σε έρευνες που αφορούν τη διαδικασία σχεδιασμού προϊόντων και κατασκευής τους, τις μεταφορές και την αλιεία, τις εναλλακτικές πηγές ενέργειας και τα καύσιμα, καθώς και την αξιολόγηση συστημάτων του πλοίου και της μηχανολογικής εγκατάστασής του.

Το Εργαστήριο Θαλάσσιων Μεταφορών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (National Technical University of Athens, NTUA) έχει πραγματοποιήσει μελέτες με την μέθοδο Ανάλυσης Κύκλου Ζωής, με στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν τις ναυτιλιακές δραστηριότητες (Daskalakis et al., 2015).



Εικόνα 18 Δομή συστήματος ανάλυσης κύκλου ζωής πλοίου (Chatzinikolaou and Ventikos, 2015)

Σύμφωνα με το Εικόνα 15, το πλοίο αναλύεται σε δύο υποσυστήματα (γάστρα και μηχανολογική εγκατάσταση), καθένα από τα οποία μελετάται ξεχωριστά στο κύκλο ζωής του, ο οποίος διακρίνεται σε τέσσερα στάδια:

- Κατασκευή
- Λειτουργία
- Συντήρηση
- Διάλυση

4. Εφαρμογή

4.1. Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα της ναυτιλίας κι επιλογή περιβαλλοντικών κριτηρίων

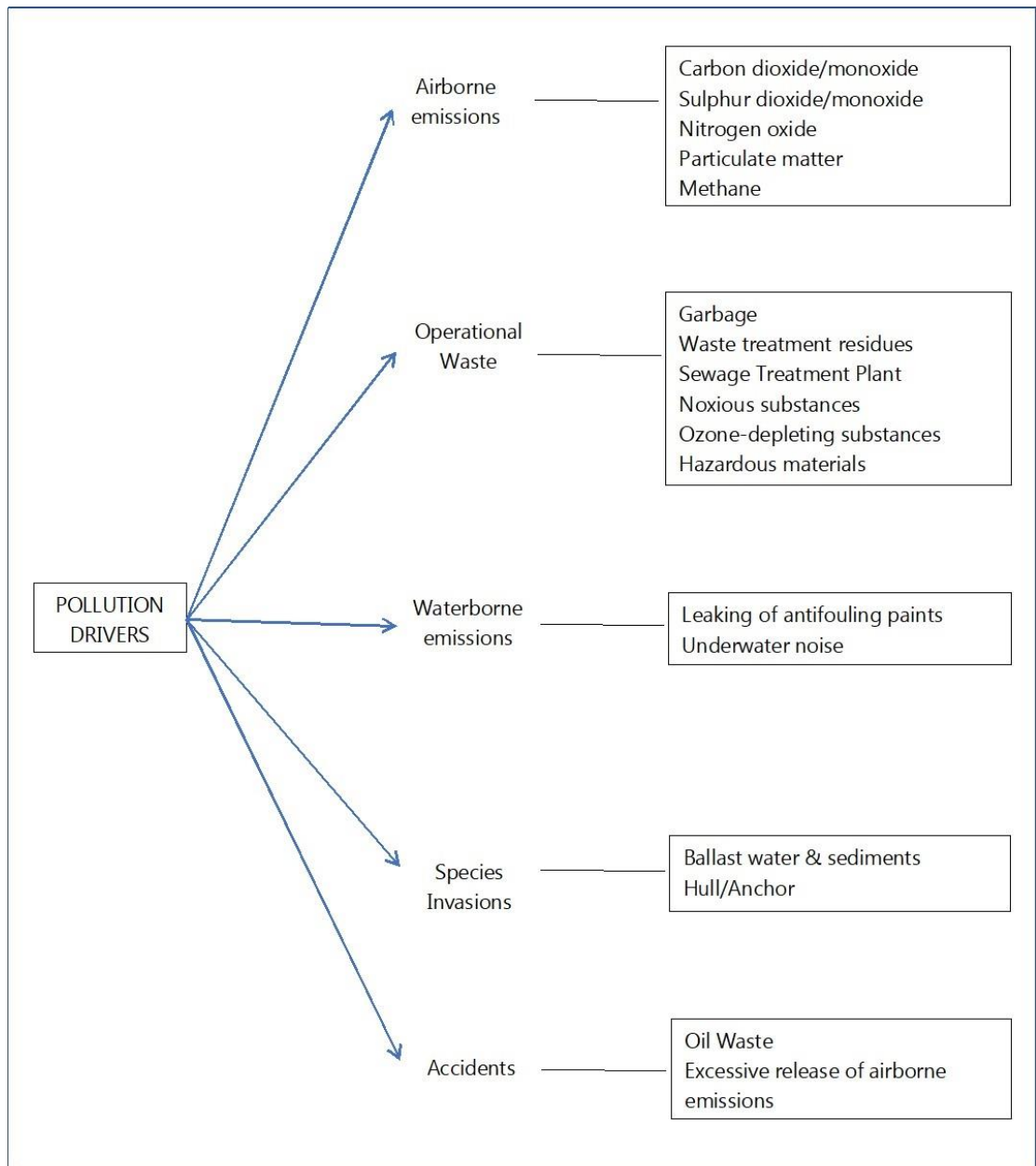
Η περιβαλλοντική ρύπανση από τα πλοία ρυθμίζεται διεθνώς από τον IMO με στόχο τη συνεχή αειφόρο ανάπτυξη του ναυτιλιακού εμπορίου και των μεταφορών (Αναφορά στους κανόνες και κανονισμούς που αναφέρονται στην παράγραφο Στόχος 14 Ζωή κάτω από τη θάλασσα). Οι περισσότεροι οδηγοί ρύπανσης ρυθμίζονται μέχρι τώρα μέσω πολλών σημαντικών κανονισμών, όπως το "MARPOL 73/78" (IMO, 2017), η "Διεθνής Σύμβαση για τον Έλεγχο και τη Διαχείριση για το Έρμα και τα Ιζήματα των Πλοίων" (IMO, 2020) και " Διεθνής σύμβαση για τον έλεγχο των επιβλαβών συστημάτων κατά της ρύπανσης στα πλοία »(IMO, 2001).

Για λόγους αυτής της εργασίας αυτής, έχουν αναφερθεί ακόλουθες ροές προκειμένου να εκτιμηθεί περαιτέρω η περιβαλλοντική ρύπανση των πλοίων κατά τη φάση λειτουργίας στην Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Cabezas-Basurko, Mesbahi, & Moloney, 2008): ατμοσφαιρικοί ρύποι, λειτουργικά απόβλητα, ρύπους από το νερό, εισβολές ειδών και ατυχήματα που περιγράφουν καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

- Οι αέριες εκπομπές (COX, CO₂, SOX, SO₂, PM, CH₄, VOC & VMVOC μόνο για δεξαμενόπλοια) διαχέονται στην ατμόσφαιρα λόγω της καύσης ορυκτών καυσίμων (Κύριος κινητήρας, Βοηθητικοί κινητήρες, Βοηθητικός λέβητας). Πιο συγκεκριμένα οι υδρογονάνθρακες που χρησιμοποιούνται για την καύση δημιουργούν αέριες εκπομπές και ρύπους. Επιπλέον της καύσης έχουμε σε μερικά φορτία (κυρίως πετρελαιοειδή) εξάτμιση κατά τη φόρτωση και εκφόρτωση στα λιμάνια με αποτέλεσμα οι ουσίες αυτές να καταστρέφουν το όζον. Την ίδια επίδραση έχουν και ουσίες που χρησιμοποιούνται στον εξοπλισμό πυρόσβεσης και ως ψυκτικά μέσα στο ψυκτικό σύστημα .
- Τα λειτουργικά απόβλητα ταξινομούνται σε ακόλουθους παράγοντες: στερεά σκουπίδια (οργανικά, πλαστικά και μέταλλα), υπολείμματα επεξεργασίας / διαχείρισης αποβλήτων προέρχονται κυρίως από τη διαδικασία καθαρισμού εκπομπών καυσαερίων από τον αποτεφρωτήρα,

λύματα (υγρά απόβλητα που αποτελούνται από γκρίζο νερό και μαύρο νερό σύμφωνα με τη συμβατική ονομασία gray and black water), επιβλαβής ουσίες, διαρροή ουσιών που καταστρέφουν το όζον που προέρχονται από το σύστημα ψύξης και επικίνδυνα υλικά. Αυτοί οι ρύποι θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως εκπομπές μέσω του νερού σε περίπτωση που εκπέμπονται παράνομα στη θάλασσα.

- Εκπομπές κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Σημαντικό θέμα αποτελούν οι επιπτώσεις που δημιουργούνται από τον θόρυβο που εκπέμπεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, προέρχονται κυρίως από το μηχανοστάσιο. Επιπλέον, η διαρροή της αντιρρυπαντικής επίστρωσης, η οποία απελευθερώνει τοξικές ουσίες που εμποδίζουν την προσκόλληση θαλάσσιων οργανισμών στην επιφάνεια της γάστρας, αποτελεί σημαντικό παράγοντα της ρύπανσης της θάλασσας.
- Η εισβολή των ειδών αναφέρεται στους φορείς που επιτρέπουν τη μεταφορά μη αυτόχθονων ειδών σε ένα νέο οικοσύστημα. Ο κύριος φορέας είναι το σύστημα έρματος στο οποίο το θαλασσίνο νερό εισέρχεται και ρέει, διευκολύνοντας την εισαγωγή οποιουδήποτε είδους περιέχεται στο θαλασσίνο νερό. Επιπλέον, τα είδη μπορεί επίσης να κολλήσουν στο κύτος του σκάφους ή στην άγκυρα, οι οποίες είναι επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με το νερό, και ως εκ τούτου μεταφέρονται σε άλλο οικοσύστημα.
- Τα ναυτικά ατυχήματα δημιουργούν με τη σειρά τους απόβλητα πετρελαίου στη θάλασσα από ρωγμές στη γάστρα που μπορεί να έχουν προκύψει από διάβρωση, προσάραξη ή σύγκρουση με άλλο σκάφος. Μπορεί να οδηγήσει σε τεράστια περιβαλλοντική καταστροφή, λαμβάνοντας υπόψη την υπερβολική ποσότητα χυμένων τόνων φορτίου στη θάλασσα, ανάλογα πάντα με τη φύση του φορτίου, το πετρέλαιο ή οι υγρές / στερεές ουσίες μπορούν να απορριφθούν στο νερό. Επίσης, οι αερομεταφερόμενες εκπομπές μπορούν να εξαπλωθούν στην ατμόσφαιρα λόγω ατυχήματος με πυρκαγιά ή έκρηξη.



Εικόνα 19 Κύριες Πηγές Ρύπανσης από τη ναυτιλιακή δραστηριότητα

4.1.1. Επιλογή κριτηρίων για το μοντέλο

Αναζητώντας τα κριτήρια που θα είναι καταλληλότερα για να ληφθούν υπόψη, ορισμένα από τα παραπάνω δεν θα περιληφθούν στις μεθόδους για την αξιολόγηση του στόλου. Για παράδειγμα, ο υποθαλάσσιος θόρυβος που προκαλείται από τη λειτουργία του πλοίου και οι αντιρρυπαντικές διαρροές εξαιρούνται από τα περιβαλλοντικά κριτήρια, δεδομένου ότι δεν μπορούν να μετρηθούν εύκολα.

Επιπλέον, και λόγω των κανονισμών για την απογραφή επικίνδυνων υλικών που τίθενται σε ισχύ την 01/01/2021, τα επικίνδυνα υλικά εξαλείφονται συνεχώς προκειμένου τα πλοία να πληρούν τις απαιτήσεις έως το τέλος του 2020. Από αυτή την άποψη, ο παράγοντας αυτός δεν μπορεί να είναι μέρος της διαδικασίας MCDM.

Με βάση τα παραπάνω, επιλέγουμε τους παρακάτω περιβαλλοντικούς οδηγούς / κριτήρια για να πραγματοποιήσουμε τις μεθόδους λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων για το στόλο, λαμβάνοντας υπόψη ποιες αξίζει να ληφθούν υπόψη επίσης λόγω της τρέχουσας κατάστασης των σκαφών:

1. Ενεργειακή απόδοση ΕΕΟΙ
2. Εγκατάσταση Ballast Water Treatment System

Έχοντας ως στόχο να επικεντρωθούμε στην τρέχουσα πραγματικότητα της ναυτιλιακής βιομηχανίας και να εξετάσουμε τη σημασία κάθε κριτηρίου προκειμένου να συμπεράνουμε με τους περιβαλλοντικούς παράγοντες που ο πλοιοκτήτης / διαχειριστής θα ενσωματώσει σε μια διαδικασία αξιολόγησης.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, οι παράγοντες που θα συμπεριληφθούν στη διαδικασία όσον αφορά τις αερομεταφερόμενες εκπομπές είναι τα CO_x, SO_x και NO_x που συνδέονται επίσης με την ύπαρξη / εγκατάσταση καθαριστή, όλα υπολογιζόμενα σε τόνους.

4.1.1.1. Δείκτης Επιχειρησιακής Ενεργειακής Αποδοτικότητας ΕΕΟΙ

Ο κύριος στόχος των λειτουργικών δεικτών ενεργειακής απόδοσης είναι η παρακολούθηση της απόδοσης ενός πλοίου όταν λειτουργεί σε πραγματικές συνθήκες. Σε αντίθεση με τους τεχνικούς δείκτες ενεργειακής απόδοσης, οι δείκτες λειτουργίας επηρεάζονται από παράγοντες που ποικίλλουν με την πάροδο του χρόνου και συχνά αποκλίνουν από τις συνθήκες σχεδιασμού του πλοίου, όπως:

- ✓ απόσταση που διανύθηκε και χρόνος που περνούσε στη θάλασσα
- ✓ μέση ταχύτητα πλεύσης
- ✓ το μεταφερόμενο φορτίο
- ✓ κατάσταση φόρτωσης, συμπεριλαμβανομένου του έρματος
- ✓ μετατόπιση (σχετίζεται με φορτωμένο προσχέδιο)
- ✓ ωκεανογραφικές και καιρικές συνθήκες
- ✓ ενεργειακές απαιτήσεις στο αγκυροβόλιο

Οι δείκτες επιχειρησιακής ενεργειακής απόδοσης είναι το κλειδί για την παρακολούθηση της πραγματικής επιχειρησιακής απόδοσης των πλοίων και είναι απαραίτητοι για την εφαρμογή οποιουδήποτε Συστήματος Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (ISO 14001). Επιπλέον, Οι δείκτες επιχειρησιακής ενεργειακής απόδοσης αντικατοπτρίζουν την απόδοση του πλοίου σε πραγματικές συνθήκες.

Στο σύστημα MRV της ΕΕ, οι εταιρείες πρέπει να χρησιμοποιούν διάφορους δείκτες για την παρακολούθηση της ενεργειακής τους απόδοσης:

- Εκπομπές CO₂ / κατανάλωση καυσίμου ανά απόσταση
- Εκπομπές CO₂ / κατανάλωση καυσίμου ανά εργασία μεταφοράς

Οι μεταφορές αντιπροσωπεύουν την πραγματική υπηρεσία θαλάσσιων μεταφορών που καθορίζεται πολλαπλασιάζοντας την απόσταση που διανύθηκε με την ποσότητα του μεταφερόμενου φορτίου. Ανάλογα με τον τύπο του πλοίου, το μεταφερόμενο φορτίο μπορεί να εκφράζεται σε διάφορες μονάδες, όπως μετρικοί τόνοι φορτίου, αριθμός επιβατών, TEU, όγκος φορτίου, αριθμός μονάδων φορτίου ή κατεχόμενη επιφάνεια κ.ο.κ.40

Εφόσον εκπέμπονται CO₂, κατανάλωση καυσίμου, μεταφορά φορτίων και μεταφορές πρέπει να παρακολουθούνται για κάθε ταξίδι, οι εταιρείες αναφέρουν τους δείκτες επιχειρησιακής ενεργειακής απόδοσης με τη μορφή ετήσιου μέσου όρου.

Οι δείκτες επιχειρησιακής ενεργειακής απόδοσης είναι ουσιαστικά διαφορετικοί μεταξύ τους, καθιστώντας σημαντικό να κατανοήσουμε τι αντιπροσωπεύουν στην πραγματικότητα κατά την ερμηνεία τους.

Για να διευκολυνθεί η ερμηνεία τους, ο κανονισμός MRV της ΕΕ επιτρέπει στις εταιρείες να αναφέρουν πρόσθετες πληροφορίες σε εθελοντική βάση, η οποία χρησιμεύει για την εξήγηση και τη σύλληψη των δεικτών. Για παράδειγμα, οι ναυτιλιακές εταιρείες μπορούν να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την πλοήγηση μέσω πάγου ή να αναφέρουν την απόδοσή τους μόνο σε φορτωμένες συνθήκες, δηλαδή φορτωμένες μόνο.

- Ο Λειτουργικός Δείκτης Ενεργειακής Απόδοσης (EEOI) - εκπομπές CO₂ ανά μεταφορικό έργο

Ένας από τους δείκτες που απαιτούνται βάσει του κανονισμού MRV της ΕΕ ευθυγραμμίζεται με τον «Λειτουργικό δείκτη ενεργειακής απόδοσης» (EEOI). Αυτός ο δείκτης εισήχθη από τον IMO ως ένα από τα εργαλεία παρακολούθησης που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι εταιρείες κατά την εφαρμογή του Σχεδίου Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης Πλοίων (SEEMP). Στην πιο απλή του μορφή, το EEOI ορίζεται ως ο λόγος μάζας CO₂ που εκπέμπεται ανά μονάδα μεταφοράς.

Καθώς ποικίλλει ανάλογα με το πραγματικό μεταφερόμενο φορτίο, αυτός ο δείκτης αντικατοπτρίζει την ένταση άνθρακα της υπηρεσίας μεταφοράς που παρέχεται από κάθε μεμονωμένο πλοίο. Ως αποτέλεσμα - διατηρώντας όλα τα άλλα ισότιμα - τα πλοία με υψηλότερη ωφέλιμη χρήση τείνουν να έχουν χαμηλότερο EEOI, κάνοντάς τα να φαίνονται πιο ενεργειακά αποδοτικά. Αυτό απεικονίζει την υψηλή επίδραση της χρησιμοποίησης της χωρητικότητας των σκαφών (συμπεριλαμβανομένων των ταξιδιών έρματος) σε αυτόν τον δείκτη.

- Μεμονωμένος δείκτης απόδοσης πλοίου (ISPI) - εκπομπές CO₂ ανά διανυόμενη απόσταση

Ο δείκτης MRV της ΕΕ που λαμβάνει υπόψη τις εκπομπές CO₂ ανά διανυθείσα απόσταση (που προκύπτει από την κατανάλωση καυσίμου ανά ναυτικό μίλι) είναι συγκρίσιμος με τον λεγόμενο «Μεμονωμένο δείκτη απόδοσης πλοίου» (ISPI). Σε σύγκριση με το EEOI, αυτός ο δείκτης θεωρείται πληρεξούσιος για την ένταση του άνθρακα.

4.1.1.2. Δείκτης Λειτουργίας Συστήματος Διαχείρισης Έρματος

Ακολούθως εξετάζουμε το δεύτερο κριτήριο αξιολόγησης το οποίο είναι εξαιρετικά σημαντικό για έναν πλοιοκτήτη. Καλείται δηλαδή να λάβει υπόψη εάν η εγκατάσταση του συστήματος επεξεργασίας έρματος με βάση τα πρότυπα D2 έχει ήδη ολοκληρωθεί σύμφωνα με τη διεθνή σύμβαση για τον έλεγχο και τη διαχείριση των πλοίων έρματος και ιζημάτων (BWM) (IMO, 2020). Λαμβάνοντας υπόψη ότι η εγκατάσταση του BWTS δεν είναι εύκολη υπόθεση και, αντίθετα, αποτελεί έναν αξιοσημείωτο οικονομικό παράγοντα, απαιτείται να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη διαδικασία

λήψης αποφάσεων. Για αυτόν τον λόγο, έχει δημιουργηθεί κατώτερη κλίμακα για να δείξει το ακριβές στάδιο της εγκατάστασης BWTS κατά τη διάρκεια της περιόδου ενδιαφέροντος:

1. Μέθοδος ανταλλαγής νερού έρματος - D1 (δεν έχει εγκατασταθεί BWTS) - 1
2. Σύστημα Επεξεργασίας Νερού Έρματος - D2 μερικώς εγκατεστημένο / Η θέση σε λειτουργία δεν ολοκληρώθηκε - 2
3. Σύστημα επεξεργασίας νερού έρματος - Εγκατεστημένη η μέθοδος D2 / μέθοδος ανταλλαγής - 3
4. Η εγκατάσταση του συστήματος επεξεργασίας νερού έρματος ολοκληρώθηκε / λειτουργεί / σύμφωνα με τον κανονισμό - 4

4.2. Κοινωνικό Αποτύπωμα της ναυτιλίας κι επιλογή κοινωνικών κριτηρίων

Ο κοινωνικός αντίκτυπος μπορεί να χωριστεί σε δύο κύριες κατηγορίες: τον αντίκτυπο επί του σκάφους και τον αντίκτυπο στην κοινωνία (Cabezas-Basurko, Mesbahi, & Moloney, 2008). Για να μπορέσουμε να αξιολογήσουμε ένα σκάφος ή έναν στόλο, πρέπει να λάβουμε υπόψη και να λάβουμε υπόψη τις συνθήκες διαβίωσης του πληρώματος ή των επιβατών επί του πλοίου και τον κίνδυνο που τους επιβάλλει και η υπόλοιπη ανθρωπότητα. Από αυτήν την άποψη, είναι σημαντικό να διακρίνουμε τις κατηγορίες και να αναλύσουμε τις επιπτώσεις που έχει η λειτουργία του σκάφους στην ανθρωπότητα με κύριο στόχο τη συνεχή βιώσιμη ανάπτυξη.

Επιπτώσεις επί του σκάφους

Μετά από προηγούμενες εργασίες σχετικά με την υγεία και την ασφάλεια στο πλοίο (Sherwood & Earthy, 2003; Sagen & Mitchell, 2002; Chia, 2017) οι κοινωνικές επιπτώσεις επί του σκάφους θα μπορούσαν να ταξινομηθούν σε τέσσερις ομάδες:

- a. Εκπαίδευση που πρέπει να υποβάλουν όλα τα μέλη του πληρώματος, ακόμη και οι επιβάτες πρέπει να εκπαιδεύονται προκειμένου να γνωρίζουν τις ενέργειές τους σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.
- b. Εκτίμηση του επιπέδου κινδύνου του ατυχήματος του σκάφους .
- c. Μέτρα προστασίας επί του πλοίου ανάλογα με το επίπεδο κινδύνου ώστε το σκάφος να είναι ασφαλές για το πλήρωμα και το περιβάλλον..

- d. Ζητήματα υγείας οποιουδήποτε επιβάτη / εργαζομένου / μέλους πληρώματος στο πλοίο που περιέχει ασθένειες, τραυματισμούς, κόπωση, ατυχήματα και πρέπει να αναλύεται σε κάθε ταξίδι.

Επιπλέον, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η ασφαλής κουλτούρα εξαρτάται επίσης τόσο από τα μέτρα ασφάλειας της εταιρείας όσο και από την ευαισθητοποίηση και τη συνειδητότητα των εργαζομένων (Sagen & Mitchell, 2002; Varonen & Mattila, 2000). Η κουλτούρα ασφάλειας ορίζεται από τον Chauvin ως «το προϊόν των αξιών των ατόμων και ομάδες, τις στάσεις, την αντίληψη, τις ικανότητες και τα πρότυπα συμπεριφοράς. Αυτοί οι παράγοντες καθορίζει τη δέσμευση της διοίκησης για την υγεία και την ασφάλεια, καθώς και το στυλ και ικανότητα διαχείρισης» (Chauvin, 2011).

Οι γενικές φυσικές και γνωστικές ικανότητες των ναυτικών, η υγεία και η αυτορύθμιση για την ολοκλήρωση μιας εργασίας / εργασίας εξαρτώνται άμεσα από τη δραστηριότητα του πληρώματος (ικανότητα ομαδικής εργασίας, κατάλληλη απαίτηση και υποστήριξη) και έμμεσα από την πολιτική και τον πολιτισμό της εταιρείας (εκπαίδευση, υποστήριξη) . Το ίδιο φαίνεται στο παρακάτω μοντέλο STAMINA (Εικόνα 20) το οποίο παρουσιάζει μια «σύλληψη του εμπορικού ναυτιλιακού τομέα που απεικονίζει πώς τα καθήκοντα εργασίας των ατόμων ενσωματώνονται σε ευρύτερη ομαδική εργασία, η οποία με τη σειρά της ενσωματώνεται στην οργανωτική κουλτούρα της ναυτιλιακής εταιρείας, η οποία είναι ενσωματωμένο στη νομοθεσία και τις πολιτικές που καθορίζουν το πλαίσιο λειτουργίας του κλάδου» (MacLachlan, 2017).

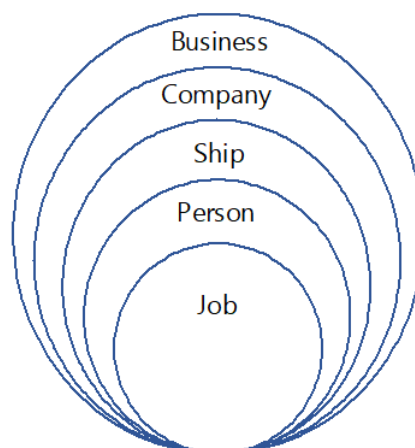


Figure 1: STAMINA model for human factors with the maritime environment

Εικόνα 20 Εικόνα 20 Μοντέλο STAMINA για τη συσχέτιση μεταξύ καθηκόντων εργασίας και οργανωτική κουλτούρα

Επιπτώσεις στην κοινωνία

Η θαλάσσια μεταφορά και εμπορία έχουν προσφέρει πολλά οφέλη. Η κοινωνία έχει αλλάξει λόγω της δραστηριότητας των θαλάσσιων δομών που έχει μεγάλο αντίκτυπο στην ανθρωπότητα. Οι πιο σημαντικές και διακριτές παράμετροι που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση του αντίκτυπου στην κοινωνία ομαδοποιούνται ως (Cabezas-Basurko, Mesbahi, & Moloney, 2008):

1. Πληθυσμός, π.χ. αλλαγές στη δομή και το μέγεθος του πληθυσμού ·
2. Κοινωνικοοικονομικά, π.χ. επαγγελματική κατάσταση, απασχόληση, οικονομική ανάπτυξη ·
3. Κοινωνικοπολιτισμικά, π.χ. αξίες και πεποιθήσεις, πολιτιστικές αλλαγές, ποιότητα ζωής
4. Θέματα υγείας και ευημερίας, π.χ. αλλοίωση της υγείας των κατοίκων, αντίληψη της ασφάλειας ·
5. Στάσεις απέναντι στη δομή (εθνική και διεθνής αντίδραση)

4.2.1. Επιλογή κριτηρίων για το μοντέλο

Ως κριτήριο αναφοράς επιλέχθηκε η αξιολόγηση της εκπαίδευσης στην οποία πρέπει να υποβληθούν όλα τα μέλη του πληρώματος (και οι επιβάτες εάν είναι απαραίτητο). Η παράμετρος αυτή θεωρείται μεγάλης σημασίας για την εκτίμηση της συμπεριφοράς και της ικανότητας του πληρώματος του πλοίου. Για αυτόν τον λόγο και υποθέτοντας ότι όλοι οι ναυτικοί και τα μέλη του πληρώματος έχουν ολοκληρώσει την απαραίτητη εκπαίδευση προκειμένου να είναι σε θέση να εκπληρώσουν τα καθήκοντά τους επί του σκάφους, ο δείκτης που θα έχει πρόσβαση στην αποτελεσματικότητα και τις ικανότητές τους είναι το ποσοστό των εργασιών που ολοκληρώθηκαν με επιτυχία κατά τη διάρκεια των 9 μηνών (01/01/2019 - 31/09/2019). Αυτές οι εργασίες σχετίζονται με τον εβδομαδιαίο / μηνιαίο έλεγχο ρουτίνας της Κύριας Μηχανής, της Γεννήτριας Ντίζελ και της απόδοσης όλων των ειδών μηχανημάτων, λειτουργίας, καθαρισμού, επιθεώρησης, γενικής επισκευής, δοκιμών, συντήρησης, κατάστασης εξοπλισμού ασφαλείας, λειτουργικότητας εξοπλισμού πλοήγησης γεφυρών, ασκήσεων.

4.3. Οικονομικό Αποτύπωμα της ναυτιλίας κι επιλογή οικονομικών κριτηρίων

Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες στην αποτίμηση της βιωσιμότητας πλοίου ή και στόλου για μια Ναυτιλιακή Εταιρεία είναι η οικονομική βιωσιμότητα, δηλαδή ο υπολογισμός του κόστους λειτουργίας του πλοίου ή του στόλου αντίστοιχα και η δημιουργία τρόπων μείωσής του. Αυτό θα οδηγήσει τους εξουσιοδοτημένους διευθυντές στη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη συντήρηση του στόλου ή την πώληση σκαφών με υψηλό κόστος και χαμηλή βιωσιμότητα χωρίς την προοπτική αυξημένης αποτελεσματικότητας.

Με βάση την έρευνα του Thomas Lamb το 2003, το λειτουργικό κόστος θα μπορούσε να επικεντρωθεί στην ανάλυση του ετήσιου λειτουργικού κόστους του πλοίου, το οποίο περιλαμβάνει το «ημερήσιο κόστος λειτουργίας» (εκείνα που συμβαίνουν πάντα ανεξάρτητα από το ταξίδι που πραγματοποιεί το πλοίο, δηλαδή κόστος επάνδρωσης, οφέλη, κοινωνικό κόστος, περιβαλλοντικό κόστος, καταστήματα και προμήθειες, συντήρηση και γενική επισκευή) και το «κόστος ταξιδιού» (εκείνα που εξαρτώνται από το συγκεκριμένο ταξίδι, π.χ. τέλη λιμένων / καναλιών, κόστος διαχείρισης φορτίου, υπηρεσία ρυμούλκησης, τέλη πλοήγησης, ενέργεια και κατανάλωση υλικού) (Lamb, 2003).

Σε συνέχεια της παραπάνω ανάλυσης, είναι πολύ σημαντικό να συμπεριληφθούν στις τιμές αξιολόγησης τα μη επαναλαμβανόμενα κόστη που θα πρέπει να καλύψει η ναυτιλιακή εταιρεία για πιθανές επισκευές λόγω ατυχήματος / έκτακτης ανάγκης ή ακόμη και για τροποποίηση της δομής του κύτους να αυξήσει την αποτελεσματικότητα του σκάφους. Για παράδειγμα, οι ιδιοκτήτες / διαχειριστές είναι υποχρεωμένοι να προχωρήσουν στην εγκατάσταση συστήματος επεξεργασίας καθαρισμού των καυσαερίων από τα SOX ή διαχείρισης έρματος με υψηλό κόστος (μη επαναλαμβανόμενο) προκειμένου να συμμορφωθούν με τους σχετικούς κανονισμούς που εκδίδονται από τον IMO, αλλά ταυτόχρονα είναι σημαντικό για τη μείωση περιβαλλοντικής ρύπανσης και για τη βιωσιμότητα των πλοίων με την πάροδο του χρόνου.

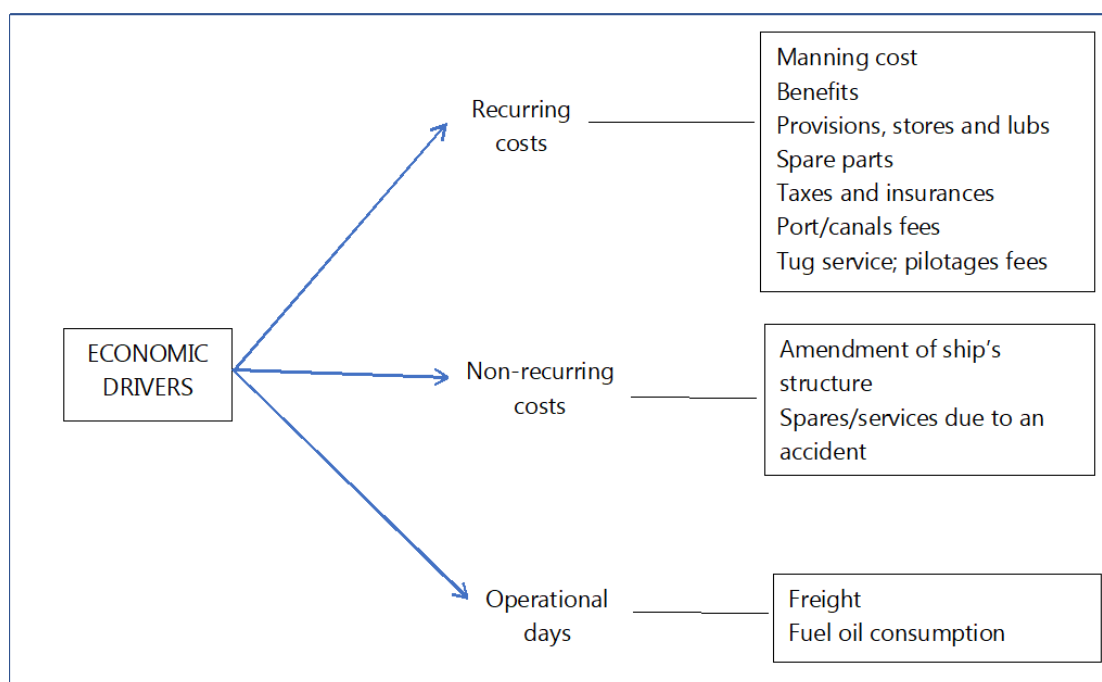


Figure 1: Economic Drivers of shipping

Εικόνα 21 Παράγοντες που επηρεάζουν τον Οικονομικό Αντίκτυπο

Από την άποψη αυτή και λαμβάνοντας υπόψη ότι οι ημέρες λειτουργίας των σκαφών του στόλου σε μια συγκεκριμένη περίοδο παίζουν σημαντικό ρόλο για την Εταιρεία, οι δείκτες για την αξιολόγηση της οικονομικής βιωσιμότητας θα μπορούσαν να είναι οι εξής:

1. Επαναλαμβανόμενες δαπάνες: Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει όλα τα κόστη που θα πραγματοποιούνται σε τακτική και συγκεκριμένη βάση και παρατηρώντας τον μέσο όρο τους, παραμένουν σταθερά ανεξάρτητα από το ταξίδι του πλοίου, δηλαδή κόστος επάνδρωσης, ανταλλακτικά συντήρησης, έξοδα DryDocking, προμήθειες, καταστήματα και λιπαντικά.

2. Μη επαναλαμβανόμενες δαπάνες: Όπως εξηγήθηκε παραπάνω, υπάρχουν διάφορες περιπτώσεις, όπως εγκαταστάσεις καθαρισμού και εγκατάστασης BWTS, επισκευές / υπηρεσίες λόγω συμβάντων, τα οποία πιθανότατα θα έχουν μη αμελητέο κόστος, μόλις συμβεί κάποιος χρόνος.

3. Ημέρες λειτουργίας: Οι ημέρες λειτουργίας υποδεικνύουν την κατανάλωση καυσίμου και το συνεχές κέρδος που θα έχει η Ναυτιλιακή Εταιρεία από το φορτίο λόγω της λειτουργίας του πλοίου.

4. Χρόνια για τον επόμενο δεξαμενισμό (Dry Dock, DD): Το ποσό των ετών για τα επόμενα 5 χρόνια DryDocking σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Εταιρείας Ταξινόμησης. Αυτός ο παράγοντας εξαρτάται από την ηλικία κάθε σκάφους και υποδηλώνει μια περίοδο κατά την οποία πρέπει να πραγματοποιηθούν πολλές ενέργειες συντήρησης και επισκευής και ως εκ τούτου η Εταιρεία υποχρεούται να λάβει υπόψη ένα τεράστιο ποσό που αναμένεται να καταναλωθεί.

Ενώ εστιάζουμε κυρίως στο κόστος (επαναλαμβανόμενο ή μη επαναλαμβανόμενο) σε σχέση με την τεχνική συντήρηση και λειτουργία, οι φόροι και οι ασφάλειες, τα τέλη λιμένων / καναλιών, η υπηρεσία ετικετών, τα τέλη πλοήγησης δεν θα περιλαμβάνονται στο επαναλαμβανόμενο κόστος και δεν θα ελήφθη υπόψη για την αξιολόγηση του στόλου. Επιπλέον, με αναφορά σε όλα τα πλοία, η κατανάλωση καυσίμου θα αποκλειστεί από τη διαδικασία, διότι το ίδιο καλύπτεται από τους ναυλωτές και δεν λαμβάνεται υπόψη από την ιδιοκτήτρια / διαχειριστική ναυτιλιακή εταιρεία.

Αναφορικά με το κόστος δεξαμενισμού DD και για να μπορέσουμε να αξιολογήσουμε σωστά και να αντιπαραβάλουμε τις τιμές μεταξύ των πλοίων, το συνολικό κόστος του τελευταίου δεξαμενισμού διαχωρίστηκε και κατανεμήθηκε για τα επόμενα 5 χρόνια. Το ποσό που αντιστοιχεί στην περίοδο ενδιαφέροντος (δηλαδή 9 μήνες, 01/01 / 2019-31 / 09/2019) θα συμπεριληφθεί στις επαναλαμβανόμενες δαπάνες ανεξάρτητα από την ακριβή περίοδο του τελευταίου DD του σκάφους. Για παράδειγμα, εάν το DD του πλοίου ολοκληρώθηκε το 2017 και το συνολικό κόστος που προέκυψε ήταν 300.000 \$, το ίδιο θα διατεθεί έως το 2022 (δηλ. 60.000 \$ / έτος) και το ποσό για τους 9 μήνες θα είναι το $\frac{3}{4}$ του ετήσιου ποσού (δηλαδή 45.000 \$). Αντιθέτως, το κόστος εγκατάστασης του Συστήματος Επεξεργασίας Νερού Έρματος ή Scrubber θεωρείται μη επαναλαμβανόμενο κόστος και θα συμπεριληφθεί στη διαδικασία ως συνολικά ποσά και δεν θα διατεθεί. Τα υπόλοιπα έξοδα (επάνδρωση, ανταλλακτικά, προμήθειες, καταστήματα, λιπαντικά, έξοδα συντήρησης / επισκευής) θα περιλαμβάνονται μόνο για τους 9 μήνες ενδιαφέροντος, όπως συνέβη.

4.3.1. Επιλογή κριτηρίων για το μοντέλο

Για την παρούσα εργασία έχει επιλεγθεί το άθροισμα των επαναλαμβανόμενων και των μη επαναλαμβανόμενων εξόδων να ληφθεί ως κριτήριο για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας. Σε αυτή τη φάση δεν εξετάζεται καθόλου η εισροή χρημάτων στη

ναυτιλιακή εταιρεία δηλαδή τα ναύλα και οι ημέρες κατά τις οποίες ναυλώνεται το πλοίο.

4.4. Αποφασίζων

Στην παρούσα διπλωματική εργασία στόχος είναι η προσέγγιση του προβλήματος λήψης στρατηγικών αποφάσεων ως προς το δείκτη βιωσιμότητας του βασικού υποσυστήματος των θαλασσιών μεταφορών, δηλαδή του πλοίου. Με δεδομένη την πολυπλοκότητά κατά τη λειτουργία του, το πλοίο ενδέχεται να παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς τους δείκτες αξιολόγησης ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας του και τη διαχείρισή του. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η επίδραση που έχει η ταχύτητα υπηρεσίας στην κατανάλωση καυσίμου και κατά συνέπεια και στις εκπομπές αερίων ρύπων. Έτσι το ίδιο πλοίο μπορεί σε διαφορετικές ταχύτητες να παρουσιάζει σημαντικά αυξημένες ή μειωμένες τις εκπομπές ρύπων (CO₂ και NO_x) για υψηλότερες και χαμηλότερες ταχύτητες αντίστοιχα. Το ήδη περιγεγραμμένο πρόβλημα γίνεται ακόμη πιο σύνθετο αν λάβουμε υπόψιν μας ότι αλλαγή στην ταχύτητα υπηρεσίας επηρεάζει το παραγόμενο μεταφορικό έργο και άρα τους δείκτες επιχειρησιακής ενεργειακής αποδοτικότητας του IMO.

Το παραπάνω παράδειγμα καλείται να αντιμετωπίσει η διαχειρίστρια εταιρεία του εκάστοτε πλοίου σε συνεργασία με το ναυλωτή. Δηλαδή το ίδιο πλοίο να αποδίδει διαφορετικό μεταφορικό έργο αλλάζοντας τελείως την απόδοσή του στα διαφορετικά κριτήρια. Αναγνωρίζοντας ότι οι υπό μελέτη εναλλακτικές είναι η αξιολόγηση του δείκτη βιωσιμότητας μεταξύ διαφορετικών πλοίων αλλά και διαφορετικών επιχειρησιακών προφίλ η παρούσα εργασία προσπαθεί να βρει την ισορροπία μεταξύ της περιβαλλοντικής και της οικονομικής βιωσιμότητας.

Ο κύριος σκοπός αυτής της εργασίας είναι να δημιουργήσει ένα μοντέλο αξιολόγησης ενός αριθμού πλοίων ενός στόλου, με βάση τους τρεις πυλώνες της αειφορίας. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, χρησιμοποιούμε ένα εργαλείο που είναι σε θέση να συγκρίνει τις διαφορές μεταξύ των πλοίων σύμφωνα με τα κριτήρια που αναφέρονται παραπάνω, και τέλος να καταλήξει στην κατάταξη που δείχνει τα πιο αποτελεσματικά και πλεονεκτικά σκάφη του στόλου ενδιαφέροντος

Δεδομένων των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την εφαρμογή αυτού του εργαλείου, ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων, δηλαδή ο πλοιοκτήτης, θα μπορεί να αξιολογήσει τον στόλο του βάσει των κριτηρίων που επιλέχθηκαν και να προχωρήσει στις απαιτούμενες ενέργειες για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του πλοίου και, ως εκ τούτου, την επίτευξη του κύριου πεδίου εφαρμογής που είναι η ανάπτυξη της αειφορίας.

5. Εφαρμογή

Η αξιολόγηση της βιωσιμότητας και η ταξινόμηση με βάση τον αντίκτυπο που έχουν τα διάφορα βιομηχανικά συστήματα είναι ζωτικής σημασίας για τα ενδιαφερόμενα μέρη αλλά και τους φορείς λήψης αποφάσεων, έτσι ώστε να επιλέξουν το πιο βιώσιμο σενάριο. Κατά συνέπεια, η εργασία αυτή προτείνει την εφαρμογή μεθοδολογιών πολυκριτηριακής λήψης αποφάσεων (Multicriteria Decision Making Analysis, MCDA) για την αξιολόγηση της αειφορίας του θεμελιώδους στοιχείου των θαλασσιών μεταφορών του πλοίου. Για την αξιολόγηση/ταξινόμηση προτείνονται διαφορετικά κριτήρια έτσι ώστε να μπορεί να αποτιμηθεί ο αντίκτυπος και στους τρεις πυλώνες της βιωσιμότητας δηλαδή το περιβάλλον, την οικονομία και την κοινωνία. Επιπλέον, έχουν ληφθεί υπόψη και οι αλληλεξαρτήσεις και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των κριτηρίων αυτών. Η μεθοδολογία ενσωματώνει μια ασαφή μέθοδο AHP για τον ποσοτικό προσδιορισμό της βαρύτητας των κριτηρίων, η οποία επιτρέπει στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να εκτιμήσουν τις επιδόσεις διαφόρων σεναρίων σε σχέση με τα κριτήρια χρησιμοποιώντας διμερείς συγκρίσεις. Για τον υπολογισμό του βάρους κάθε κριτηρίου, το οποίο δεν μπορεί να αντικατοπτρίζει μόνο την προτίμηση και την προθυμία των ενδιαφερομένων, αλλά επίσης να ενσωματώνει τις αλληλεξαρτήσεις και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των κριτηρίων. Η τελική σειρά προτεραιότητας διαφόρων πλοίων κατατάσσεται με τη χρήση της μεθόδου PROMETHEE, και TOPSIS σύμφωνα με τη ροή της καθαρής κατάταξης. Επιπλέον, αναπτύχθηκε μια μέθοδος ανάλυσης ευαισθησίας για τον προσδιορισμό των πιο κρίσιμων και ευαίσθητων κριτηρίων που έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ακολουθία αειφορίας μεταξύ των εναλλακτικών και για την ανάλυση των επιπτώσεων των αλληλεπιδράσεων και των αλληλεξαρτήσεων μεταξύ των κριτηρίων στην τελική κατάταξη προτεραιότητας.

Όπως έχει περιγράψει και στα προηγούμενα κεφάλαια, η αξιολόγηση της αποδοτικότητας στα πλαίσια των ναυτιλιακών εταιρειών είτε για την αξιολόγηση του υπάρχοντος στόλου είτε για την αγορά νέου, συχνά γίνεται με μεμονωμένα κριτήρια. Ενόσω οι μέχρι στιγμής πρακτικές δίνουν ιδιαίτερη βαρύτητα στην αποτίμηση της οικονομικής βιωσιμότητας για το νούμερο ένα περιουσιακό στοιχείο των ναυτιλιακών εταιρειών, το πλοίο, το αυξανόμενο ενδιαφέρον για την περιβαλλοντική και κοινωνική

αποδοτικότητα του έρχεται να αναδιαμορφώσει το τοπίο. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να γίνει αξιολόγηση και κατάταξη του στόλου μιας ναυτιλιακής εταιρείας με χρήση πολυκριτηριακών μεθόδων, ώστε να αξιολογείται η βιωσιμότητα και ως προς τους τρεις πυλώνες της δηλαδή περιβάλλον, οικονομία και κοινωνία.

Έπειτα από ενδελεχή βιβλιογραφική επισκόπηση, για τους σκοπούς της εργασίας έχουν επιλεγεί 4 κριτήρια τα οποία απαντώνται στη βιβλιογραφία ενώ ταυτόχρονα διασφαλίζεται ότι αυτά συμβαδίζουν με τη στόχευση της αγοράς αυτή τη χρονική περίοδο. Οι δείκτες που επιλέχθηκαν χρησιμοποιούνται αυτή τη στιγμή από τις ναυτιλιακές εταιρείες για την αυτοαξιολόγησή τους και είναι συνδεδεμένοι άμεσα με την επιβολή των διαφόρων νέων κανονισμών. Έτσι λοιπόν, τα τελικά κριτήρια είναι ο επιχειρησιακός δείκτης ενεργειακής αποδοτικότητας που σχετίζεται με την κλιματική αλλαγή, το επίπεδο λειτουργίας του συστήματος διαχείρισης έρματος, τα κόστη για το κάθε πλοίο και τέλος ένας δείκτης αξιολόγησης της αποδοτικότητας των εκπαιδύσεων του πληρώματος.

Για την εφαρμογή της προτεινόμενης τεχνικής προσέγγισης έχουν ληφθεί πραγματικά δεδομένα από το στόλο ναυτιλιακής εταιρείας που εδρεύει στον Πειραιά. Πιο συγκεκριμένα, στην εφαρμογή αξιολογούνται και ταξινομούνται δέκα εναλλακτικά φορτηγά πλοία ίδιου τύπου (Bulk carrier). Ο πίνακας με τα αναλυτικά στοιχεία των πλοίων βρίσκεται στο παράρτημα 1.

5.1. Υπολογισμός Βαρύτητας για τα Κριτήρια

5.1.1. Περιγραφή της Μεθοδολογίας

Analytical Hierarchical Process, AHP

Η Αναλυτική Διαδικασία Ιεραρχίας (Analytical Hierarchical Process, AHP) εισήχθη από τον Thomas Saaty το 1980. Αυτή η μέθοδος αποτελεί ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την αντιμετώπιση πολύπλοκων προβλημάτων σε ένα ιεραρχικό σύστημα και είναι σε θέση να βοηθήσει τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων να καθορίσει προτεραιότητες προκειμένου να λάβει την καλύτερη απόφαση (Saaty, 1980). Η AHP συμβάλλει στην καταγραφή τόσο υποκειμενικών όσο και αντικειμενικών πτυχών μιας

απόφασης μειώνοντας τις πολύπλοκες αποφάσεις σε μια σειρά συγκρίσεων και στη συνέχεια συνθέτοντας τα αποτελέσματα. Επιπλέον, η AHP ενσωματώνει μια χρήσιμη τεχνική για τον έλεγχο της συνοχής των αξιολογήσεων του υπευθύνου λήψης αποφάσεων, μειώνοντας έτσι τη μεροληψία στη διαδικασία λήψης αποφάσεων (Rakotoarivelo & Zarate, 2017).

Στην παρούσα εργασία η AHP χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της βαρύτητας των διαφορετικών κριτηρίων. Η AHP παράγει ένα βάρος για κάθε κριτήριο αξιολόγησης σύμφωνα με τις αντίστοιχες συγκρίσεις των κριτηρίων του λήπτη αποφάσεων. Όσο υψηλότερο είναι το βάρος, τόσο σημαντικότερο είναι το αντίστοιχο κριτήριο. Στη συνέχεια, η AHP εκχωρεί μια βαθμολογία σε κάθε επιλογή σύμφωνα με τις αντίστοιχες συγκρίσεις των επιλογών βάσει του σχετικού σταθερού κριτηρίου. Όσο υψηλότερη είναι η βαθμολογία, τόσο καλύτερη είναι η απόδοση της επιλογής. Τέλος, η AHP συνδυάζει τα βάρη των κριτηρίων και τις βαθμολογίες επιλογής, και ως εκ τούτου καθορίζει μια συνολική βαθμολογία για κάθε επιλογή και τις επόμενες βαθμολογίες. Η συνολική βαθμολογία για μια δεδομένη επιλογή είναι ένα σταθμισμένο άθροισμα των βαθμολογιών (Saaty, 1980).

Σύμφωνα με την «Διαδικασία Αναλυτικής Ιεραρχίας» του Saaty, το AHP μπορεί να εφαρμοστεί σε τρία απλά διαδοχικά βήματα: (1) Υπολογισμός του διανύσματος των κριτηρίων βαρών, (2) Υπολογισμός του πίνακα των βαθμολογιών επιλογών, (3) Κατάταξη των επιλογών.

1. Υπολογισμός του διανύσματος κριτηρίων βαρών

Η AHP αρχίζει να δημιουργεί έναν πίνακα σύγκρισης ζεύγους A (πραγματικός πίνακας $m \times m$, όπου m είναι ο αριθμός των κριτηρίων αξιολόγησης που λαμβάνονται υπόψη). Κάθε είσοδος a_{jk} (a_{jk} δηλώνει την καταχώρηση στη σειρά j th και στη στήλη k th) του πίνακα A αντιπροσωπεύει τη σημασία του κριτηρίου j th σε σχέση με το κριτήριο k th.

Για παράδειγμα:

αν $a_{jk} > 1$, τότε το κριτήριο j th είναι πιο σημαντικό από το κριτήριο k th.

Αν $a_{jk} < 1$, τότε το κριτήριο j th είναι λιγότερο σημαντικό από το κριτήριο k th.

Εάν δύο κριτήρια έχουν την ίδια σημασία, τότε η καταχώριση a_{jk} είναι 1, πράγμα που σημαίνει ότι οι καταχωρήσεις a_{jk} και a_{kj} ικανοποιούν τον ακόλουθο περιορισμό: $a_{jk} \cdot a_{kj} = 1$. Είναι προφανές ότι $a_{jj} = 1$ για όλα τα j .

Η σχετική σημασία μεταξύ δύο κριτηρίων μετράται σύμφωνα με μια αριθμητική κλίμακα από 1 έως 9, όπως παρακάτω, όπου θεωρείται ότι το κριτήριο j th είναι εξίσου ή πιο σημαντικό από το κριτήριο k th.

Η τιμή του $a_{jk} = 1 \Rightarrow j$ και k είναι εξίσου σημαντική

Η τιμή του $a_{jk} = 3 \Rightarrow j$ είναι ελαφρώς πιο σημαντική από το k

Η τιμή του $a_{jk} = 5 \Rightarrow j$ είναι πιο σημαντική από το k

Η τιμή του $a_{jk} = 7 \Rightarrow j$ είναι πολύ πιο σημαντική από το k

Η τιμή του $a_{jk} = 9 \Rightarrow j$ είναι απολύτως πιο σημαντική από το k

Μόλις κατασκευαστεί ο πίνακας A , είναι δυνατό να προκύψει από το A ο κανονικοποιημένος πίνακας σύγκρισης ζευγών A_{norm} , κάνοντας ίσο με το 1 το άθροισμα των καταχωρήσεων σε κάθε στήλη, δηλ. Κάθε είσοδος a_{jk} του πίνακα A_{norm} υπολογίζεται ως

$$\bar{a}_{jk} = \frac{a_{jk}}{\sum_{l=1}^m a_{lk}} \quad (1)$$

Τέλος, το κριτήριο του διανύσματος βάρους w (δηλαδή ένας διαστατικός φορέας στήλης m) διαμορφώνεται με τον μέσο όρο των καταχωρήσεων σε κάθε σειρά του A_{norm} , δηλ.

$$w_j = \frac{\sum_{l=1}^m \bar{a}_{lj}}{m} \quad (2)$$

2. Υπολογισμός του πίνακα των αποτελεσμάτων επιλογών

Ο πίνακας S των αποτελεσμάτων επιλογών είναι ένας πραγματικός πίνακας $n \times m$. Κάθε είσοδος s_{ij} του S αντιπροσωπεύει το σκορ της επιλογής i th σε σχέση με το κριτήριο j th. Προκειμένου να εξαχθούν τέτοιες βαθμολογίες, δημιουργείται μια μήτρα σύγκρισης ζεύγους $B(j)$ για καθένα από τα κριτήρια m , $j = 1, \dots, m$. Ο πίνακας $B(j)$ είναι ένας πραγματικός πίνακας $n \times n$, όπου n είναι ο αριθμός των επιλογών που αξιολογούνται. Κάθε καταχώριση $b_{ih}(j)$ του πίνακα $B(j)$ αντιπροσωπεύει την

αξιολόγηση της επιλογής i th σε σύγκριση με την επιλογή h th σε σχέση με το κριτήριο j th. Για παράδειγμα:

1 Εάν $b_{ih}(j) > 1$, τότε η επιλογή i th είναι καλύτερη από την επιλογή h th.

2 Εάν $b_{ih}(j) < 1$, τότε η επιλογή i th είναι χειρότερη από την επιλογή h th.

3 Εάν δύο επιλογές αξιολογηθούν ως ισοδύναμες ως προς το κριτήριο j th, τότε η καταχώριση $b_{ih}(j)$ είναι 1. Οι καταχωρήσεις $b_{ih}(j)$ και $b_{hi}(j)$ ικανοποιούν τον ακόλουθο περιορισμό: $b_{ih}(j) \cdot b_{hi}(j) = 1$ και $b_{ii}(j) = 1$ για όλα τα i .

Μια παρόμοια κλίμακα αξιολόγησης με εκείνη που παρουσιάζεται στην παραπάνω ερμηνεία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αλλάξει η ζεύγη αξιολογήσεις του λήπτη αποφάσεων σε αριθμούς.

Η AHP ισχύει για κάθε πίνακα $B(j)$ την ίδια διαδικασία που περιγράφεται για τον πίνακα σύγκρισης ζεύγους A , δηλαδή διαιρεί κάθε καταχώριση με το άθροισμα των καταχωρήσεων στην ίδια στήλη και, στη συνέχεια, ο μέσος όρος των καταχωρήσεων σε κάθε σειρά, αποκτώντας έτσι το διάνυσμα βαθμολογίας $s(j)$, $j = 1, \dots, m$. Το διάνυσμα $s(j)$ περιέχει τις βαθμολογίες των επιλογών που αξιολογήθηκαν σε σχέση με το κριτήριο j th.

Τέλος, ο πίνακας βαθμολογίας S λαμβάνεται ως $S = [s(1) \dots s(m)]$ δηλ. Η στήλη j του S αντιστοιχεί στο $s(j)$.

3. Κατάταξη των επιλογών

Μόλις υπολογιστεί ο φορέας βάρους w και ο πίνακας βαθμολογίας S , το AHP αποκτά ένα διάνυσμα v των παγκόσμιων βαθμολογιών πολλαπλασιάζοντας τα S και w , δηλαδή $v = S \cdot w$

Η i th καταχώριση v_i του v αντιπροσωπεύει την παγκόσμια βαθμολογία που αποδίδεται από το AHP στην επιλογή i th. Ως τελικό βήμα, η κατάταξη των επιλογών επιτυγχάνεται με τη σειρά των παγκόσμιων βαθμολογιών σε φθίνουσα σειρά.

4. Έλεγχος της συνέπειας

Για να ελέγξετε εάν οι υπολογισμένες τιμές είναι σωστές, πρέπει να υπολογιστεί η συνέπεια. Υποθέτοντας ότι 3 κριτήρια λαμβάνονται υπόψη για παράδειγμα: προκύπτει μια εμφανής ασυνέπεια σε περίπτωση που ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων εκτιμήσει

κατά λάθος ότι το τρίτο κριτήριο είναι εξίσου ή πιο σημαντικό από το πρώτο κριτήριο, όταν αξιολογεί ταυτόχρονα ότι το πρώτο κριτήριο είναι ελαφρώς πιο σημαντικό από το δεύτερο κριτήριο, ενώ το δεύτερο κριτήριο είναι ελαφρώς πιο σημαντικό από το τρίτο κριτήριο. Σε αυτήν την περίπτωση, μια συνεπής αξιολόγηση θα ήταν ότι το πρώτο κριτήριο είναι πιο σημαντικό από το τρίτο κριτήριο.

Για το λόγο αυτό, έχει αναπτυχθεί μια αποτελεσματική τεχνική για τον έλεγχο της συνέπειας των αξιολογήσεων που έγιναν από τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων κατά τη δημιουργία καθεμιάς από τους πίνακες σύγκρισης κατά ζεύγη που εμπλέκονται στη διαδικασία, τον πίνακα A και τους πίνακες B (j). Κατά τη διάρκεια της θεματικής τεχνικής, υπολογίζεται ένας κατάλληλος δείκτης συνοχής (CI) (Το ίδιο θα περιγραφεί μόνο για τον πίνακα A. Για να το προσαρμόσετε στην περίπτωση των πινάκων, το A αντικαθίσταται με το B (j), w με το s (j), και m με n.) Το CI λαμβάνεται πρώτα υπολογίζοντας το scalar x ως το μέσο όρο των στοιχείων του διανύσματος του οποίου το στοιχείο jth είναι η αναλογία του στοιχείου jth του διανύσματος A · w προς το αντίστοιχο στοιχείο του διανύσματος β. Τότε,

$$CI = \frac{x - m}{m - 1} \quad (3)$$

Το $CI = 0$ είναι ο τέλειος δείκτης για έναν υπεύθυνο λήψης αποφάσεων, αλλά μπορεί επίσης να είναι ανεκτές μικρές τιμές ασυνέπειας. Ειδικότερα, οι ασυνέπειες είναι ανεκτές μόνο εάν

$$\frac{CI}{RI} < 0.1 \quad (4)$$

όπου το RI είναι ο τυχαίος δείκτης (δηλ. ο δείκτης συνέπειας όταν οι καταχωρήσεις του A είναι εντελώς τυχαίες). Οι τιμές του RI για μικρά προβλήματα ($m \leq 10$) φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

<i>m</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>RI</i>	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Πίνακας 1 Τιμές του τυχαίου δείκτη (RI) για μικρά προβλήματα

Η AHP είναι ένα πολύ ευέλικτο και ισχυρό εργαλείο, επειδή οι βαθμολογίες, και συνεπώς η τελική κατάταξη, λαμβάνονται βάσει των σχετικών αξιολογήσεων ανά ζεύγη τόσο των κριτηρίων όσο και των επιλογών που παρέχονται από τον χρήστη. Έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορους τομείς, όπως σχεδιασμός μεταφορών, κατανομή ενέργειας, έργα διαχείρισης κινδύνων, συγκριτική αξιολόγηση των υπηρεσιών logistics, διαχείριση ποιότητας υπηρεσιών σε νοσοκομεία, διαχείριση λειτουργιών, πόροι κατανομής για τη διαχείριση χαρτοφυλακίου προϊόντων, καθώς και αρκετές εφαρμογές εταιρείες. Οι υπολογισμοί που γίνονται από την AHP καθοδηγούνται πάντα από την εμπειρία του λήπτη αποφάσεων και η AHP μπορεί επομένως να θεωρηθεί ως εργαλείο που μπορεί να μεταφράσει τις αξιολογήσεις (τόσο ποιοτικές όσο και ποσοτικές) που έγιναν από τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων σε μια κατάταξη πολλαπλών κριτηρίων. Επιπλέον, η AHP είναι απλό, επειδή δεν υπάρχει ανάγκη δημιουργίας ενός σύνθετου συστήματος εμπειρογνομόνων με ενσωματωμένες τις γνώσεις του υπευθύνου λήψης αποφάσεων. Από την άλλη πλευρά, η AHP μπορεί να απαιτεί μεγάλο αριθμό αξιολογήσεων από τον χρήστη, ειδικά για προβλήματα με πολλά κριτήρια και επιλογές. Παρόλο που κάθε αξιολόγηση είναι πολύ απλή, δεδομένου ότι απαιτεί μόνο ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων να εκφράσει τον τρόπο σύγκρισης δύο επιλογών ή κριτηρίων μεταξύ τους, το φορτίο της εργασίας αξιολόγησης μπορεί να γίνει παράλογο.

5.1.2. Εφαρμογή στη Μελέτη Περίπτωσης Βαρύτητα Κριτηρίων μέσω TOPSIS

Βήμα 1

		K1	K2	K3	K4
<i>Ποσοστό ολοκληρωμένων εργασιών</i>	K1	1.000	0.250	0.500	0.100
<i>Δείκτης ΕΕΟΙ</i>	K2	4.000	1.000	3.000	0.500
<i>Επίπεδο Λειτουργίας BWT</i>	K3	2.000	0.333	1.000	0.250
<i>Προϋπολογισμός ανά πλοίο</i>	K4	10.000	2.000	4.000	1.000
	Sum	17.000	3.583	8.500	1.850

Πίνακας 2 Μητρώο Συγκρίσεων μεταξύ των διαφορετικών Κριτηρίων

Βήμα 2

Κανονικοποιημένο μητρώο

	K1	K2	K3	K4	Βάρη κριτηρίων	Μέτρο συνέπειας
K1	0.059	0.070	0.059	0.054	0.06	4.031
K2	0.235	0.279	0.353	0.270	0.28	4.020
K3	0.118	0.093	0.118	0.135	0.12	4.024
K4	0.588	0.558	0.471	0.541	0.54	4.033

Πίνακας 3 Κανονικοποιημένο μητρώο βαρύτητας

Βήμα 3

	Τελικά Βάρη Κριτηρίων		
	AHP	λ (Εντροπία)	ΤΕΛΙΚΑ ΒΑΡΗ
K1	0.060	0.007	0.034
K2	0.284	0.701	0.493
K3	0.116	0.142	0.129
K4	0.539	0.149	0.344

Πίνακας 4 Τελικά Βάρη για τα υπό μελέτη κριτήρια

∩

-

Δείκτης συνέπειας	0.009954
--------------------------	-----------------

Πίνακας 5 Έλεγχος Συνέπειας

5.2. Εφαρμογή Μεθόδου TOPSIS

5.2.1. Περιγραφή της Μεθοδολογίας

Η τεχνική TOPSIS αναπτύχθηκε από τους Hwang και Yoon για την εφαρμογή σε προβλήματα με πολλαπλά κριτήρια/στόχους (Multi Objective Optimisation). Είναι μία τεχνική που επιτρέπει την κατάταξη των λύσεων με βάση τις προτιμήσεις του αποφασίζοντος, οι οποίες ποσοτικοποιούνται με δάρη που αντιστοιχούν στις συναρτήσεις κόστους. Η τεχνική TOPSIS χρησιμοποιεί δύο σημεία αναφοράς στο χώρο των αντικειμενικών συναρτήσεων, αυτό που έχει ως συντεταγμένες τις καλύτερες τιμές του πίνακα V και αυτό που έχει ως συντεταγμένες τις χειρότερες. Η Ευκλείδεια απόσταση των ατόμων του πίνακα V από τα σημεία αυτά καθορίζει την κατάταξη των λύσεων του προβλήματος.

Περιγραφή της Τεχνικής TOPSIS

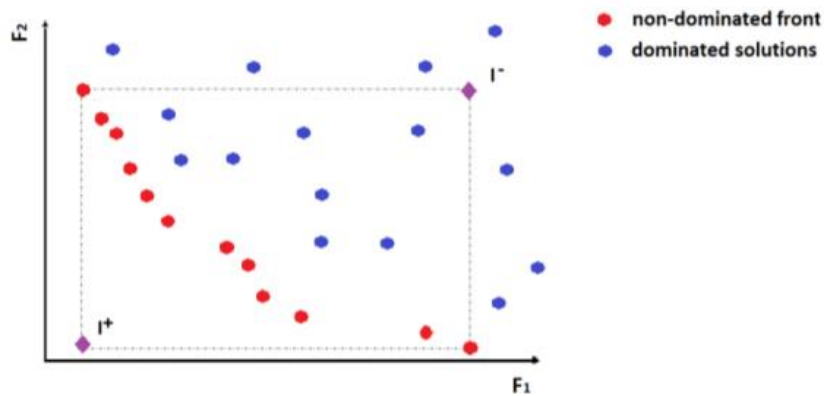
Τα δήματα από τα οποία συντίθεται η τεχνική TOPSIS είναι κοινά τόσο για την ‘a posteriori’ όσο και για την ‘a priori’ εφαρμογή της σε προβλήματα πολλαπλών κριτηρίων και παρουσιάζονται παρακάτω. Στην πρώτη περίπτωση, η τεχνική εφαρμόζεται στις λύσεις του μετώπου Pareto και επιλέγεται δάσει των προτιμήσεων του λήπτη απόφασης η βέλτιστη από αυτές λύση. Στη δεύτερη περίπτωση, χρησιμοποιείται απλός εξελικτικός αλγόριθμος χωρίς την εφαρμογή της τεχνικής TOPSIS στις δύο πρώτες γενιές. Στη συνέχεια, εφαρμόζονται τα δήματα της τεχνικής στις λύσεις κάθε γενιάς του εξελικτικού αλγορίθμου μέχρι τον τερματισμό του.

Βήμα 1: Δημιουργία του πίνακα απόφασης P,

Βήμα 2: Δημιουργία του κανονικοποιημένου πίνακα απόφασης R,

Βήμα 3: Ενσωμάτωση των βαρών που ορίζει ο DM στη διαδικασία δημιουργώντας τον πίνακα V,

Βήμα 4: Καθορισμός δύο ακραίων υποθετικών λύσεων, της θετικής (I+) και της αρνητικής (I-). Στην περίπτωση εφαρμογής της τεχνικής TOPSIS ‘a priori’, η θετική λύση αντιστοιχεί στις μικρότερες τιμές των συναρτήσεων κόστους του μετώπου Pareto και η αρνητική στις μεγαλύτερες, όπως φαίνεται στο σχήμα. Στην περίπτωση ‘a priori’ εφαρμογής της τεχνικής TOPSIS, η θετική λύση αντιστοιχεί στις μικρότερες τιμές των συναρτήσεων κόστους του μετώπου μη-κυριαρχούμενων λύσεων και η αρνητική στις μεγαλύτερες όπως φαίνεται στο σχήμα. Στην τελευταία περίπτωση, οι δύο ακραίες υποθετικές λύσεις μεταβάλλονται από γενιά σε γενιά όταν μεταβάλλεται και το αντίστοιχο μέτωπο μη-κυριαρχούμενων λύσεων,



Εικόνα 22 Πίνακας 3 Αναπαράσταση βέλτιστων και μη βέλτιστων λύσεων

5.2.2. Εφαρμογή στη Μελέτη Περίπτωσης Αποτελέσματα TOPSIS

Υπολογισμός Μέτρων Απόστασης

	K1	K2	K3	K4	S+
X1	-0.016	0.000	0.000	0.011	0.019
X2	-0.005	-0.290	-0.022	0.008	0.291
X3	0.000	-0.288	-0.011	0.012	0.289
X4	-0.006	-0.246	-0.011	0.029	0.248
X5	-0.008	-0.134	-0.033	0.009	0.139
X6	-0.017	-0.106	0.000	0.002	0.108
X7	-0.005	-0.210	-0.033	0.000	0.212
X8	-0.007	-0.261	-0.022	0.002	0.262
X9	-0.016	-0.173	0.000	0.036	0.177
X10	-0.012	-0.285	-0.011	0.018	0.286

Υπολογισμός Μέτρων Απόστασης

	K1	K2	K3	K4	S-
X1	0.001	0.290	0.033	-0.025	0.293
X2	0.012	0.000	0.011	-0.028	0.032
X3	0.017	0.001	0.022	-0.024	0.037
X4	0.011	0.044	0.022	-0.007	0.051
X5	0.008	0.156	0.000	-0.026	0.158
X6	0.000	0.184	0.033	-0.033	0.189
X7	0.012	0.080	0.000	-0.036	0.089
X8	0.010	0.029	0.011	-0.033	0.047
X9	0.001	0.117	0.033	0.000	0.121
X10	0.005	0.005	0.022	-0.018	0.029

Πίνακας 6 Υπολογισμός μέτρων απόστασης TOPSIS

Σχετική κοντινότητα στην ιδανική Επίλυση και Κατάταξη

	C _i	rank
X1	0.938	1
X2	0.100	9
X3	0.112	8
X4	0.170	6
X5	0.533	3
X6	0.638	2
X7	0.295	5
X8	0.152	7
X9	0.406	4
X10	0.093	10

Πίνακας 7 Τελική Κατάταξη εναλλακτικών σύμφωνα με τη μεθοδολογία TOPSIS

5.3. Εφαρμογή Μεθόδου PROMETHEE

5.3.1. Περιγραφή της Μεθοδολογίας

Οι μέθοδοι κατάταξης του PROMETHEE ξεκίνησαν από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 από τον J.P. Brans (Brans, 1982). Προσφέρουν υποστήριξη στον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων για την επίλυση προβλημάτων πολλαπλών κριτηρίων χρησιμοποιώντας μια αξιοσημείωτη σχέση υψηλότερης κατάταξης, με βάση το ζεύγος συγκρίσεων μεταξύ εναλλακτικών λύσεων και τον καθορισμό της δομής προτιμήσεων της μεθόδου PROMETHEE.

Για να κατανοήσουμε περαιτέρω τη μεθοδολογική προσέγγιση (Brans, Mareschal, & Vincke, Prométhée: μια νέα οικογένεια μεθόδων υψηλότερης κατάταξης στην ανάλυση πολλαπλών κριτηρίων, 1986), θεωρούμε ένα σύνολο εναλλακτικών $A = \{a_1 \dots a_n\}$ και ένα σύνολο κριτήρια $F = \{g_1 \dots g_q\}$, υποθέτοντας ότι αυτά τα κριτήρια g πρέπει να μεγιστοποιηθούν. Για κάθε κριτήριο g_k , ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων αξιολογεί την προτίμηση ενός εναλλακτικού a_i έναντι ενός εναλλακτικού a_j μετρώντας τη διαφορά της αξιολόγησής τους στο g_k .

$$d_k(a_i, a_j) = g_k(a_i) - g_k(a_j) \tag{5}$$

Αυτή η σύγκριση ανά ζεύγη επιτρέπει στον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων να ποσοτικοποιήσει την απόδοση του εναλλακτικού a_i στο g_k σε σύγκριση με το

εναλλακτικό Στη συνέχεια, χρησιμοποιούμε μια συνάρτηση προτίμησης P_k για να μετατρέψουμε αυτήν την τιμή σε βαθμό προτίμησης. Ανάλογα με το σχήμα της συνάρτησης προτίμησης, ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων θα μπορούσε να καθορίσει το όριο αδιαφορίας q_k και το όριο προτίμησης p_k για κάθε κριτήριο.

$$P_k(\alpha_i, \alpha_j) = P_k[d_k(\alpha_i, \alpha_j)] \quad (6)$$

$$0 \leq P_k(\alpha_i, \alpha_j) \leq 1 \quad (7)$$

Για τον ποσοτικό προσδιορισμό της παγκόσμιας προτίμησης του α_i έναντι του α_j , ορίζουμε την έννοια του δείκτη προτίμησης $\pi(\alpha_i, \alpha_j)$. Μας επιτρέπει να συγκεντρώσουμε όλες τις προκριματικές προτιμήσεις $P_k(\alpha_i, \alpha_j)$ λαμβάνοντας υπόψη τα βάρη ω_k που σχετίζονται με κάθε κριτήριο.

$$\pi(\alpha_i, \alpha_j) = \sum_{k=1}^q P_k[d_k(\alpha_i, \alpha_j)] \times \omega_k, \omega_k \geq 0 \text{ and } \sum_{k=1}^q \omega_k = 1 \quad (8)$$

Το τελευταίο βήμα των μεθόδων PROMETHEE βασίζεται στον υπολογισμό των βαθμολογιών ροής κατάταξης κάθε δράσης. Επιτρέπει στον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων να ποσοτικοποιεί κατά μέσο όρο πώς μια ενέργεια α_i προτιμάται από όλες τις υπόλοιπες ενέργειες x του συνόλου A και πώς αυτές οι ενέργειες x προτιμώνται από την α_i . Αυτές οι δύο έννοιες αντιπροσωπεύονται αντίστοιχα από τη θετική βαθμολογία ροής ϕ^+ και την αρνητική βαθμολογία ροής ϕ^- στο PROMETHEE I.

$$\phi^+(\alpha_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(\alpha_i, x) \quad (9)$$

$$\phi^-(\alpha_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, \alpha_i) \quad (10)$$

Οι θετικές και αρνητικές βαθμολογίες ροής θα μπορούσαν να συνδυαστούν με τη βαθμολογία καθαρού βαθμού ροής ϕ που χρησιμοποιείται στο PROMETHEE II.

$$\phi(\alpha_i) = \phi^+(\alpha_i) - \phi^-(\alpha_i) \quad (11)$$

Με βάση τα αποτελέσματα θετικής και αρνητικής ροής, η μέθοδος PROMETHEE I δημιουργεί μια μερική κατάταξη των εναλλακτικών. Στην PROMETHEE II,

δημιουργείται μια ολοκληρωμένη σειρά από τις βαθμολογίες καθαρής ροής των εναλλακτικών (Smet, 2019).

5.3.2. Εφαρμογή στη Μελέτη Περίπτωσης Αποτελέσματα PROMETHEE

	max	max	max	min
	K1	K2	K3	K4
X1	0.614	336,856	5	20,734,171.77
X2	0.710	40,759	3	18,636,320.06
X3	0.750	42,123	4	21,349,534.00
X4	0.700	85,609	4	32,086,684.08
X5	0.678	199,939	2	19,575,476.00
X6	0.605	228,356	5	15,364,956.55
X7	0.708	122,770	2	13,809,880.00
X8	0.690	70,458	3	15,113,200.00
X9	0.610	160,110	5	36,418,481.69
X10	0.650	45,920	4	25,088,752.37
w	0.249	0.503	0.134	0.114
Τύπος κριτ.	3	5	1	5
q		5,000		700,000
p	0.03	25,000		2,200,000

Πίνακας 8 Τιμές Κριτηρίων, Τύπος και Κατόφλια προτίμησης

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	Σύνολο ο	φ+
X1	0.00 0	0.63 8	0.638	0.75 1	0.63 8	0.58 0	0.63 8	0.63 8	0.65 3	0.75 1	5.923	0.6 6
X2	0.35 5	0.00 0	0.114	0.19 7	0.40 1	0.24 9	0.15 3	0.16 8	0.36 2	0.36 2	2.361	0.2 6
X3	0.24 9	0.38 3	0.000	0.36 2	0.38 3	0.24 9	0.38 3	0.38 3	0.36 2	0.36 2	3.116	0.3 5
X4	0.24 9	0.63 8	0.503	0.00 0	0.32 0	0.24 9	0.13 4	0.47 4	0.36 2	0.75 2	3.680	0.4 1
X5	0.28 3	0.50 3	0.585	0.61 7	0.00 0	0.24 9	0.50 3	0.50 3	0.86 6	0.84 6	4.954	0.5 5
X6	0.11 4	0.75 1	0.751	0.75 1	0.75 1	0.00 0	0.63 8	0.63 8	0.61 7	0.75 1	5.763	0.6 4
X7	0.36 2	0.61 7	0.617	0.68 2	0.36 2	0.31 3	0.00 0	0.69 8	0.36 2	0.86 6	4.881	0.5 4
X8	0.36 2	0.61 7	0.617	0.11 4	0.34 9	0.24 9	0.13 4	0.00 0	0.36 2	0.85 4	3.659	0.4 1
X9	0.00 0	0.63 8	0.638	0.63 8	0.13 4	0.04 1	0.63 8	0.63 8	0.00 0	0.63 8	4.001	0.4 4
X10	0.24 9	0.13 8	0.000	0.11 4	0.13 4	0.24 9	0.13 4	0.13 4	0.36 2	0.00 0	1.515	0.1 7
Σύνολο λο	2.22 3	4.92 3	4.462	4.22 8	3.47 3	2.42 6	3.35 5	4.27 3	4.31 0	6.18 3		

Αξιολόγηση στόλου φορτηγών πλοίων με χρήση πολυκριτηριακών μεθόδων: Εφαρμογή με κριτήρια βιωσιμότητας της βιωσιμότητας

φ-	0.25	0.5 5	0.50	0.47	0.39	0.27	0.37	0.47	0.48	0.69
φ	0.41	- 0.28	- 0.15	- 0.06	0.16	0.37	0.17	-0.07	-0.03	-0.52
rank	1	9	8	6	4	2	3	7	5	10

Πίνακας 9 Συγκεντρωτικός Πίνακας αποτελεσμάτων με βάση την PROMETHE

6. Συμπεράσματα & Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

6.1. Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων

Ο στόχος της παρούσας εργασίας ήταν η αξιολόγηση του προφίλ βιωσιμότητας ενός Ναυτιλιακού Στόλου με βάση τους τρεις πυλώνες της αειφόρου ανάπτυξης: το περιβάλλον, την κοινωνία και την οικονομία. Η εφαρμογή της μεθόδου αναπτύσσεται στο στόλο που αποτελείται από 10 σκάφη για την περίοδο ενδιαφέροντος των 9 μηνών από 1/1/2019 έως 30/9/2019 και έχει επιλεγεί προκειμένου να διερευνηθεί η βιωσιμότητα από την προοπτική του κύκλου ζωής, δηλαδή η λειτουργία και η φάση συντήρησης. Για το λόγο αυτό, επιλέγονται περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά κριτήρια για τη σύγκριση και αξιολόγηση των σκαφών. Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα κριτήρια είναι αντικρουόμενα, έχει εφαρμοστεί η προσέγγιση MCDA και ως εκ τούτου έχουν επιλεγεί μέθοδοι PROMETHEE II και TOPSIS.

Παρατηρείται ότι η θέση ορισμένων πλοίων παραμένει σταθερή, ανεξάρτητα από τα σενάρια. Για παράδειγμα, τα πλοία 1, 2, 3, 4, 6, 8 και 10 διατηρούν τις ίδιες θέσεις στην κατάταξη και στις δύο μεθοδολογίες. Πιο συγκεκριμένα τόσο στις επικρατούσες επιλογές όσο και σε εκείνα τα πλοία που υπολείπονται το μοντέλο δίνει ικανοποιητική εκτίμηση του προφίλ. Το πλοίο με τον αριθμό 10 φαίνεται να έχει πολύ χαμηλά το δείκτη της περιβαλλοντικής απόδοσης αλλά και ταυτόχρονα πολύ υψηλό προϋπολογισμό, υποδεικνύοντας την έλλειψη αποτελεσματικότητας και, ως εκ τούτου, την ανάγκη δράσεων από τον κάτοχο της εταιρείας λήψης αποφάσεων / ναυτιλιακών εταιρειών. Το επόμενο λιγότερο αποτελεσματικό σκάφος φαίνεται να είναι το σκάφος 2, το οποίο διατηρεί επίσης την τρίτη θέση από το τέλος της κατάταξης. Επιπλέον, σημειώνεται ότι το σκάφος 9 εξαρτάται από τα κριτήρια βάρους που διαμορφώνονται σε κάθε σενάριο, λαμβάνοντας υπόψη ότι η θέση για τα σενάρια 2 και 3 είναι παρόμοια με το σκάφος 2 όντας το πλοίο με το μεγαλύτερο προϋπολογισμό.

Όπως παρουσιάζεται Πίνακας 10 οι δύο μεθοδολογίες που εφαρμόστηκαν συγκλίνουν

	PROMETHE		TOPSIS
	<i>rank</i>		<i>rank</i>
X1	1	=	1
X2	9	=	9
X3	8	=	8
X4	6	=	6
X5	4		3
X6	2	=	2
X7	3		5
X8	7	=	7
X9	5		4
X10	10	=	10

Πίνακας 10 Σύγκριση Κατάταξης μεταξύ των δυο διαφορετικών μεθοδολογιών

6.2. Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Ένα βιώσιμο σύστημα θαλάσσιων μεταφορών απαιτεί καλά οργανωμένες διοικήσεις που συνεργάζονται διεθνώς και προωθούν τη συμμόρφωση με τα παγκόσμια πρότυπα, υποστηριζόμενα από ιδρύματα με σχετική τεχνική εμπειρογνωμοσύνη, όπως οι νηογνώμονες που ενεργούν ως αναγνωρισμένοι οργανισμοί (δηλαδή οργανισμοί που έχουν ανατεθεί από κράτος σημαίας για τη διενέργεια υποχρεωτικών επιθεωρήσεων και ερευνών για λογαριασμό του).

Για να λειτουργήσει με την απαιτούμενη υψηλή απόδοση, ένα Βιώσιμο Σύστημα Θαλάσσιων Μεταφορών απαιτεί συντονισμένη υποστήριξη από οντότητες που είναι εγγενείς ως προς τη ναυτιλία, όπως οι πάροχοι βοηθητικών υπηρεσιών πλοήγησης, ωκεανογραφικών, υδρογραφικών και μετεωρολογικών υπηρεσιών, υπηρεσιών αναζήτησης και διάσωσης, συμβάντων και ανταποκριτές έκτακτης ανάγκης, λιμενικές εγκαταστάσεις, μέτρα διευκόλυνσης του εμπορίου και συστήματα διαχείρισης φορτίου και logistics. Όσο απαραίτητο, καθώς μια αξιόπιστη τροφοδοσία καυσίμου είναι για τα πλοία, είναι απαραίτητη προϋπόθεση για εξειδικευμένο και ευέλικτο εργατικό δυναμικό για ένα βιώσιμο σύστημα θαλάσσιων μεταφορών.

Μια σημαντική πρόκληση που αντιμετωπίζει η ναυτιλιακή βιομηχανία σήμερα είναι πώς να προσελκύσει και να διατηρήσει έναν επαρκή αριθμό επαρκώς εκπαιδευμένων και εξειδικευμένων ναυτικών και επαγγελματιών της ναυτιλιακής βιομηχανίας με τα κατάλληλα κίνητρα, γνώσεις και δεξιότητες για την επαγγελματική εφαρμογή του

εξελισσόμενες τεχνολογίες και διαδικασίες. Αυτή η πρόκληση θα αυξηθεί καθώς το παγκόσμιο εμπόριο συνεχίζει να αυξάνεται και οι ναυτιλιακές δραστηριότητες αυξάνονται ανάλογα. Ένα αειφόρο σύστημα θαλάσσιων μεταφορών θα χρειαστεί τη συνεργασία παραγόντων από την ακτή, τόσο από τη βιομηχανία όσο και από τις κυβερνήσεις, (για παράδειγμα, για τη δέουσα εφαρμογή της σύμβασης για τη ναυτική εργασία), για την προστασία και την παροχή φροντίδα για τους ναυτικούς, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι η κοινωνική ακεραιότητα του Συστήματος δεν διαβρώνεται και ότι οι καταρτισμένοι, επαγγελματίες ναυτικοί έχουν ένα ελκυστικό εργασιακό περιβάλλον.

Εξίσου σημαντικό για ένα αειφόρο σύστημα θαλάσσιων μεταφορών να λειτουργεί ομαλά και αποτελεσματικά είναι τα παγκόσμια πρότυπα που υποστηρίζουν «ίσους όρους ανταγωνισμού» σε όλο τον κόσμο, υποστηρίζοντας την παγκόσμια ασφάλεια και περιβαλλοντικά πρότυπα, που καλύπτουν τις τεχνικές και επιχειρησιακές απαιτήσεις για τα πλοία, καθώς και την κατάλληλη εκπαίδευση και κατάρτιση των πληρωμάτων. Η πρόληψη και ο έλεγχος της ρύπανσης, η προστασία της θαλάσσιας βιοποικιλότητας και οι αρχές της διακυβέρνησης των ωκεανών πρέπει να αντανακλάται συνεχώς στις συζητήσεις στο IMO για να διασφαλιστεί η περιεκτική, αποτελεσματική και αποτελεσματική ρύθμιση των πλοίων - από το πρώτο στάδιο του σχεδιασμού τους έως την τελική διάθεσή τους για ανακύκλωση στο τέλος της ωφέλιμης ζωής τους.

Η ασφάλεια είναι απαραίτητη για ένα βιώσιμο σύστημα θαλάσσιων μεταφορών, ωστόσο είναι σε μεγάλο βαθμό εκτός του ελέγχου των παραγόντων του. Ο ναυτιλιακός τομέας βρέθηκε στην πρώτη γραμμή των νέων απειλών για την ασφάλεια που προέρχονται από την παγκόσμια τρομοκρατία και από τη σύγχρονη πειρατεία στις θαλάσσιες λωρίδες του κόσμου, καθώς επίσης αντιμετωπίζει παραδοσιακές μορφές ένοπλης ληστείας εναντίον πλοίων στο λιμάνι ή στην άγκυρα. Τα πλοία δεν έχουν φυσική αυτοάμυνα έναντι αυτών των απειλών. Ωστόσο, ο πραγματικός αντίκτυπος τους φτάνει πολύ πέρα από τον επόμενο λιμένα κλήσης του πλοίου ή τον ισολογισμό της ενδιαφερόμενης ναυτιλιακής εταιρείας, ως πιθανώς ασύγκριτο οικονομικό κόστος μπορεί να προκύψει από την απώλεια εμπιστοσύνης στο σύστημα θαλάσσιων μεταφορών. Επομένως, ο ναυτιλιακός τομέας χρειάζεται εξωτερική βοήθεια, όπως από ναυτικές περιπολίες ή χερσαία δράση, για να καλύψει τις ανάγκες ασφαλείας του. Ωστόσο, πρέπει επίσης να λάβει τα δικά της προληπτικά μέτρα να αντιμετωπίσει τις

Αξιολόγηση στόλου φορτηγών πλοίων με χρήση πολυκριτηριακών μεθόδων: Εφαρμογή με κριτήρια βιωσιμότητας της βιωσιμότητας

απειλές ασφαλείας που προκύπτουν στη θάλασσα ή στο λιμάνι και οι οποίες θέτουν σε κίνδυνο τόσο το φορτίο όσο και το πλήρωμα.

Ένα βιώσιμο σύστημα θαλάσσιων μεταφορών χρειάζεται επίσης την υποστήριξη ενός υγιούς χρηματοοικονομικού συστήματος για να υποστηρίξει τις εξελισσόμενες απαιτήσεις του για οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Ο χρηματοπιστωτικός τομέας πρέπει να εκτιμηθεί κατάλληλα για τον εξελισσόμενο χαρακτήρα του συστήματος θαλάσσιων μεταφορών, ώστε να καταστεί δυνατή η αποτελεσματική μακροπρόθεσμη κατανομή των πόρων για την προώθηση και των τριών πυλώνων της αειφόρου ανάπτυξης.

7. Βιβλιογραφία

- ABS. (2020). *Pathways to Sustainable Shipping*.
- Berg, H. P. (2013). Human Factors and Safety Culture in Maritime Safety. *The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*.
- Brans, J. P. (1982). *L'ingenierie de la decision. L'elaboration d'instruments d'aide a la decision*. Quebec: University Laval.
- Brans, J. P., Mareschal, B., & Vincke, P. (1986). Prométhée: a new family of outranking methods in multicriteria analysis. *European Journal of Operational Research*, 228-238.
- Cabezas-Basurko, O., Mesbahi, E., & Moloney, S. R. (2008). Methodology for sustainability analysis of ships. *Ships and Offshore Structures*, 1-11.
- Chauvin, C. (2011). Human Factors and Maritime Safety. *Journal of Navigation*, 625-63.
- Chia, Y. H. (2017). Maritime Sustainability and the Human Element - Promoting the Safety Culture Onboard. *Towards 2030: Maritime Sustainability through People and Technology*,. Singapore.
- Ciuffo, B., Nijkamp, P., & Sala, S. (2015). A systemic framework for sustainability assessment. *Ecological Economics*, 314-325.
- Crowl, D. A., & Louvar, J. F. (2002). *Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications*. New York: Prentice Hall PTR.
- Finetti, B. (1970). Logical foundations and measurement of subjective probability. *Acta Psychologica*, 129-145.
- Hacking, I. (1965). *The Logic of Statistical Inference*. Cambridge University Press.
- IMO. (2019, 11 4). UN. Ανάκτηση από https://www.un.org/Depts/los/general_assembly/contributions_2015/IMO.pdf
- IMO. (2020, April 6). *International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments (BWM)*. Ανάκτηση από [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships'-Ballast-Water-and-Sediments-\(BWM\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships'-Ballast-Water-and-Sediments-(BWM).aspx)
- IMO, I. M. (2013). *A Concept of Sustainable Maritime Transportation System*. Rio: Sustainable Developmet.
- L. Wang, M. H. (2020). The carbon footprint is the total set of greenhouse gas (GHG) emissions caused by an organization or product and it is often expressed in terms of the amount of carbon dioxide, or its equivalent of other GHGs emitted. Driven by consumer's low-carbon consu. *Journal of Cleaner Production*.
- Lamb, T. (2003). *Ship design and construction*. Jersey City: Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- MacLachlan, M. (2017). Maritime Psychology: Definition, Scope and Conceptualization. Στο M. MacLachlan, *Maritime Psychology: Research in Organizational & Health Behavior at Sea* (σσ. 1-19). Switzerland: Springer.
- NRC. (1983). *Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process*. Washington: National Academies Press.
- Paltrinieri, N., & Landucci, G. (2016). Dynamic Evaluation of Risk: from Safety Indicators to Proactive Techniques. *Dynamic Risk Analysis in the Chemical and Petroleum Industry*.
- Psarafitis, H. (2016). Green maritime logistics: the quest for win-win solution. *6th Transport Research Arena Conference 2016, April 18-21*. Warsaw, Poland.
- Sagen, A., & Mitchell, P. (2002). *Safety and Health at Sea: A Practical Manual for Seafarers*. London: Witherby-Seamanship.
- Sherwood, B. J., & Earthy, J. (2003). *ATOMOS IV Revision WP8.5 Rationale for SOLAS Regulation V/15 Template*.
- Smet, Y. D. (2019). Beyond Multicriteria Ranking Problems: The case of PROMETHEE. Στο M. Doumpos, J. R. Figueira, S. Greco, & C. Zopounidis, *New Perspectives in Multiple Criteria Decision Making*: (σσ. 95-128). Switerland: Springer.
- Varonen, U., & Mattila, M. (2000). The safety climate and its relationship to safety practices, safety of the work environment and occupational accidents in eight wood-processing companies. *Accident Analysis and Prevention*, 32:761-769.
- Ventikos, N. P. (2012). *Study and Risk Management in the Maritime Transport*. Athens: National Technical University.

Αξιολόγηση στόλου φορτηγών πλοίων με χρήση πολυκριτηριακών μεθόδων: Εφαρμογή με κριτήρια βιωσιμότητας της βιωσιμότητας

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

FINAL TABLE/SUMMARY	Vessel 1	Vessel 2	Vessel 3	Vessel 4	Vessel 5	Vessel 6	Vessel 7	Vessel 8	Vessel 9	Vessel 10
COx Emissions (tons)	24,524.16	19,963.75	24,240.19	9,387.13	22,819.76	13,595.51	12,178.94	10,657.12	21,803.42	8,276.69
NOx Emissions (tons) (Scrubber NO)	3,037.25	2,378.58	2,671.27	2,732.33	2,462.51	2,875.20	2,654.15	2,411.71	3,108.33	2,360.94
SOx Emissions (tons)	434.00	325.70	206.34	144.06	350.59	219.16	135.13	169.98	506.22	122.78
BWTS installation (D2 standards)	1.00	2.00	1.00	4.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00
Oil Spills Incidents	0.01	-	-	0.01	0.02	-	0.05	-	-	-
Accidents	0.03	0.03	0.02	0.04	0.02	-	-	-	-	-
Training	0.97	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.97	0.97	0.97	0.98
Near Misses	9.00	9.00	5.00	6.00	7.00	4.00	7.00	8.00	4.00	4.00
Operational Days	273.00	249.00	273.00	273.00	228.00	273.00	273.00	242.00	273.00	251.00
Recurring costs (USD)	1,806,085.11	999,299.62	733,255.45	852,319.50	1,044,260.61	806,289.55	720,978.43	937,439.99	801,749.14	1,076,947.17
Non recurring costs	163,696.34	1,410,354.30	187,408.88	880,852.86	2,352,616.77	138,087.33	113,784.88	684,050.53	617,038.26	1,320,987.72

Αξιολόγηση στόλου φορτηγών πλοίων με χρήση πολυκριτηριακών μεθόδων: Εφαρμογή με κριτήρια βιωσιμότητας της βιωσιμότητας

Years for SS	1.50	5.00	1.00	5.00	5.00	1.00	1.50	4.50	1.00	4.50
Recurring & Non Recurring costs	1,969,781.46	2,409,653.91	920,664.33	1,733,172.36	3,396,877.38	944,376.88	834,763.30	1,621,490.52	1,418,787.41	2,397,934.89
EEOI	5.35	5.198	6.084	8.542	4.073	6.52	5.371	7.674	3.384	7.445
Trainings	0.973310811	0.96294595	0.974213941	0.973310811	0.967079586	0.978719133	0.97237665	0.970679012	0.96896042	0.976632829
	1969781.458	2409653.915	920664.3313	1733172.355	3396877.381	944376.8786	834763.3046	1621490.519	1418787.406	2397934.892

Πίνακας 11 Πίνακας με πρωτογενή και δευτερογενή δεδομένα

