



ΔΠΜΣ

Διοίκηση στη Ναυτική Επιστήμη και Τεχνολογία

Διπλωματική Εργασία

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΠΛΟΙΩΝ
SHIPS ENERGY AUDITS**

Δημήτριος Ζαχαράκης
ΜΝΣΝΔ 20021

Επιβλέπων:
Δρ. Ευθύμιος Γ. Παριώτης
Αναπληρωτής Καθηγητής Σ.Ν.Δ.

Πειραιάς
Δεκέμβριος 2022

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ / ΖΗΤΗΜΑΤΑ COPYRIGHT

Το άτομο το οποίο εκπονεί την Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στην βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας των πιθανών συνεπειών αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου.

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε από τη ΕΔιΕ του ΔΠΜΣ σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του ΔΠΜΣ ‘Διοίκηση στη Ναυτική Επιστήμη και Τεχνολογία’. Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

ΜΕΛΟΣ Α΄: Δρ. Ευθύμιος Γ. Παριώτης, Αναπληρωτής Καθηγητής Σ.Ν.Δ. (Επιβλέπων)

ΜΕΛΟΣ Β΄: Δρ. Θεόδωρος Ζάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής Σ.Ν.Δ.

ΜΕΛΟΣ Γ΄: Δρ. Ιωάννης Κατσάνης, Αναπληρωτής Καθηγητής Σ.Ν.Δ.

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς και το Τμήμα Ναυτικών Επιστημών της Σχολής Ναυτικών Δοκίμων δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.



*“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”*

Με την επιτυχή εκπόνηση της παρούσης διπλωματικής εργασίας εκπληρώνεται ένας προσωπικός μου στόχος. Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους με βοήθησαν στην επίτευξη αυτή.

Καταρχήν θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Ευθύμιο Παριώτη, για την καθοδήγησή και την αμέριστη βοήθεια του κατά την εκπόνηση της εργασίας αυτής. Για τις όποιες παραλείψεις και πιθανά λάθη αναλαμβάνω πλήρως την ευθύνη.

Νιώθω επίσης την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά τους καθηγητές μου· το διδακτικό προσωπικό και τους επιστημονικούς συνεργάτες του ΔΠΜΣ “Διοίκηση στη Ναυτική Επιστήμη και Τεχνολογία” για το όμορφο ταξίδι γνώσεων που μου χάρισαν στον συναρπαστικό κόσμο της ναυτιλίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον Καθηγητή Σ.Ν.Δ. Δρ. Γεώργιο Γαλάνη. Στάθηκε αρωγός με τις πολύτιμες συμβουλές του από την πρώτη στιγμή που επιλέχθηκα να φοιτήσω στο ΔΠΜΣ μέχρι και την ολοκλήρωση των σπουδών μου.

Καταλυτική στην ολοκλήρωση των μεταπτυχιακών μου σπουδών ήταν επίσης και η συνεργασία με όλους τους συμφοιτητές του 1^{ου} κύκλου σπουδών και τους ευχαριστώ από καρδιάς για την βοήθεια τους.

Την διπλωματική μου αυτή εργασία αφιερώνω στην σύζυγο μου Φωτεινή για την αμέριστη συμπαράσταση και την υπομονή της καθώς και στις κόρες μας Νεφέλη-Ιωάννα και Μαριάννα για τον πολύτιμο χρόνο τους που μου χάρισαν για να πετύχω τον στόχο αυτό.

Δεκέμβριος 2022



Περίληψη

Σκοπός: Στα πλαίσια εφαρμογής των κανονισμών ενεργειακής βελτίωσης και μείωσης του ενεργειακού αποτυπώματος για τη ναυτιλία είναι απαραίτητη η διενέργεια ενεργειακών επιθεωρήσεων. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να μελετήσει όλες τις πτυχές μιας ενεργειακής επιθεώρησης ενός πλοίου.

Σχεδιασμός / μεθοδολογία / προσέγγιση: Σε πρώτο στάδιο διαπιστώθηκε το νομοθετικό πλαίσιο, που καθορίζει τις σχέσεις ενεργειακής κατανάλωσης, ενεργειακής εξοικονόμησης και ενεργειακής επιθεώρησης. Στη συνέχεια, ερευνήθηκαν οι τρόποι και τα μέσα, με τα οποία μπορεί να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση ενός πλοίου καθώς και τα στάδια βελτιστοποίησής της. Τέλος, ερευνήθηκε διεξοδικά ο σκοπός της ενεργειακής επιθεώρησης (energy audit), τα στάδια υλοποίησής της καθώς και η σύνταξη της ενεργειακής αναφοράς.

Ευρήματα: Διαπιστώθηκε ότι η ενεργειακή απόδοση ενός πλοίου δύναται να βελτιστοποιηθεί μέσω συστηματικής καταγραφής και επεξεργασίας των μετρήσεων / στοιχείων που σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας των εγκατεστημένων ενεργειακών συστημάτων του πλοίου. Σημαντικό ρόλο, επίσης, διαδραματίζει και η πολιτική του οργανισμού να πραγματοποιεί συχνά ενεργειακούς ελέγχους και να εγκαταστήσει συστήματα, τα οποία θα καθιστούν το έργο τους πιο εύκολο και αποτελεσματικό. Μέσα από μία άρτια οργανωμένη Ενεργειακή Επιθεώρηση καθίσταται εφικτός ο εντοπισμός των ενεργειακών συστημάτων που χρήζουν ενεργειακών επεμβάσεων και μάλιστα επιτρέπεται η ιεράρχηση των ενεργειακών επεμβάσεων σύμφωνα με τεχνικό-οικονομικά κριτήρια, συμβάλλοντας καθοριστικά στην επιτυχία ενός Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης.

Πρωτοτυπία / αξία: Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας επιχειρήθηκε η συγκέντρωση και ανάλυση των συστατικών στοιχείων της Ενεργειακής Επιθεώρησης πλοίων, συγκεντρώνοντας και ταξινομώντας συστηματικά του κύριους πυλώνες στους οποίους εδράζεται η όλη διαδικασία σε όλα τα στάδια που αυτή περιλαμβάνει.

Λέξεις – Κλειδιά: Ενέργεια, ενεργειακή διαχείριση, ενεργειακή κατανάλωση, πρότυπα ενεργειακής διαχείρισης, ενεργειακή επιθεώρηση πλοίου.



“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”

Abstract

Purpose: In the framework of the energy improvement and reduction of the energy footprint regulations for shipping, it is necessary to carry out energy inspections. This thesis sought to study all aspects of a ship energy audit.

Design / methodology / approach: At first the legislation, that defines the relationships energy consumption and energy audit, is determined. Moreover, the ways and the means, with which can the process of energy at a ship and the improvement stages be supervised, have been investigated. In the end has been thoroughly investigated the aim of energy audit, the steps of implementation and how an energy report is written.

Findings: It was found that the energy efficiency of a ship can be optimized through systematic recording and processing of the measurements/ elements related to the energy consumption of the installed energy systems of the ship. An important role is also played by the organization's policy to carry out frequent energy audits and install systems that will make their work easier and more efficient. Through a well-organized energy inspection, it becomes possible to identify the energy systems that need energy interventions and even allows the prioritization of energy interventions according to technical-economic criteria, contributing decisively to the success of an Energy Management System.

Originality / value: In the context of this thesis, an attempt was made to gather and analyze the constituent elements of the energy inspection of ships, systematically gathering and classifying the main pillars on which the whole process is based in all stages it includes.

Keywords: Energy, energy management, energy consumption, energy management standards, ships energy audit.



Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	v
Abstract	vi
Πίνακας Περιεχομένων	vii
Πίνακας Σχημάτων.....	ix
Πίνακες.....	x
Συντμήσεις	xi
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΟΥ ΘΕΜΑΤΟΣ.....	1
1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	2
1.3 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	2
2. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	4
2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	4
2.2 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	9
3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΠΛΟΙΩΝ	14
3.1 ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	14
3.2 ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΠΛΟΙΟΥ.....	16
3.3 ΔΟΜΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΠΛΟΙΟΥ ..	18
3.4 ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	20
3.4.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	29
3.5 ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΤΡΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	32
4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΠΛΟΙΩΝ	34
4.1 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ.....	34
4.2 ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ	35
4.2.1 ΠΡΟΤΥΠΟ ISO 50001.....	38
4.2.2 ΕΛΟΤ EN ISO ΤΗΣ ΣΕΙΡΑΣ 17740.....	43
4.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ	44
4.3.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ	46
4.3.1.1 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ	47
4.3.1.2 ΕΚΤΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ	49
4.3.1.3 ΦΑΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ.....	50
4.3.2 ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΠΛΟΙΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ	52
4.3.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΕΩΝ	57
4.3.3.1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ.....	60
4.3.3.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ.....	61
4.3.3.3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΑΡΟΧΗΣ.....	64
4.3.3.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΑΕΡΑ	66
4.3.3.5 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ	66
4.3.3.6 ΛΟΙΠΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	66
4.4 ΑΝΑΦΟΡΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ.....	67
4.5 ΠΡΟΦΙΛ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΗ.....	68
4.6 ΕΞ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΕΙΣ	68
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	72
5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	72
5.2 ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	72



“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”

Βιβλιογραφία.....	74
Ελληνόγλωσσες.....	74
Ξενόγλωσσες.....	74
Διαδικτυακές.....	78



Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 2.1: Εκπομπές CO ₂ 1900-2014.	4
Σχήμα 2.2: Η ναυτιλία ευθύνεται για το περίπου 3% των παγκόσμιων εκπομπών άνθρακα, το 13% των εκπομπών οξειδίων του αζώτου, το 12% των εκπομπών διοξειδίου του θείου. Τα φορτηγά πλοία εκπέμπουν αρκετή αιθάλη, ώστε να ισούται με το ήμισυ της ρύπανσης από όλα τα αυτοκίνητα του κόσμου.	5
Σχήμα 2.3: Η πετρελαιοκηλίδα του Torrey Canyon (1967) ήταν έκτασης ~1.000 Km ²	9
Σχήμα 3.1: Σχέση SEEMP, EEOI και EEDI.	18
Σχήμα 3.2: Μέθοδοι στοίβαξης φορτίου.	22
Σχήμα 3.3: Διαχείριση θαλάσσιου έρματος.	23
Σχήμα 3.4: Βιοσυσώρευση στη γάστρα και στα ύφαλα πλοίου.	24
Σχήμα 3.5: Χρονική εξέλιξη και μηχανισμός βιορύπανσης.	25
Σχήμα 3.6: Τεχνολογία PBCF.	30
Σχήμα 3.7: Διάταξη Becker Mewis Duct.	30
Σχήμα 3.8: Φαινόμενο Magnus στην αιολική πρόωση.	31
Σχήμα 4.1: Μοντέλο PDCA.	39
Σχήμα 4.2: Μεθοδολογία EMS.	42
Σχήμα 4.3: Διάγραμμα ροής ενέργειας.	48
Σχήμα 4.4: Όργανα μέτρησης ηλεκτρικών παραμέτρων.	60
Σχήμα 4.5: Θερμοκρασιακοί ανιχνευτές αντίστασης.	61
Σχήμα 4.6: Θερμοστοιχείο.	62
Σχήμα 4.7: Thermistor.	62
Σχήμα 4.8: Πυρόμετρο ακτινοβολίας.	63
Σχήμα 4.9: Υπέρυθρη εικόνα που αναδεικνύει απώλεια θερμότητας (με μπλε χρώμα).	63
Σχήμα 4.10: Σωλήνας Venturi (αριστερά) και Pitot (δεξιά).	64
Σχήμα 4.11: Δινομετρητής.	65
Σχήμα 4.12: Μετρητής ροής τύπου υπερήχων.	65



“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”

Πίνακες

Πίνακας 3.1: Χρησιμοποιηθέν καύσιμο ανά είδος μηχανήματος/ μηχανής.	53
Πίνακας 3.2: Ανάλυση ηλεκτρικού φορτίου πλοίου από το ναυπηγείο.....	55



Συντμήσεις

ACS	Air Cavity Ships
AHU	Air Handling Unit
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
CCAI	Calculated Carbon Aromaticity Index
COPTs	Cargo Oil Pump Turbines
CRPs	Contra Rotating Propellers
CBA	Cost Benefit Analysis
ΔΔΧ	Διεθνές Δικαστήριο της Χάγης
EEDI	Energy Efficiency Design Index
EEOI	Energy Efficiency Operations Indicator
EMS	Energy Management System
EnPIs	Energy Performance Indicators
ESPs	Energy Saving Potentials
ΕξΕ	Εξοικονόμηση Ενέργειας
FPP	Fixed Pitch Propellers
GhG	Greenhouse Gas
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning
IMO	International Maritime Organization
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPMVP	International Performance Measurement and Verification Protocol
JIT	Just In Time
KPIs	Key Performance Indicators
LNG	Liquefied Natural Gas
LCV	Lower Calorific Value
MEPC	Marine Environment Protection Committee
MCR	Maximum Continuous Rating
PDCA	Plan Do Check Act
PMS	Planned Maintenance System
PBCF	Propeller Boss Cap Fins
RFO	Residual Fuel Oil
RTD	Resistance Thermometer Detectors
RPM	Revolutions Per Minute
RMS	Root Mean Square
RMSE	Root Mean Squared Error
ROV	Remotely Operated Vehicles



*“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”*

SEUs	Significant Energy Uses
SEEMP	Ships Energy Efficiency Management Plan
SFOC	Specific Fuel Oil Consumption
TDS	Total Dissolved Solids
UAS	Unmanned Aerial System
UNCLOS	United Nations Convention on the Law Of the Sea
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΟΥ ΘΕΜΑΤΟΣ

Η χρήση των ενεργειακών επιθεωρήσεων ως μέθοδος ανάλυσης και βελτίωσης της ενεργειακής κατανάλωσης είναι διαδεδομένη διεθνώς και η σημασία της είναι ιδιαίτερα σημαντική, όχι μόνο για τη βελτιστοποίηση των λειτουργιών ενός πλοίου αλλά κυρίως για τα περιβαλλοντικά οφέλη, τα οποία προκύπτουν από την εν λόγω διαδικασία. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αναδείξει τη χρησιμότητα, που έχει η ενεργειακή επιθεώρηση, στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, της κατανάλωσης καυσίμων και, τέλος, της εξοικονόμησης πόρων από έναν ναυτιλιακό οργανισμό. Σύμφωνα με τα ευρήματα σύγχρονων εμπειρικών ερευνών, επιβαρυντικοί παράγοντες για την ενεργειακή εξοικονόμηση είναι η ποιότητα των καυσίμων, η έλλειψη συστημάτων μέτρησης, η μη κατάρτιση του πληρώματος σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας και, τέλος, η αμέλεια των οργανισμών να ενταχθούν σε ενεργειακό έλεγχο (Johnson et al., 2013). Επιπλέον, τα τελευταία χρόνια έχει γίνει μια σημαντική προσπάθεια από την Ευρωπαϊκή Ένωση να καταγράψει τα επίπεδα εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, βάσει των μετρήσεων και των καταγραφών των πλοίων, και να επεξεργαστεί τα αποτελέσματα, προκειμένου να είναι σε θέση εξαγωγής συμπερασμάτων, τα οποία θα διαμορφώσουν ακριβή εικόνα τόσο των εκπομπών όσο και των μέτρων, που πρέπει να ληφθούν προς αντιμετώπιση του περιβαλλοντικού ζητήματος (Christodoulou et al., 2021).

Στην παρούσα εργασία εξετάζονται διεξοδικά τα μέτρα, τα οποία δύναται να ληφθούν προς βελτιστοποίηση της ενεργειακής εξοικονόμησης, τα συστήματα διαχείρισης όπως και τα στάδια του ενεργειακού ελέγχου. Συγχρόνως, παρουσιάζονται ο σκοπός και οι στόχοι, που θέτει μια ενεργειακή επιθεώρηση, η διαδικασία που ακολουθείται αλλά και τα συστήματα, με τα οποία λαμβάνονται οι μετρήσεις, οι οποίες στη συνέχεια εκτιμώνται από τον ενεργειακό επιθεωρητή. Επιπλέον, εξετάζεται ο ρόλος των διεθνών προτύπων ενεργειακού ελέγχου στην προσπάθεια να τεθεί ένα πλοίο σε καθεστώς ενεργειακής διαχείρισης.



1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να εντοπιστούν οι παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν την ενεργειακή κατανάλωση σε ένα πλοίο, με αποτέλεσμα αυτό να καταναλώνει περισσότερη ενέργεια (καύσιμα) προκειμένου να φέρει εις πέρας το σύνολο των λειτουργιών του. Η κατανάλωση περισσότερων καυσίμων οδηγεί στην εκπομπή περισσότερων αερίων ρύπων, οι οποίοι δημιουργούν και επιβαρύνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, συνεπώς η άμεση αντιμετώπιση της κατάστασης αυτής κρίνεται αναγκαία. Έρευνες έχουν αναδείξει τη σημασία της καταμέτρησης, του ελέγχου καθώς και της τακτικής επιθεώρησης των εγκαταστάσεων του πλοίου (Johnson et al., 2013). Σκοπός αυτών είναι να εντοπιστεί άμεσα και επακριβώς η πλέον ενεργοβόρα συνιστώσα ενός πλοίου και να επιλυθεί, χωρίς να απαιτείται η δέσμευση όγκου κεφαλαίων κάθε φορά, μέσω αναζήτησης, μελέτης και τελικώς επιλογής των βέλτιστων παρεμβάσεων, οι οποίες δύναται να λάβουν χώρα.

1.3 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα εργασία αποτελείται συνολικά από πέντε (5) κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο είναι το εισαγωγικό, στο οποίο παρουσιάζεται η αναγκαιότητα μελέτης του συγκεκριμένου θέματος, ο σκοπός και οι στόχοι της εργασίας καθώς και η δομή αυτής. Το δεύτερο κεφάλαιο μελετά το νομοθετικό πλαίσιο, το οποίο ισχύει ως προς την προστασία του περιβάλλοντος, καθώς και τον διεθνή οργανισμό, που έχει θεσπιστεί προς διαχείριση και προώθηση των ναυτιλιακών θεμάτων. Στο εν λόγω κεφάλαιο περιλαμβάνεται ανάλυση της δράσης του διεθνούς αυτού οργανισμού στη ναυτιλία καθώς και των σχετικών, με το υπό μελέτη ζήτημα, αποφάσεων, οι οποίες ελήφθησαν ανά τα έτη μέχρι και σήμερα. Το τρίτο κεφάλαιο περιλαμβάνει τα μέσα και τους τρόπους, με τους οποίους δύναται να επιτευχθεί ενεργειακή απόδοση. Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται οι μέθοδοι και οι τεχνικές, οι οποίες δύναται να υιοθετηθούν, με σκοπό ένα πλοίο να μεταβεί σε μια πιο αποδοτική ενεργειακά κατάσταση λειτουργίας, καθώς και η διαδικασία, η οποία προς τούτο απαιτείται να ακολουθηθεί. Το τέταρτο κεφάλαιο εξετάζει το ζήτημα της ενεργειακής επιθεώρησης ενός πλοίου. Επιπλέον, περιλαμβάνει παρουσίαση των διεθνών προτύπων, σύμφωνα με τα οποία λαμβάνονται τα προς υιοθέτηση μέτρα. Ακολούθως, αναλύονται η διαδικασία διεξαγωγής μιας ενεργειακής επιθεώρησης καθώς και τα απαραίτητα συστήματα μέτρησης



“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”

παραμέτρων λειτουργίας του πλοίου. Τέλος, συζητείται ο ρόλος του ενεργειακού επιθεωρητή καθώς και οι νέες σχετικές τάσεις στον ναυτιλιακό χώρο. Το πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζει τα συμπεράσματα, στα οποία κατέληξε η παρούσα εργασία, καθώς και οι προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

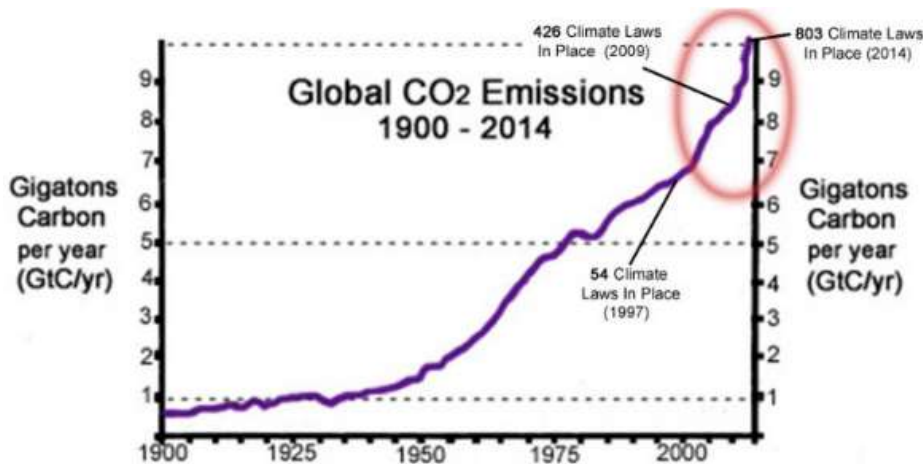


2. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Οι λόγοι, που συντέλεσαν στη δημιουργία συγκεκριμένων κατευθυντηρίων σχετικά με τον έλεγχο της ενεργειακής επιθεώρησης και απόδοσης, ήταν κυρίως περιβαλλοντικοί. Η αύξηση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ενίσχυαν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και οι ειδικοί ανέλαβαν να κρούσουν τον κώδωνα του κινδύνου, ώστε να ληφθούν μέτρα, που θα προστάτευαν το μέλλον του πλανήτη. Το 1997 υπογράφηκε σύμβαση, γνωστή ως το Πρωτόκολλο του Κιότο, για την κλιματική αλλαγή (Πρωτόκολλο του Κιότο, 1997.). Η συμφωνία ήταν διεθνής και έγινε στα πλαίσια των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC). Οι κύριοι στόχοι της σύμβασης αυτής ήταν η μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και η βελτίωση του φαινομένου του θερμοκηπίου μέσα από μέτρα και στόχους με δεσμευτικό χαρακτήρα. Αυτοί οι στόχοι θα είχαν ως επίκεντρο την ευρωπαϊκή κοινότητα και τις μεγαλύτερες βιομηχανικές χώρες. Οι κανόνες, που θεσπίστηκαν, παρουσιάστηκαν αναλυτικά, προκειμένου να είναι ικανοί να εφαρμόσουν την σύμβαση σε όλη την έκτασή της και στην έβδομη συνεδρίαση της επιτροπής κλιματικής αλλαγής (UNFCCC) το 2001 εγκρίθηκαν. Η ισχύ των κανόνων, ωστόσο, τέθηκε σε ισχύ μόλις στις αρχές του 2005 (ΕΕ, 2002).

Σχήμα 2.1: Εκπομπές CO₂ 1900-2014.



(Πηγή: <https://cutt.ly/6ZWQYdD>)



Σχήμα 2.2: Η ναυτιλία ευθύνεται για το περίπου 3% των παγκόσμιων εκπομπών άνθρακα, το 13% των εκπομπών οξειδίων του αζώτου, το 12% των εκπομπών διοξειδίου του θείου. Τα φορτηγά πλοία εκπέμπουν αρκετή αιθάλη, ώστε να ισούται με το ήμισυ της ρύπανσης από όλα τα αυτοκίνητα του κόσμου.



(Πηγή: IMO, 2014)

Και ενώ οι κανόνες για τη μείωση των ρύπων της ατμόσφαιρας είχαν τεθεί σε εφαρμογή, οι θαλάσσιες μεταφορές και η μόλυνση, που αυτές προκαλούσαν, δεν είχαν ληφθεί υπόψη για τους κανόνες αυτούς. Η αντιμετώπισή τους ήταν τελείως διαφορετική σε σχέση με τη βιομηχανία. Υπεύθυνος για τον έλεγχό τους ήταν ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (International Maritime Organization, IMO), ο οποίος είχε την αρμοδιότητα συλλογής ερευνητικού υλικού για τη δράση των πλοίων στη θάλασσα και να υποβάλει τακτικά εκθέσεις προόδου για τις ενέργειες που πραγματοποιούνταν προς μείωση των ρύπων στο πλαίσιο της UNFCCC. Πέραν από το διοξείδιο του άνθρακα, που θεωρούνταν το πιο σημαντικό για την έξαρση του φαινομένου του θερμοκηπίου εκείνη την εποχή, άλλα αέρια από την καύση των μηχανών-καυστήρων αλλά και διάφορα οξείδια από τα συστήματα ψύξης ενός πλοίου, ήταν επίσης υπεύθυνα για τη μόλυνση της ατμόσφαιρας όπως και των υδάτων. Παρά το γεγονός αυτό, όμως, οι θαλάσσιες μεταφορές θεωρούνται πιο αποδοτικές σε σχέση με άλλες μορφές, αφού είναι οικονομικά πιο αποδοτικές και ταυτόχρονα παγκοσμίως συνεισφέρουν ελάχιστα στο ποσοστό της μόλυνσης. Το παγκόσμιο ποσοστό μόλυνσης από ανθρωπογενείς παράγοντες, που αντιστοιχεί στα πλοία, έχει αυξηθεί με το πέρασμα των ετών, σύμφωνα με μελέτες του IMO, αλλά ακόμα παραμένει αρκετά χαμηλά σε συνάρτηση με το γεγονός ότι μέσω των πλοίων επιτυγχάνεται η μεταφορά του 90% του παγκόσμιου εμπορίου. Επίσης, τα πλοία κατέχουν υψηλή θέση και στην μεταφορά ανθρώπων. Μέχρι το 1996 τα πλοία συνέβαλαν με ποσοστό 1,8% στην παγκόσμια μόλυνση, ενώ σε μεταγενέστερη έρευνα του IMO αποδείχθηκε ότι μέχρι το 2007



το ποσοστό είχε αυξηθεί σε 2,7%, ποσοστό που είναι ιδιαίτερα χαμηλό αν αναλογιστεί κανείς την αύξηση των πλοίων για εμπορικούς και όχι μόνο σκοπούς (Shi, 2016).

Ο στόχος μείωσης των εκπομπών του CO₂ στη θάλασσα είχε τεθεί από τον IMO αρκετά νωρίς, ωστόσο δεν είχε συσχετισθεί με την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης. Ως πρώτα βήματα είχαν καθοριστεί η μείωση και ο έλεγχος των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Greenhouse Gas, GhG), και στη συνέχεια η μείωση των οξειδίων του αζώτου και του θείου, αποδίδοντας προτεραιότητα σε πλοία που σχετιζόταν με το διεθνές εμπόριο. Σε αυτό το πλαίσιο συνεδρίασε το 1997 η διεθνής επιτροπή για τη θαλάσσια μόλυνση και έλαβαν αποφάσεις σχετικά με την υιοθέτηση στρατηγικών για μείωση των ρύπων, τον ορισμό επιτροπής (Marine Environment Protection Committee, MEPC), αρμόδιας για το συντονισμό των ενεργειών αλλά και την σύναψη συμφωνίας για τη διενέργεια από κοινού ερευνών με την UNFCCC. Το 2003 πραγματοποιήθηκε συνέλευση του IMO, με σκοπό την επικαιροποίηση των αποφάσεων της MEPC και την ώθηση της επιτροπής στην ανάπτυξη μηχανισμού, ικανού να ελέγξει σε πρώτη φάση τη διαδικασία συντονισμού και σε δεύτερη φάση να προχωρήσει στην εφαρμογή της μείωσης των ρύπων. Το πρώτο στάδιο της εφαρμογής του πλάνου μείωσης προέβλεπε τη δημιουργία ενός μηχανισμού, που θα υλοποιεί συνεχώς εκτεταμένες αναφορές σχετικά με τις εκπομπές GhG. Στη συνέχεια, αναπτύχθηκε μια μέθοδος, μέσω της οποίας μπορούσε να περιγραφεί η αποδοτικότητα των αερίων των πλοίων, καθώς και η κατηγοριοποίηση τους ανάλογα με την ενέργεια που αποδίδουν. Τέλος, η επιτροπή ανέπτυξε συγκεκριμένες οδηγίες για τη σωστή λειτουργία του συστήματος αναφοράς και ταυτόχρονα προχώρησε στην αξιολόγηση των προτεινόμενων λύσεων, που παρείχε η αγορά μέχρι εκείνη την στιγμή, για την βελτίωση του προβλήματος των ρύπων (IMO, 2009).

Από το 2003, που ελήφθησαν οι αποφάσεις, μέχρι και το 2011 γίνονταν συνεχώς συνεδριάσεις της IMO και της MEPC, με σκοπό να αναπτύσσονται νέες οδηγίες και να καθιερώνονται νέα καθεστώτα ελέγχου. Από τις πιο σημαντικές συνεδριάσεις είναι του Όσλο, η οποία καθιέρωσε ως υποχρεωτικό τον έλεγχο του CO₂ στη διεθνή ναυτιλία αλλά αποτέλεσε και την αρχή για την θέσπιση ενός κανονιστικού πλαισίου. Το πλαίσιο αυτό αφορούσε τον αυστηρό σχεδιασμό των νέων πλοίων, ώστε να περιλαμβάνουν μια βάση αναφοράς σχετιζόμενη με την ενεργειακή απόδοση αυτών και την επακόλουθη μείωση των GhG. Η επόμενη συνεδρίαση το 2008 έφερε και αυτή με τη σειρά της πρόοδο αναφορικά με την εφαρμογή του δείκτη σχεδιασμού ενεργειακής απόδοσης (Energy Efficiency Design



Index, EEDI), για τον οποίο δόθηκαν συγκεκριμένες οδηγίες, που αφορούσαν τη μέθοδο υπολογισμού του. Το 2010 η επιτροπή θέλησε να ορίσει το πλαίσιο ενός σχεδίου διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης πλοίου (Ships Energy Efficiency Management Plan, SEEMP). Γι' αυτό το πλάνο δόθηκαν οδηγίες, οι οποίες οδήγησαν στην ενσωμάτωση κατάλληλων πρακτικών στη λειτουργία των πλοίων. Με αυτό το πλάνο έγινε η αρχή για την εφαρμογή συγκεκριμένων και υποχρεωτικών κανόνων αναφορικά με τη λειτουργία των πλοίων και τις περιβαλλοντικές τους υποχρεώσεις (IMO, 2014).

Από την έναρξη της ναυσιπλοΐας ως σήμερα δεν είχε τεθεί ως προτεραιότητα η θεσμοθέτηση νομικού πλαισίου για την προστασία των θαλάσσιων υδάτων από τυχόν ρύπανση ή μόλυνσή τους. Με το πέρας του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, όπου διαπιστώθηκαν οι συνέπειες των βομβαρδισμών πλοίων, και υποθέσεις όπως αυτή του Trail Smelter, χυτηρίου του Καναδά (United Nations, 2006), που είχε ως αποτέλεσμα τη διαρροή μεγάλων ποσοτήτων πετρελαίου στη θάλασσα, δημιουργήθηκε η άμεση ανάγκη θεσμοθέτησης νομικού πλαισίου, με σκοπό την άμεση κινητοποίηση της διεθνούς κοινότητας για την προστασία των θαλάσσιων υδάτων και της θαλάσσιας ζωής (Read, 1963). Το ρόλο του συντονιστή διαδραμάτισαν η Μικτή Διαιτητική Επιτροπή και το Διεθνές Δικαστήριο της Χάγης (ΔΔΧ), όπου από κοινού όρισαν ότι πρέπει να απαγορευθεί στα κράτη η αλόγιστη χρήση των εδαφών τους, με τρόπο που ζημιώνει τα ίδια αλλά και τα εδάφη άλλων κρατών. Αργότερα, αυτή η γενική διάταξη συμπεριέλαβε και τα θαλάσσια ύδατα, όπως και τη φροντίδα για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Παρά την ανησυχία, που υπήρχε και τη θέληση για να τεθεί ένα συγκεκριμένο πλαίσιο, δεν είχε διαπιστωθεί ακόμη το ακριβές επίπεδο ζημίας, που είχε προκληθεί, και έτσι οι διατάξεις παρέμειναν γενικές για πολλά χρόνια (Sands et al., 2012; Chever et al., 2018).

Η συνειδητοποίηση επήλθε στις αρχές του 1950, όταν οι επιπτώσεις της μόλυνσης ήταν πια εμφανείς, με τα πλοία, κυρίως τα δεξαμενόπλοια, να μην τηρούν καθόλου τις ανωτέρω διατάξεις, απελευθερώνοντας τα κατάλοιπά τους στην θάλασσα κάθε φορά που καθάριζαν τις δεξαμενές τους. Οι ρύποι ήταν αρκετοί για να μολύνουν όχι μόνο το θαλάσσιο περιβάλλον της περιοχής αλλά και τις παραπλήσιες ακτές, αφού το πετρέλαιο, επιπλέοντας, έφτανε εκεί και κατέστρεφε τους χώρους, που είχαν δημιουργηθεί για αναψυχή. Η αρχή για την θέσπιση κανόνων έγινε το 1954, με τη Διεθνή Σύμβαση OILPOL 54¹, η οποία

¹ <https://cutt.ly/JC3vF2Q>, (19/08/2022).



“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”

προέβλεπε κυρίως την πρόληψη ρύπανσης της θάλασσας. Μολονότι ήταν μια αρχική εισήγηση, χωρίς νομοθετικό υπόβαθρο, έθεσε τις βάσεις για τις μετέπειτα ενέργειες και έστρεψε την προσοχή όλης της διεθνούς κοινότητας πάνω στο ζήτημα της μόλυνσης. Λίγα χρόνια αργότερα, το 1958, η πρώτη συνδιάσκεψη για το Δίκαιο της Θάλασσας ήταν γεγονός, όμως τα κράτη δεν κατέληξαν σε συμφωνία, κατέληξαν όμως στο συμπέρασμα ότι απαιτούνται άμεσες δράσεις προς αντιμετώπιση της ρύπανσης. Το 1970 τα Ηνωμένα Έθνη διακήρυξαν ότι η προστασία της θάλασσας δεν συνιστά ευθύνη μονάχα του κράτους, που ασκεί κυριαρχία σε επιμέρους θαλάσσιες περιοχές, αλλά συνιστά υποχρέωση όλων των κρατών. Η τρίτη συνδιάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας κατέληξε στη Σύμβαση για το Δίκαιο της Θάλασσας (1982), την οποία η Ελλάδα κύρωσε με το Ν. 2321/1995. Στο άρθρο 194² προβλέπεται υποχρέωση κάθε κράτους να νομοθετήσει μέτρα προστασίας των θαλάσσιων υδάτων, με σκοπό να περιορίσει την αυθαίρετη δράση των πλοίων (Βλάχος, 2007). Με αυτό το άρθρο τα κράτη ήταν ελεύθερα να δημιουργήσουν εσωτερικά τους κατάλληλους νόμους, που θα βελτιώναν ή θα απέτρεπαν τη ρύπανση των θαλάσσιων υδάτων τους, αλλά ταυτόχρονα θα μπορούσαν να συμμετέχουν συλλογικά με την διεθνή κοινότητα στη δημιουργία κωδικοποιημένων κειμένων. Τα επόμενα χρόνια, που ακολούθησαν από τη σύμβαση, οι διαδικασίες έγιναν πιο οργανωμένες και στόχευσαν σε μια κατεύθυνση, ώστε να είναι πιο αποτελεσματικές σε σχέση με την προστασία της θάλασσας (Bodansky, 2016).

Παρά τα πρώιμα μέτρα, που είχαν ληφθεί, και τις προσπάθειες όλων των κρατών να βελτιώσουν την έκταση της θαλάσσιας μόλυνσης, έλαβαν χώρα πολλά θαλάσσια ατυχήματα, κάποια από τα οποία δημιούργησαν ιδιαίτερα έντονο περιβαλλοντικό πρόβλημα τόσο στα τοπικά όσο και στα ευρύτερα οικοσυστήματα. Τα πιο σημαντικά από αυτά, αλλά και με τις περισσότερες συνέπειες, ήταν το ατύχημα με το πετρελαιοφόρο Torrey Canyon³ το 1967, από το οποίο διέρρευσαν περίπου 119.000 τόνοι ακατέργαστου πετρελαίου στην ανοικτή θάλασσα της Βρετανίας αλλά και τις κοντινές ακτές (Wells, 2017). Επίσης, σημαντική ήταν και η διαρροή 530.000 τόνων αργού πετρελαίου στον κόλπο του Μεξικού από την πετρελαιοκηλίδα Ixtoc⁴. Παρά την αναθεώρηση της σύμβασης OILPOL 54 και τα οφέλη, που είχε επιτύχει μέχρι εκείνο το σημείο, τα ατυχήματα αυτά

² <https://cutt.ly/WVEZHBr>, (19/08/2022).

³ <https://cutt.ly/iXL2fbJ>, (19/08/2022).

⁴ <https://cutt.ly/FXL9WnI>, (19/08/2022).



προκάλεσαν σημαντική περιβαλλοντική καταστροφή, η οποία ήταν αδύνατο να υπολογιστεί από τους ειδικούς. Η διεθνής κοινότητα όφειλε να λάβει υπόψη της όλους τους παράγοντες και να θεσπίσει νόμους και μέτρα, τα οποία θα ήταν ακόμα πιο συγκεκριμένα και θα συμπεριλάμβαναν κάθε περίπτωση ρύπανσης αλλά και αντίστοιχα μέτρα σε περίπτωση που θα καταπατούνταν οι νόμοι (Bodansky, 2016).

Σχήμα 2.3: Η πετρελαιοκηλίδα του Torrey Canyon (1967) ήταν έκτασης ~1.000 Km².



(Πηγή: <https://cutt.ly/iXL2fbJ>)

2.2 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Για την αντιμετώπιση της θαλάσσιας ρύπανσης, τη μόλυνση των πέριξ οικοσυστημάτων αλλά και των περιοχών, που ο άνθρωπος δραστηριοποιείται σε σχέση με τη θάλασσα, ορίστηκε ο διαχωρισμός των τύπων ρύπανσης σε λειτουργική και προκληθείσα από ατυχήματα. Επομένως, ορίστηκαν αρκετοί κανονισμοί και διεθνείς συνθήκες, με απώτερο σκοπό τη δημιουργία ενός αρκετά αυστηρού πλαισίου λειτουργίας πλοίων, ταυτόχρονα όμως εύκολα ελέγξιμου από τις αρχές. Το πλαίσιο αυτό αποτελείται από δυο κεντρικούς νομικούς άξονες, που θεσπίστηκαν από διεθνείς συμβάσεις. Τις επιμέρους



“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”

λεπτομέρειες του πλαισίου τα κράτη είναι υποχρεωμένα να τις προσδιορίσουν μόνα τους, όντας παράλληλα υπεύθυνα και για την τήρησή τους. Ο πρώτος άξονας αφορά τις υποχρεώσεις, που έχει κάθε κράτος ξεχωριστά, για την αποφυγή ρύπανσης και ο δεύτερος συγκροτεί τις ευθύνες της διεθνούς κοινότητας για την προστασία των θαλασσών. Τα κράτη υποχρεούνται να έχουν ενεργή συμμετοχή στη διαμόρφωση και ψήφιση νόμων, αλλά και να καταβάλλουν οποιαδήποτε αναγκαία προσπάθεια προστασίας θαλάσσιων περιοχών, είτε λόγω ιδιαιτεροτήτων στην πανίδα και χλωρίδα τους είτε λόγω γεωγραφικής θέσης τους (Kanaboshi et al., 2021).

Τη μεγαλύτερη συμβολή στη διαμόρφωση κανονισμών την έχει εισφέρει ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO), ο οποίος από τη δημιουργία του το 1959 και έπειτα έθεσε ως κυρίαρχο στόχο την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Οι συνεχείς προσπάθειές του δεν είχαν, όμως, μόνο στόχο την προστασία της θάλασσας αλλά και της ανθρώπινης ζωής γύρω από τις θαλάσσιες περιοχές, αφού είναι αποδεδειγμένο ότι κάθε φορά, που με κάποιον τρόπο ρυπαίνονται τα θαλάσσια ύδατα, πλήττονται άμεσα και οι άνθρωποι, είτε οικονομικά είτε χάνοντας για κάποιο χρόνο το δικαίωμα χρήσης της θαλάσσιας περιοχής της αρεσκείας τους. Το έργο του IMO, μολονότι πλούσιο, δεν ήταν καθόλου εύκολο, αφού έπρεπε εξ αρχής να συνθέτει κανονισμούς, αλλά και να παρεμβαίνει κάθε φορά που χρειαζόταν, σε μια εποχή όπου η ναυτιλία είχε την απόλυτη ελευθερία. Ο IMO κατάρτισε τις εξής θεσμικές παρεμβάσεις: MARPOL (The Convention on the Prevention of Pollution from Ships)⁵, SOLAS (The Convention for the Safety of Life at Sea)⁶, COLREG (The Convention on the Prevention of Collision at Sea)⁷ [Joseph & Dalaklis, 2021; Koracz et al., 2001].

Η πιο σημαντική ενέργεια προς την κατεύθυνση προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος είναι η Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας (United Nations Convention on the Law Of the Sea, UNCLOS 1982)⁸. Εντός της σύμβασης αυτής αποτυπώθηκε όλο το νομικό πλαίσιο προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος, συνιστώντας τη νομική κατοχύρωσή του τόσο σε διεθνές όσο και σε εθνικό επίπεδο. Επίσης, κωδικοποιεί τις θεματικές αρχές, που ισχύουν στο σύνολο των θαλασσιών υδάτων, ενέργεια

⁵ <https://cutt.ly/AXZKZMS>, (19/08/2022).

⁶ <https://cutt.ly/QXZK43U>, (19/08/2022).

⁷ <https://cutt.ly/AXZLlVa>, (19/08/2022).

⁸ <https://cutt.ly/KXZLlItQ>, (19/08/2022).



“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”

ιδιαίτερος σημαντική, εφόσον πλέον η προστασία της θάλασσας αποκτούσε φυσική υπόσταση. Ωστόσο, παρά την προσπάθεια της σύμβασης να καλύψει πλήρως όλα τα ζητήματα, που προκύπτουν από και για τη ναυσιπλοΐα, δεν πραγματοποιήθηκε ολικά αυτός ο σκοπός, αφού τα διεθνή ζητήματα είναι δύσκολο να καλυφθούν εκ των πραγμάτων από μία και μόνο σύμβαση. Όμως, με το Δίκαιο της Θάλασσας τέθηκαν, για πρώτη φορά, τα όρια της ελεύθερης, μέχρι τότε, δίχως περιβαλλοντική συνείδηση ναυσιπλοΐας και ορίστηκε ως βασική προϋπόθεση η προστασία των θαλάσσιων υδάτων και του περιβάλλοντος αυτών (UNCLOS, 1982).

Πιο συγκεκριμένα, η UNCLOS όρισε ως ρύπανση της θάλασσας κάθε άμεση ή έμμεση ανθρώπινη εκπομπή ρύπων στο θαλάσσιο ή ποτάμιο περιβάλλον, το οποίο εκβάλλει στη θάλασσα, και προκαλεί αρνητικές συνέπειες στη θαλάσσια ζωή ή στους βιολογικούς της πόρους. Επιπλέον, εκλαμβάνει ως αρνητικές συνέπειες και την παρακώλυση της ανθρώπινης δράσης στο θαλάσσιο περιβάλλον, είτε η χρήση αυτού περιορίζεται λόγω της ρύπανσης είτε προκαλείται αναστολή της οικονομικής δραστηριότητας, που πραγματοποιείται σε αυτό, όπως για παράδειγμα της αλιείας. Επιπλέον, η UNCLOS αναγνωρίζει τέσσερις πηγές ρύπων, από τις οποίες εκπέμπονται βλαβερές ουσίες για το θαλάσσιο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, αναγνωρίζεται η μόλυνση που προκαλούν τόσο η λειτουργία της ναυσιπλοΐας όσο και τα ναυτικά ατυχήματα. Κατόπιν, αναγνωρίζεται ως πηγή ρύπων η εκούσια απόρριψη επικίνδυνων ουσιών στη θάλασσα, οι οποίες ευθύνονται όχι μόνο για τη μόλυνση αλλά και τις αρνητικές συνέπειες στη θαλάσσια ζωή. Η απόρριψη αυτών των ουσιών, συνήθως, αφορά απόβλητα του πλοίου και κατάλοιπα φορτίου. Ως τρίτη πηγή ρύπων χαρακτηρίζεται η άμετρη εκμετάλλευση του βυθού και του υπεδάφους, η οποία συνδέεται κυρίως με την εξόρυξη ή και την εκμετάλλευση θαλάσσιων φυσικών πόρων, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαιτερότητες της περιοχής ή το είδος θαλάσσιας ζωής, που επηρεάζεται από αυτή την πράξη. Τέλος, ως τέταρτη πηγή ρύπων θεωρούνται οι δραστηριότητες, οι οποίες μεν λαμβάνουν χώρα εκτός θαλάσσης, ωστόσο επιβαρύνουν το θαλάσσιο περιβάλλον (Naranta & Muttaqin, 2022).

Με τη Σύμβαση UNCLOS, η διεθνής κοινότητα επεδίωξε να προβεί σε ενέργειες προς αντιμετώπιση και της μόλυνσης, η οποία προέρχεται από πυρηνικές δραστηριότητες (π.χ. υποθαλάσσιες πυρηνικές δοκιμές, απόρριψη πυρηνικών αποβλήτων στη θάλασσα), ωστόσο, όπως αναπτύχθηκε και παραπάνω, για κάθε πηγή ρύπων οι διατάξεις που ψηφίζονταν ήταν γενικευμένες και την ευθύνη θέσπισης εξειδικευμένου νομικού πλαισίου



“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”

έφερε αποκλειστικά και μόνο κάθε κράτος ξεχωριστά (Ragheb, 2015). Όπως περιγράφεται αναλυτικά μέσα στη Σύμβαση⁹, πέρα από τους διεθνείς κανόνες, τους οποίους όλα τα κράτη είναι υποχρεωμένα να τηρούν, κάθε κράτος οφείλει να ορίσει κανόνες και μέτρα, τα οποία θα αντιμετωπίσουν το πρόβλημα της ρύπανσης στην περιοχή δικαιοδοσίας τους, με τρόπο εξειδικευμένο και προσαρμοσμένο στις περιστάσεις κάθε κράτους. Έκαστο κράτος ορίζει τις αρμοδιότητές του συναρτήσει της σημαίας, του λιμένα και της ιδιότητας ενός κράτους ως παράκτιο. Η αρμοδιότητα του κράτους σημαίας (flag state) παρέχει τη δυνατότητα στο κράτος να ελέγχει τη συμμόρφωση των πλοίων στους διεθνείς κανόνες καθώς και να ελέγχει τη τήρηση των προδιαγραφών, που έχουν θεσπιστεί στις Διεθνείς Συμβάσεις. Σε περίπτωση που διαπιστωθεί παράβαση, το κράτος έχει αρμοδιότητα δράσης σύμφωνα με τους κανόνες του κράτους, στα ύδατα του οποίου έλαβε χώρα η παράβαση. Επίσης, δύναται να επιβάλει απαγόρευση απόπλου μέχρι το πλοίο να συμμορφωθεί με τους κανόνες, που ανιχνεύτηκαν ότι παραβιάστηκαν. Προκειμένου να είναι σε θέση παρακολούθησης της διαδικασίας αυτής, το κράτος σημαίας εκδίδει τα κατάλληλα πιστοποιητικά στα πλοία, ώστε να διευκολύνεται ο τακτικός έλεγχος τόσο εντός του κράτους σημαίας όσο και εκτός αυτού. Το κράτος λιμένα (port state) έχει αρμοδιότητες στα πλοία, τα οποία ελλιμενίζονται στα λιμάνια του ή βρίσκονται εντός περιοχών ενδιαφέροντος του προς απόρριψη ρύπων. Σε περίπτωση που διαπιστωθεί κάποια τέτοια ενέργεια, το κράτος λιμένα, με τη βοήθεια οποιουδήποτε κράτους αιτηθεί τη συνδρομή του, μπορεί να πραγματοποιήσει έρευνα και να λάβει μέτρα, προκειμένου να τηρηθούν οι προβλεπόμενοι διεθνείς κανόνες, αποτρέποντας τον κίνδυνο ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Τέλος, το παράκτιο κράτος (coastal state) έχει δέσμια αρμοδιότητα επιθεώρησης οποιουδήποτε πλοίου πλησιάζει ή πλέει κοντά στην αιγιαλίτιδα ζώνη του, σε περίπτωση που διαπιστωθεί κάθε είδους παράβαση. Το περιεχόμενο της δικαιοδοσίας αυτής περιλαμβάνει αίτηση για πληροφορίες σχετικά με το πλοίο, επιθεώρηση του πλοίου και, τέλος, αν διαπιστωθεί παράβαση κανόνων, κράτηση αυτού. Σε αντίθετη περίπτωση, που δεν διαπιστωθεί δηλαδή καμία παράβαση, δεν προβλέπεται διακριτική ευχέρεια να πράξει τα παραπάνω, ενώ υποχρεούται να καταβάλει αποζημίωση σε περίπτωση με οποιονδήποτε τρόπο βλάβης του πλοίου. Ωστόσο, προβλέπεται μια περίπτωση κατά το άρθρ. 221, το οποίο παρέχει το δικαίωμα στο παράκτιο κράτος να δράσει προληπτικά προς αποφυγή ναυτικών ατυχημάτων εντός της αιγιαλίτιδας ζώνης του (Naranta & Muttaqin, 2022). Τα μόνα πλοία, τα οποία δεν έχουν συμπεριληφθεί

⁹ <https://cutt.ly/WVEZHBr>, (19/08/2022).



“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”

σε καμία σύμβαση και οι κανόνες δεν εμπίπτουν σε αυτά, είναι τα πολεμικά. Σύμφωνα με το άρθ. 236 της UNCLOS, τα πολεμικά πλοία μπορούν να ελεγχθούν αποκλειστικά και μόνο από το κράτος αρμοδιότητάς τους για λόγους κρατικής ασφάλειας και η μόνη ενέργεια, που μπορεί να πραγματοποιηθεί, είναι η αίτηση απομάκρυνσης από τις θαλάσσιες περιοχές κυριαρχίας τους. Από έρευνες, που έχουν διεξαχθεί, δεν έχει παρατηρηθεί ιδιαίτερη συμβολή των ρύπων λειτουργίας ή ρύπων από ναυτικά ατυχήματα των πολεμικών πλοίων μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο (Hong et al., 2017).



3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΠΛΟΙΩΝ

3.1 ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Ο δείκτης σχεδιασμού ενεργειακής απόδοσης (Energy Efficiency Design Index, EEDI) αναπτύχθηκε μέσα από πολλές συνεδριάσεις και συστάσεις του IMO, αφού ήταν καθοριστική η ανάγκη δημιουργίας ενός δείκτη, που θα υπολόγιζε την εκπομπή ρύπων και θα παρείχε τη δυνατότητα υλοποίησης ενεργειών, οι οποίες ήταν σε θέση να προστατέψουν το περιβάλλον. Ο αρχικός στόχος της δημιουργίας του ήταν η άμεση μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (GhG), κυρίως στα φορτηγά πλοία αλλά και ευρύτερα στο ναυτιλιακό χώρο. Στη συνέχεια, όμως, φάνηκε πολύ βοηθητικό εργαλείο στον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κατά τον σχεδιασμό νέων πλοίων. Ειδικότερα, για τα νέα πλοία που σχεδιάζονταν, οι απαιτήσεις που υπήρχαν ήταν σε υψηλό επίπεδο, αφού έπρεπε άμεσα να βελτιωθεί η αποδοτικότητά τους, ωθώντας τους κατασκευαστές να εισηγηθούν νέες μεθόδους βελτίωσης της απόδοσης. Πιο συγκεκριμένα, τα νέα πλοία έπρεπε να παρουσιάζουν μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου τόσο ως προς τα παλαιότερα πλοία, όσο και συγκριτικά με το μέγεθος και τον τύπο του πλοίου, προς επίτευξη επιπλέον μείωσης (Tokuzlu, 2020).

Η σημασία του EEDI είναι μεγάλη, όχι μόνο για τη ναυτιλία και το περιβάλλον, αλλά και κοινωνικά. Νομοθετικά τίθεται συνεχώς υπόψη των υπευθύνων, κάθε φορά που επιθυμούν να εισάγουν μια νέα γραμμή πολιτικής ή να βελτιώσουν την παρούσα περιβαλλοντική κατάσταση. Αυτό το μέσο έχει εισαχθεί για να εξυπηρετήσει έναν σημαντικό σκοπό και να εγγυηθεί τη μείωση των εκπομπών αερίων προς όφελος όλων. Η λύση για την μείωση των εκπομπών είναι η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης ενός πλοίου· όσο πιο λειτουργικό ενεργειακά είναι και δεν επιβαρύνεται με συμπληρωματικές διαδικασίες τόσο πιο λίγα αέρια εκπέμπει στην ατμόσφαιρα. Ο IMO έχει θέσει έναν χρονικό στόχο μέχρι το 2050, ώστε να καταφέρει με νομοθετικά μέσα να ρυθμίσει την εκπομπή αερίων σε όλους τους τύπους πλοίων αλλά και να διατηρήσει σε προοδευτικούς ρυθμούς τα μέτρα, που λαμβάνονται για την ενεργειακή αποδοτικότητα και μείωση των αερίων. Με λίγα λόγια, έχει θέσει στόχους, που δεν θα καθυσχύσουν τους ενδιαφερόμενους αλλά θα τους δώσουν κίνητρο να βελτιώσουν τις συνθήκες, υπό τις οποίες κινούνται τα πλοία (Devanney & Beach, 2010).



Ο EEDI είναι υπεύθυνος για τον υπολογισμό της αναλογίας των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και του κόστους ενός πλοίου για τη μεταφορά φορτίου αλλά και τις λειτουργικές ανάγκες που προκύπτουν. Η βασική πηγή εκπομπών CO₂ είναι οι κύριες αλλά και οι βοηθητικές μηχανές ενός πλοίου, αλλά το ίδιο υπεύθυνες είναι και οι λειτουργίες που εξυπηρετούν δευτερεύοντες σκοπούς, όπως για παράδειγμα η ψύξη των μηχανών. Η λύση για τη μείωση των εκπομπών έχει προβληματίσει όλους τους ενδιαφερόμενους, από τους κυβερνητικούς παράγοντες έως τους εφοπλιστές. Η ανησυχία, πέραν από τη μόλυνση του περιβάλλοντος, που δεν αποτελεί αυτοσκοπό για όλους, είναι και η μείωση των δαπανών, που αντιστοιχούν στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Σύμφωνα με έρευνες, υπάρχουν μεγάλα περιθώρια εξέλιξης αν γίνουν προσπάθειες να βελτιστοποιηθεί ο τρόπος κατανάλωσης των καυσίμων, χρησιμοποιώντας νέες τεχνολογίες αλλά ακόμα και με την συνετή χρήση των υφιστάμενων διαθέσιμων τεχνικών μέσων. Μέσω της χρήσης της τεχνολογίας επιτυγχάνεται σημαντική μείωση των καυσίμων ενός πλοίου και κατ' επέκταση στην εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα. Ωστόσο, σύμφωνα με άλλη έρευνα, έχουν εντοπιστεί νέες τεχνικές μείωσης του CO₂, επιχειρώντας μείωση της ταχύτητας, βελτιώνοντας το δρομολόγιο του πλοίου και άλλα επιχειρησιακά μέτρα, που μπορούν να ληφθούν από τους εφοπλιστές ή τους διαχειριστές του πλοίου (Lindstad & Bø, 2018).

Μολαταύτα, ως δείκτης ο EEDI δεν είναι κατάλληλος για όλους τους τύπους πλοίων, αφού τα μη φορτηγά πλοία δεν πληρούν τις προϋποθέσεις υπολογισμού. Ωστόσο, χρησιμοποιείται και σε αυτή την κατηγορία πλοίων ως ένα αρχικό στάδιο του σχεδιασμού τους για την ενεργειακή απόδοση που θα πρέπει να εμφανίζουν. Η αρχική επιδίωξη του EEDI είναι να επιζητά από τους σχεδιαστές δημιουργίας νέων πλοίων να επιδείξουν τα πρώτα στοιχεία ενεργειακής απόδοσής τους· όταν ληφθούν όλα τα στοιχεία, δύναται να ξεκινήσουν οι συστάσεις για τη χρήση νέων τεχνολογικών μεθόδων προς βελτίωση της απόδοσης. Ακόμα, επιζητά τον διαχωρισμό των διαδικασιών, που συμβαίνουν σε ένα πλοίο, τις τεχνικές και τις σχεδιαστικές μεθόδους, αλλά και τις επιχειρησιακές από τις εμπορικές δράσεις, με σκοπό να ξεχωρίσει τα επίπεδα σχεδιασμού και να γίνει ξεκάθαρο ποιο σκοπό εξυπηρετεί κάθε δράση. Τέλος, είναι σε θέση να δημιουργήσει μια σύγκριση μεταξύ πλοίων που φέρουν τα ίδια χαρακτηριστικά κατά τον τύπο, το μέγεθος και τη δυνατότητα μεταφοράς φορτίου. Το σημαντικότερο βήμα, βέβαια, που προσπαθεί να εντάξει μέσα στη διαδικασία υπολογισμού του είναι η κατηγοριοποίηση των πλοίων, που επιχειρεί να κάνει, για να βελτιώσει την εξαγωγή υπολογισμών, όπως και την καλύτερη εξαγωγή



συμπερασμάτων. Όλες οι δράσεις, που επιχειρούνται μέσω του EEDI, στοχεύουν, πέραν από τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, στη ναυτιλία και στην διαμόρφωση ενός πλαισίου που θα επιτρέπει σε αυτό το χώρο να αναπτυχθεί με ασφάλεια και να υποδέχεται, μέσα από κανόνες, όλων των τύπων τα πλοία, που εξυπηρετούν παγκόσμια το εμπόριο και όχι μόνο. Είναι, όμως, ξεκάθαρο ότι ο EEDI επιτρέπει σε μεγάλο ποσοστό την παρέμβαση των σχεδιαστών ενός πλοίου είτε για να προτείνουν νέες τεχνολογίες είτε για να βελτιώσουν τις δομές και τα συστήματα, ώστε ο ίδιος να ασχολείται αποκλειστικά και μόνο με θέμα που αφορούν την ενεργειακή απόδοση του πλοίου και τους τρόπους επίτευξης αυτής. Μέσα στα προκαθορισμένα πλαίσια του EEDI οι σχεδιαστές μπορούν να υιοθετήσουν οποιαδήποτε πρακτική, εμπορική ή επιχειρησιακή, ώστε να επιτύχουν καλύτερα αποτελέσματα (Tokuslu, 2020).

3.2. ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΠΛΟΙΟΥ

Πέρα από τα κανονιστικά πλαίσια για την εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα πλοίο, που θέτει ο EEDI, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και άλλοι παράμετροι σχετικά με την λειτουργία ενός πλοίου. Το σχέδιο διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης πλοίου (Ships Energy Efficiency Management Plan, SEEMP) είναι ένα μέσο, το οποίο συμβάλει στη βελτίωση της εξοικονόμησης ενέργειας, με τρόπο αποδοτικό ως προς το κόστος. Ακόμη, παρέχει στις ναυτιλιακές επιχειρήσεις τρόπους, με τους οποίους θα μπορούν μεθοδολογικά να διαχειριστούν πέρα από τις βασικές λειτουργίες του πλοίου και τις λειτουργικές ανάγκες που έχει το πλοίο ή ο στόλος τους πιο γενικά. Μέσα στα πλαίσια της ανάπτυξης μιας μεθοδολογίας προς εξυπηρέτηση των ναυτιλιακών δημιουργήθηκε και ο λειτουργικός δείκτης ενεργειακής απόδοσης (Energy Efficiency Operations Indicator, EEOI), ο οποίος σχετίζεται με την μέτρηση της απόδοσης που προσφέρουν τα εκάστοτε καύσιμα σε ένα πλοίο όπως και την επίδρασή τους στις λειτουργικές αλλαγές, που θα πραγματοποιηθούν μελλοντικά κατά την προσπάθεια βελτίωσης του συστήματος (Acomi & Acomi, 2014).

Το SEEMP αναπτύσσεται μέσα από στάδια, τα οποία του επιτρέπουν κάθε φορά να έχει τον έλεγχο των διαδικασιών, που επιτελούνται, και να επιχειρεί αλλαγές σε περίπτωση που δεν εξάγονται τα επιθυμητά αποτελέσματα. Το πρώτο στάδιο του SEEMP είναι ο σχεδιασμός ενός πλάνου, στο οποίο αποκαλύπτεται αφενός η πραγματική ενεργειακή κατάσταση του πλοίου και αφετέρου παρουσιάζονται οι πρώτες προτάσεις για την βελτίωση



*“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”*

αυτής (MEPC, 2012). Σε αυτό το στάδιο σκοπός είναι να αποφασιστούν όλα τα κατάλληλα μέτρα, που μπορούν να ληφθούν, προς όφελος της επιχείρησης για τη βελτίωση των τεχνικών χαρακτηριστικών του πλοίου, τη λειτουργικότητα της επιχείρησης αλλά και την ανάπτυξη του ανθρώπινου δυναμικού, το οποίο θα αποτελέσει και την τελευταία γραμμή επιβολής των στόχων που θα τεθούν. Το δεύτερο στάδιο του σχεδίου επιδιώκει την εφαρμογή των μέτρων. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει οι υπεύθυνοι να έχουν λάβει αποφάσεις σχετικά με τα προτεινόμενα μέτρα, που θα ληφθούν, αλλά ταυτόχρονα να προχωρήσουν στη δημιουργία ενός κεντρικού μηχανισμού, που θα είναι υπεύθυνος για την ανάπτυξη των μέτρων και την τήρηση αυτών. Η σωστή ανάθεση των καθηκόντων έχει σημαντικό ρόλο για την ομαλή διεξαγωγή των διαδικασιών εφαρμογής, αφού απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό, το οποίο να είναι κατάλληλα καταρτισμένο για να αναλάβει τις αρμοδιότητες αυτές. Το σχέδιο διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης σε αυτό το στάδιο περιγράφει λεπτομερώς την εφαρμογή κάθε μέτρου μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό πλαίσιο, αφού αναγράφονται συνεχώς οι ημερομηνίες, που το μέτρο θα έχει ισχύ και στη συνέχεια πότε θα πάψει να έχει. Ο σκοπός αυτού είναι η καταγραφή της προόδου του μέτρου και η αξιολόγησή του σε μελλοντικό χρόνο. Αν αυτή η διαδικασία παραλειφθεί δεν θα είναι σε θέση η επιχείρηση να εντοπίσει τυχόν παραλείψεις, λάθη ή πλεονεκτήματα που έχει φέρει η επιλογή χρήσης ενός συγκεκριμένου μέτρου. Το επόμενο στάδιο αφορά την παρακολούθηση των μέτρων, καταγράφοντας τα ποσοστά βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης συστηματικά. Μέσω του ΕΕΟΙ έχουν δοθεί τα κατάλληλα εργαλεία για την ποσοτική μέτρηση της απόδοσης ενός πλοίου και τη συνεχή συλλογή δεδομένων για μελλοντικό έλεγχο των μέτρων που έχουν ληφθεί. Η απρόσκοπτη παρακολούθηση των αποτελεσμάτων δεν αποτελεί μόνο σύσταση του IMO αλλά και θεμελιώδη βάση για τη σωστή διαχείριση ενός στόλου, αφού μέσω της παρατήρησης μπορεί κανείς να διαπιστώσει εάν ένα μέτρο έχει τα επιθυμητά αποτελέσματα ή αν το προσωπικό που διαχειρίζεται συγκεκριμένο μέτρο είναι σε θέση να το εφαρμόσει σωστά. Τελευταίο, αλλά εξίσου σημαντικό στάδιο κατά τη διαχείριση ενός σχεδίου, είναι η αξιολόγηση και η βελτίωση των μέτρων, που έχει λάβει μια ναυτιλιακή επιχείρηση. Αφού διεξαχθούν όλες οι ενέργειες για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και εξαχθούν όλα τα συμπεράσματα είναι λογικό να υπάρξει μια αξιολόγηση για την διαδικασία ή για το μέτρο που λήφθηκε. Η σημασία της αξιολόγησης είναι διττή, αφενός να βοηθήσει στην κατανόηση του μέτρου και των πλεονεκτημάτων που επέφερε η εφαρμογή του σε ένα πλοίο και αφετέρου δημιουργεί μια βάση, πάνω στην οποία μπορούν να στηριχτούν οι υπεύθυνοι κατά τα πρώτα στάδια



“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”

δημιουργίας ενός πλοίου. Φαίνεται, λοιπόν ότι το SEEMP αποτελεί ένα διεθνώς ισχυρό εργαλείο, όχι μόνο για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης αλλά και να τον αρχικό σχεδιασμό ενός πλοίου, αφού με την κατάλληλη σχεδίαση και παρακολούθηση μπορεί να δημιουργήσει γερές βάσεις για να πατήσει το μέλλον της ναυτιλίας (MEPC, 2016). Όπως διαφαίνεται, το SEEMP και οι δείκτες EEOI και EEDI συνιστούν αλληλένδετα μέρη προς την κατεύθυνση της ενεργειακής απόδοσης ενός πλοίου.

Σχήμα 3.1: Σχέση SEEMP, EEOI και EEDI.



(Πηγή: <https://cutt.ly/FCusiVt>)

3.3 ΔΟΜΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΠΛΟΙΟΥ

Κάθε σχέδιο διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης πλοίου παρουσιάζει μία συγκεκριμένη δομή, η οποία είναι αποτέλεσμα οδηγιών, που έχει εκδώσει ο IMO, αναφορικά με την εξοικονόμηση ενέργειας. Τα δεδομένα, που πρέπει να περιέχει ένα τέτοιο σχέδιο, προκειμένου να χαρακτηρίζεται πλήρες είναι α) τα προσδιοριστικά στοιχεία του πλοίου, όπως η ονομασία και η σημαία του, β) τα αρμόδια όργανα, που οφείλουν να εφαρμόσουν τις παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας, τα προτεινόμενα μέτρα, που θα ληφθούν προς βελτίωση της ενεργειακής κατανάλωσης, το προβλεπόμενο χρονοδιάγραμμα υλοποίησης των εν λόγω εργασιών καθώς και τον προβλεπόμενο χρόνο παρατήρησης των ενεργειακών τους αποτελεσμάτων, γ) τις μεθόδους παρακολούθησης, δ) τον στόχο, που επιδιώκεται να επιτευχθεί μέσα από τις παρεμβάσεις αυτές, και, τέλος, ε) τους τρόπους αξιολόγησης της ανωτέρω διαδικασίας καθώς και των ενεργειακών παρεμβάσεων, που υιοθετήθηκαν προς βελτίωση του εν λόγω πλοίου (MEPC, 2016).



*“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”*

Πιο συγκεκριμένα, σε κάθε σχέδιο διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης πλοίου αρχικά απαιτείται να δηλώνονται τα μέλη του πληρώματος, τα οποία είναι αρμόδια για την εφαρμογή του σχεδίου αυτού. Τα μέλη, που αναλαμβάνουν συνήθως αυτή την ευθύνη, είναι ανώτατα μέλη της ιεραρχίας του πληρώματος, όπως ο Πλοίαρχος ή ο Α' Μηχανικός. Αυτοί, είτε από κοινού είτε κατά μόνας, λαμβάνουν γνώση του περιεχομένου του σχεδίου και απαιτείται όπως κατανοήσουν πλήρως τον σκοπό του καθώς και τις αρμοδιότητες στο πλαίσιο αυτού, που οι ίδιοι καλούνται να φέρουν εις πέρας. Στη συνέχεια, απαιτείται να δώσουν όλες τις απαραίτητες οδηγίες στους υφιστάμενούς του, προκειμένου εκείνοι να είναι σε θέση να υλοποιήσουν τις απαιτούμενες παρεμβάσεις προς ενεργειακή βελτίωση, τις οποίες προβλέπει το σχέδιο διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης πλοίου, καθώς και τα μέτρα, που έπονται των αρχικών αυτών ενεργειών. Το αρχείο καταγραφής μεταβολών πρέπει να τηρείται τακτικά κατόπιν κάθε μεταβολής, η οποία λαμβάνει χώρα. Επίσης, απαιτείται όπως τηρείται μια ετήσια καταγραφή των στόχων, οι οποίοι δύνανται να αναθεωρούνται κατ' έτος. Κάθε καταγραφή χρειάζεται να είναι λεπτομερής, έγγραφη και εγκεκριμένη από το αρμόδιο όργανο, αναφορικά με το εν λόγω πλοίο (MEPC, 2016).

Σημαντικό βήμα ως προς την κατανόηση του σχεδίου και την εφαρμογή αυτού είναι η εκπαίδευση του πληρώματος και η κατάρτισή του σε θέματα, που αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας ή/και την περιβαλλοντική προστασία. Η εκπαίδευσή τους συνιστά καθοριστικό βήμα για την εισαγωγή του σχεδίου διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης πλοίου, αφού με τον τρόπο αυτό θα κατανοήσουν πλήρως το ρόλο και τους στόχους του σχεδίου και θα συνδράμουν στην εφαρμογή του. Ομοίως και σε αυτή τη διαδικασία πρέπει να ορισθούν εξ αρχής οι υπεύθυνοι εκπαίδευσης, οι οποίοι και θα αναλάβουν την εκπαίδευση του πληρώματος σε αυτά τα ζητήματα, ταυτόχρονα όμως θα εκπαιδεύσουν και το προσωπικό της εταιρείας, αφού κρίνεται σημαντικό τόσο το προσωπικό ξηράς όσο και το πλήρωμα του πλοίου να έχουν τις ίδιες γνώσεις όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας, προκειμένου με τον τρόπο αυτό να πραγματοποιείται ουσιαστικότερος έλεγχος. Ειδικότερα, ως προς την εκπαίδευση του πληρώματος αποδίνεται ιδιαίτερη έμφαση, οπότε σε περίπτωση απουσίας κάποιους μέλους του πληρώματος κατά τη διαδικασία εκπαίδευσης, οι υπεύθυνοι αυτής υλοποιούν προς τα απόντα μέλη το μέρος της εκπαίδευσης που είχαν απωλέσει, έστω και συνοπτικά, προκειμένου να είναι ενήμεροι πριν την επιβίβασή τους στο πλοίο προς αναχώρηση (MEPC, 2016).



3.4 ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τα πλέον αποδοτικά μέτρα, που δύναται να υπάρξουν σε ένα πλοίο, προκειμένου να εξοικονομηθεί ενέργεια, λαμβάνονται κατά τη σχεδιαστική φάση του πλοίου. Επειδή όμως υπάρχουν πολλά πλοία σε λειτουργία, τα οποία δεν δύναται να αλλάξουν σχεδιασμό, μέσω σχεδίου διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης πλοίου δύναται να ληφθούν μέτρα, που άπτονται της λειτουργικότητας, των υιοθετούμενων νέων τεχνολογιών αλλά και των τεχνικών μέσων, προς εξυπηρέτηση του σκοπού του σχεδίου. Με την εξοικονόμηση ενέργειας προσδοκάται σημαντική μείωση των λειτουργικών εξόδων του πλοίου, αλλά ταυτόχρονα μείωση εκπομπών των ρύπων, που μολύνουν την ατμόσφαιρα και τα θαλάσσια ύδατα. Τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας δεν συνιστούν μια μεμονωμένη διαδικασία, αλλά μια συνδυασμένη δράση προς επίτευξη της επιθυμητής αποδοτικής λειτουργίας. Σύμφωνα με τον IMO (2009), προς επίτευξη μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα καθώς και των αερίων του θερμοκηπίου προκρίνονται οι ακόλουθες τέσσερις επιλογές δράσεων:

- 1) βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης,
- 2) χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας,
- 3) χρήση καυσίμων με μικρότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά τη διαδικασία της καύσης και
- 4) χρήση νέων τεχνολογιών, που βοηθούν στη μείωση εκπομπών αερίων.

Το πλέον σημαντικό, αναφορικά με τις ανωτέρω δράσεις, είναι ότι εισχώρησαν στο σύστημα περιβαλλοντικής προστασίας, ως προς τη μείωση των ρύπων, οι νέες τεχνολογίες και καινοτομίες, όπως τα εναλλακτικά καύσιμα, οι χημικές διεργασίες και τα ανανεώσιμα υλικά¹⁰. Ωστόσο, ομοίως οι προτεινόμενες ενέργειες διακρίνονται σε σχεδιαστικές και λειτουργικές (MEPC, 2010). Τα λειτουργικά μέτρα, τα οποία δύναται να υιοθετηθούν,

¹⁰ Π.χ. προωσθήριες μηχανές υγροποιημένου φυσικού αερίου (Liquefied Natural Gas, LNG), υβριδικά συστήματα πρόωσης LNG, κυψέλες καυσίμου – λόγω χάρη υδρογόνου, εγκαταστάσεις πλοίων με πυρηνική ενέργεια, χρήση μεθανόλης ως καύσιμο πλοίου. Συστήματα επεξεργασίας νερού έρματος. Πλοία με κοιλότητες αέρα ACS (Air Cavity Ships), αναδιαμόρφωση της βολβώδους πλώρης του πλοίου (X-BOW), βελτιώσεις στην απόδοση της προπέλας και των συστημάτων πρόωσης [προπέλες σταθερού βήματος (Fixed Pitch Propellers, FPP), αντίθετα περιστρεφόμενες προπέλες (Contra Rotating Propellers, CRPs), Azimuth προπέλες και συστήματα πρόωσης, πρόωση Azipod, συστήματα πρόωσης Voith Schneider], συστήματα καθαρισμού καυσαερίων πλοίου [υγρού καθαρισμού (Wet Scrubbers), υβριδικά συστήματα καθαρισμού (Hybrid Wet Scrubbers), ξηρού καθαρισμού (Dry Scrubbers)], σύστημα κοινού διανομέα καυσίμου (Common Rail System).



“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”

έχουν στόχο τη βέλτιστη διαχείριση ενέργειας και, συνήθως, λαμβάνονται από τον πλοίαρχο και τα υπόλοιπα αρμόδια μέλη του πληρώματος κατά τη διαδικασία σχεδιασμού του ταξιδιού. Βέβαια, οι στόχοι που τίθενται δεν είναι πάντα επιτεύξιμοι, καθώς υπάρχουν πολλοί ανασταλτικοί παράγοντες, οι οποίοι δύναται να επηρεάσουν το τελικό αποτέλεσμα, όπως τα διαθέσιμα κονδύλια ή οι ικανότητες του πληρώματος προς επίτευξη των εν λόγω στόχων. Τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με το είδος και την εγκατάσταση, στην οποία προτείνονται ως παρεμβάσεις. Μέτρα λαμβάνονται προς βελτιστοποίηση του ταξιδιού, της λειτουργίας του πλοίου, της διαχείρισης του καυσίμου, της χρήσης του μηχανολογικού εξοπλισμού και, τέλος, της λειτουργίας και της εκπαίδευσης του πληρώματος (Dewan et al., 2018).

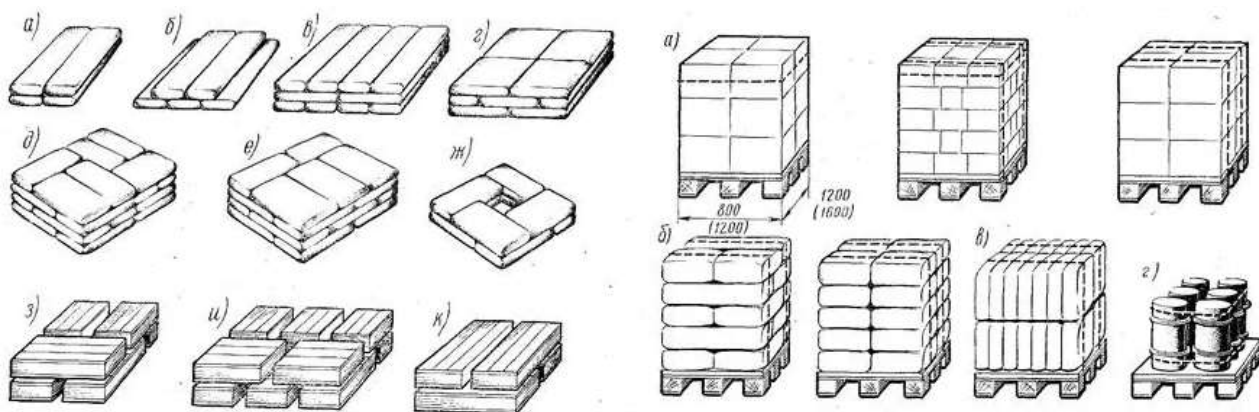
Για τη βελτιστοποίηση του ταξιδιού (voyage optimization) λαμβάνεται σοβαρά υπόψη η πρόγνωση καιρού (weather forecast). Κάθε πλοίο διαθέτει ηλεκτρονικό όργανο προς άμεση λήψη των δελτίων καιρού, προκειμένου να αποφεύγονται δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Θα ήταν χρήσιμος ο περαιτέρω εμπλουτισμός του συστήματος πρόγνωσης καιρού με ειδική εφαρμογή, η οποία θα προωθεί μέσω ηλεκτρονικού μηνύματος δεδομένα προς κάθε πλοίο αναφορικά με τις ημερήσιες προγνώσεις, τα οποία θα βοηθούν άμεσα κάθε πλοίαρχο να ανιχνεύσει τις περιοχές με τα σημαντικότερα προβλήματα καιρού και να επανασχεδιάσει το δρομολόγιο, ώστε να επιτύχει καλύτερη ταχύτητα πλεύσης και κατανάλωση ενέργειας του πλοίου. Άλλο μέτρο, που δύναται να ληφθεί προς βελτιστοποίηση του ταξιδιού, είναι η έγκαιρη άφιξη (Just In Time arrival, JIT). Προς επίτευξη αυτού χρειάζεται απρόσκοπτη και συνεχής επικοινωνία του πλοίου με την ξηρά (λιμενική αρχή), ώστε να εκτιμάται ο χρόνος άφιξης του πλοίου στο λιμάνι καθώς και ο έλεγχος διαθεσιμότητας για κράτηση θέσης ελλιμενισμού. Μέσω αυτής της επικοινωνίας ο πλοίαρχος κάθε πλοίου δύναται να λάβει πληροφορίες για την κατάσταση του λιμένος και να προβεί σε ρυθμίσεις ταχύτητας, προκειμένου ο χρόνος άφιξης του πλοίου στο λιμάνι να είναι ο κατάλληλος, ώστε να μην απαιτηθεί το πλοίο να τεθεί σε κατάσταση αναμονής έξω από το λιμάνι. Με αυτό το μέτρο θα αποφευχθεί η συμφόρηση στα λιμάνια και άρα ο χρόνος αναμονής του πλοίου, κατά τον οποίο θα γίνεται άσκοπη χρήση καυσίμων και εκπομπή αερίων. Ακόμη ένα αποδοτικό μέτρο δύναται να είναι ο σχεδιασμός ταξιδιού (voyage planning), ειδικά για πλοία που πραγματοποιούν υπερατλαντικά ταξίδια. Για τον καλύτερο σχεδιασμό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η προβλεπόμενη διαδρομή μέσω της χρήσης ορθοδρομίας (Great Circle Route, προς εύρεση της ελάχιστης απόστασης μεταξύ δύο



γεωγραφικών στιγμάτων) καθώς και η αξιοποίηση των μετεωρολογικών συνθηκών (weather routing), για παράδειγμα η πρόγνωση καιρού, τα θαλάσσια ρεύματα κλπ. Με τον πλήρη σχεδιασμό όλου του ταξιδιού δύναται εκ των προτέρων να ανιχνευτούν τα δυνητικά προβληματικά σημεία και άρα τα σημεία του σχεδιασμού, που επιδέχονται αλλαγών προς εξοικονόμηση ενέργειας / καυσίμου. Έτσι, επιχειρείται μια σημαντική προσπάθεια μείωσης εκπομπών ρύπων και κατανάλωσης καυσίμου, σύμφωνα με οδηγία του IMO (IMO, 2000).

Επιπλέον μέτρο εξοικονόμησης καυσίμου και μείωσης εκπομπών ρύπων συνιστά η βελτιστοποίηση της διαγωγής του πλοίου (Trim Optimization). Η βέλτιστη προσαρμογή είναι συγκεκριμένη για κάθε πλοίο, εξαρτάται από την ταχύτητα και το ρεύμα του πλοίου, ενώ η διαγωγή του πλοίου οδηγεί στην αντοχή του κύτους. Βελτιστοποίηση της διαγωγής ενός πλοίου βελτιώνει την απόδοση καυσίμου για ένα συγκεκριμένο σχέδιο και ταχύτητα. Μεταβολές στη διαγωγή ενός πλοίου υλοποιούνται με μεταβολή στη μέθοδο στοίβαξης του φορτίου (Σχήμα 3.2), με κατανομή του καυσίμου και με διαχείριση του θαλάσσιου έρματος (Σχήμα 3.3). Εκτός από το πλοίο, το έρμα αυξάνει την κατανάλωση καυσίμου, λόγω της αύξησης μετατόπισης του πλοίου. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται έως και 5% οικονομία καυσίμου. Το τμήμα επιχειρήσεων (Operations Department) της εταιρείας δύναται να πραγματοποιήσει τις κατάλληλες δοκιμές, προκειμένου να διαπιστώσει ποιος συνδυασμός μεθόδων ανά περίπτωση διαμορφώνει τη βέλτιστη διαγωγή του πλοίου (Söner, 2019; Wärtsilä, 2008).

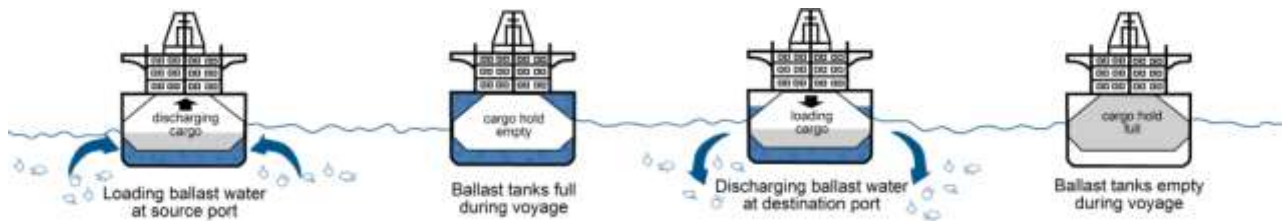
Σχήμα 3.2: Μέθοδοι στοίβαξης φορτίου.



(Πηγή: <https://rb.gy/epafxr>)



Σχήμα 3.3: Διαχείριση θαλάσσιου έρματος.



(Πηγή: <https://cutt.ly/3Cq0tg2>)

Πέραν του ερματισμού (ballasting), όπως σημειώθηκε ανωτέρω, επιπρόσθετα μέτρο, που δύναται να ληφθεί προς την κατεύθυνση αυτή, είναι η μειωμένη λειτουργία της αντλίας έρματος, προκειμένου να εξοικονομηθεί ενέργεια μέσω της βαρύτητας (Subhashini et al., 2017). Ωστόσο, ο πλοίαρχος οφείλει να είναι προσεκτικός σε αυτή την περίπτωση, διότι αυτό το μέτρο δεν ενδείκνυται σε περιπτώσεις που το πρωαίο βύθισμα του πλοίου βρίσκεται σε περιοχή υφάλου ή ψυχρού νερού. Ο συνδυασμός του μέτρου αυτού με τη βελτίωση της διαγωγής δύναται να επιτύχει μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας. Η μείωση ταχύτητας (slow steaming) πλεύσης και η λειτουργία του αυτόματου πιλότου (auto pilot) δύναται, επίσης, να αξιοποιηθούν ως μέθοδοι προς βελτιστοποίηση του ταξιδιού. Η μεν πρώτη προϋποθέτει τη συνεργασία του πλοιάρχου και του τμήματος επιχειρήσεων της ναυτιλιακής εταιρείας, διότι από κοινού πρέπει να αποφασίσουν τους στόχους της εταιρείας και πως αυτοί θα επιτευχθούν, ενώ η δεύτερη προϋποθέτει ήπιες καιρικές συνθήκες, διότι μόνο υπό αυτές τις περιστάσεις δύναται να επιτευχθεί καλύτερος έλεγχος της πορείας. Σε περιπτώσεις, που είναι αναγκαία η χρήση του πηδαλίου (για παράδειγμα κατά την προσέγγιση του λιμανιού), ο αυτόματος πιλότος δεν πρέπει να χρησιμοποιείται λόγω μη ικανότητας άμεσης ανταπόκρισης (Wiesmann, 2010).



“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”

Σχήμα 3.4: Βιοσυσσώρευση στη γάστρα και στα ύφαλα πλοίου.



(Πηγή: <https://cutt.ly/zCwLZWj>)

Εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα πλοίο δύναται, επίσης, να επιτευχθεί μέσω του καθαρισμού της γάστρας¹¹ (hull cleaning), του καθαρισμού της προπέλας (propeller polishing) και των υφαλοχρωμάτων¹² (paints). Πιο συγκεκριμένα, ο καθαρισμός της γάστρας του πλοίου ενδείκνυται προς υδροδυναμική βελτίωσή της και άρα μείωση της αντίστασης τριβής. Ο καθαρισμός προγραμματίζεται κατόπιν υποβρύχιου ελέγχου, όπου και διαπιστώνεται η ανάγκη απομάκρυνσης οστράκων και άλλων θαλάσσιων οργανισμών από τη γάστρα, στην οποία έχουν προσκολληθεί και αυξάνουν την αντίσταση τριβής (Song & Cui, 2020). Ακριβώς η ίδια διαδικασία υποβρύχιου ελέγχου υλοποιείται και στην περίπτωση καθαρισμού της προπέλας. Αν διαπιστωθούν μετρήσεις βιορύπανσης άνω του προβλεπόμενου ορίου, τότε πραγματοποιείται καθαρισμός της προς αύξηση της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου (Armstrong & Banks, 2015). Τέλος, η επιλογή υφαλοχρωμάτων πραγματοποιείται προκειμένου να μειωθεί η αντίσταση τριβής, διατηρώντας κατά το δυνατό πιο λεία την επιφάνεια της γάστρας. Η επιλογή των υφαλοχρωμάτων γίνεται από το τεχνικό τμήμα της εταιρείας, αναζητώντας την καλύτερη

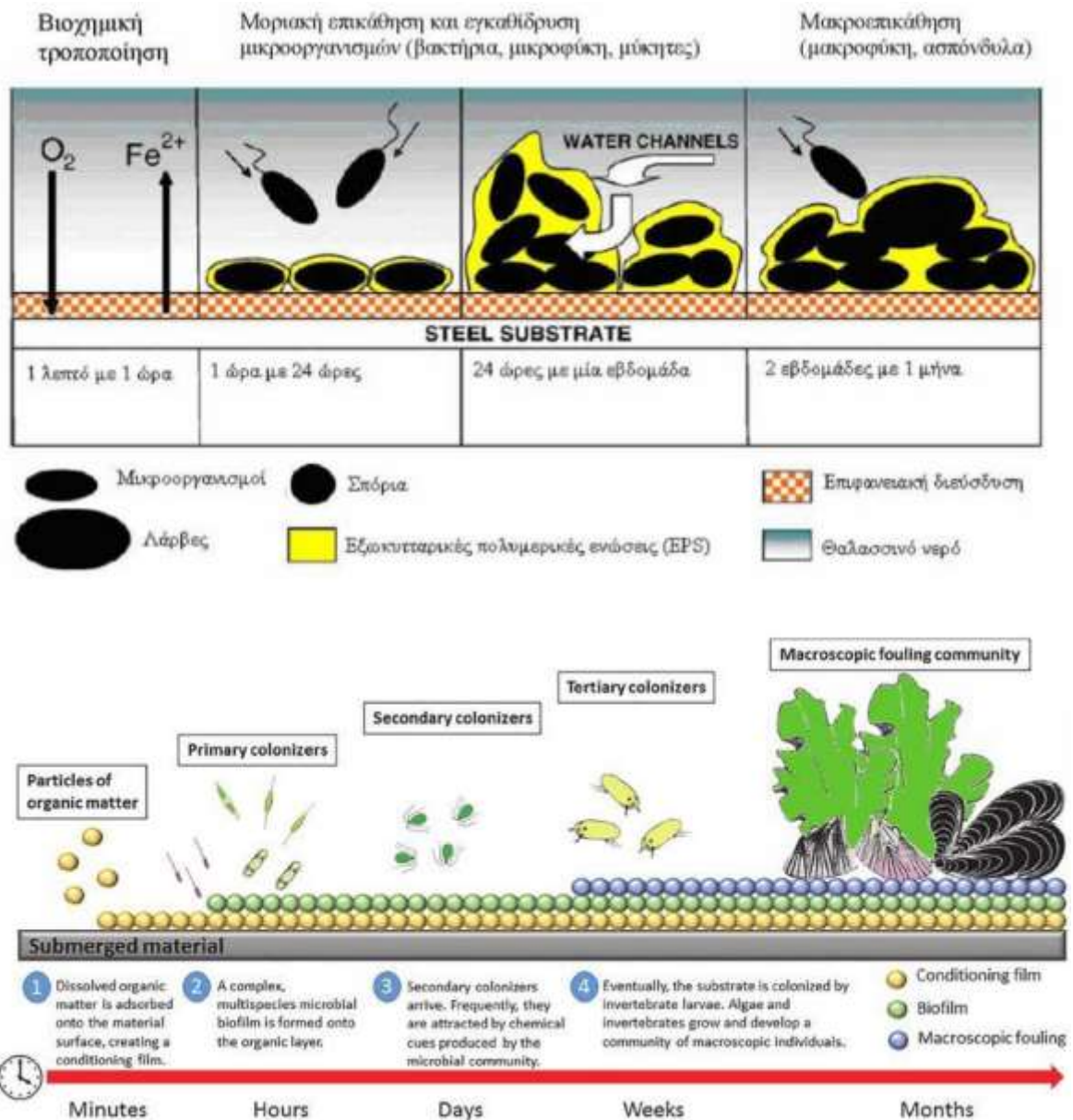
¹¹ Γάστρα ή κυρίως σκάφος (hull) συνιστά εκείνο, το οποίο περικλείεται από την τροπίδα (keel), το περίβλημα (shell) και το ανώτερο συνεχές υδατοστεγανό κατάστρωμα, που βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του νερού υπό κανονική ισορροπία πλεύσης του πλοίου σε ήρεμο νερό.

¹² υπάρχουν υφαλοχρώματα αδιάλυτης μήτρας (Insoluble Matrix Paints), υφαλοχρώματα διαλυτής μήτρας (Soluble Matrix Paints), αφαιρετικά υφαλοχρώματα (Ablative Paints) και αυτοκαθαριζόμενα συμπολυμερικά υφαλοχρώματα (Self Polishing Copolymers).



ποιότητα με αντιρρυπαντική επικάλυψη, προς μεγιστοποίηση της χρονικής περιόδου της επόμενης εφαρμογής τους (Almeida et al., 2007).

Σχήμα 3.5: Χρονική εξέλιξη και μηχανισμός βιορύπανσης.



(Πηγή: <https://cutt.ly/zCwLZWj>)



“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”

Η διαχείριση καυσίμων (Fuel Management) συνιστά ένα από τα πλέον σημαντικά μέτρα εξοικονόμησης, καθώς τα καύσιμα είναι από τις κύριες αιτίες μόλυνσης των θαλάσσιων υδάτων και εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα. Η μέτρηση καυσίμων (Fuel Oil measurement and reporting) και η ανάλυσή τους (Fuel Analysis), η χρήση πρόσθετων καυσίμου πετρελαίου (Use of Fuel Oil additives) και η παρακολούθηση των καταλοίπων του (Sludge Monitoring) αποτελούν μερικές μόνο από τις ενέργειες, που προσδοκούν τόσο στη βελτίωση της απόδοσης του πλοίου αλλά και στη συμμόρφωσή του ως προς τις οδηγίες του IMO, οι οποίες άπτονται της μείωσης των ρύπων. Η μέτρηση καυσίμων στο πλοίο γίνεται από τον Α΄ Μηχανικό, η οποία καταχωρείται σε –ορισμένο από το αρμόδιο τμήμα της ναυτιλιακής– αρχείο πετρέλευσης (bunkering)¹³ καθώς και στο σύστημα της εταιρείας. Στα εν λόγω σημεία ενημέρωσης ο Α΄ Μηχανικός οφείλει καθημερινά να καταγράφει τις μετρήσεις ροής του καυσίμου¹⁴ καθώς και τις εναπομείνουσες ποσότητές του στις δεξαμενές. Σε μηνιαία κλίμακα διεξάγεται σύγκριση των μετρήσεων, προκειμένου να ελέγχεται η ροή καυσίμου, ώστε να πραγματοποιούνται παρεμβάσεις σε περίπτωση που απαιτηθεί. Αναφορικά με την ανάλυση των καυσίμων, αυτή διεξάγεται βάσει συγκεκριμένου προτύπου ISO 8217¹⁵, αλλά και βάσει προδιαγραφών, που έχει εκδώσει ο κατασκευαστής της μηχανής. Η δειγματοληψία καυσίμου γίνεται κατά την πετρέλευση¹⁶, προκειμένου να ελεγχθεί αν οι ιδιότητες του ληφθέντος καυσίμου βρίσκονται εντός των προδιαγραφών, που έχουν προσυμφωνηθεί. Το δείγμα αποστέλλεται υποχρεωτικά σε ανεξάρτητο φορέα–εργαστήριο για ανάλυση, εκτός δηλαδή της ναυτιλιακής εταιρείας. Έως τη λήψη των αποτελεσμάτων του ποιοτικού ελέγχου, το παραληφθέν καύσιμο δεν χρησιμοποιείται, ενώ αρμόδιος του τεχνικού τμήματος οφείλει να ελέγξει τα αποτελέσματα της ανάλυσης [δείκτης κατώτερης θερμογόνου ικανότητας (Lower Calorific Value, LCV), Αλουμινίου-Πυριτίου (Al-Si), αρωματικότητας του άνθρακα (Calculated Carbon Aromaticity Index, CCAI), περιεκτικότητα του καυσίμου σε νερό]. Κατόπιν της ανάλυσης, προωθούνται τα αντίστοιχα στοιχεία στο πλοίο, ενημερώνοντας τον Α΄ Μηχανικό (Deling et al., 2020). Ως προς τη χρήση πρόσθετων καυσίμου πετρελαίου και την παρακολούθηση των καταλοίπων

¹³ γενικά ο ανεφοδιασμός του πλοίου με καύσιμα και συγκεκριμένα με πετρέλαιο.

¹⁴ μέτρηση προ της εισόδου του καυσίμου στη μηχανή και μέτρηση αφού αυτό εισέλθει σε αυτή. Τα δεδομένα των εν λόγω μετρήσεων συνδυάζονται προς υπολογισμό της αποτελεσματικότητας του καυσίμου. Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως κατανάλωση καυσίμου ανά ώρα σε κιλά (Kg/h) και ανά ημέρα σε τόνους (t/24h).

¹⁵ <https://cutt.ly/MCen3uw>, (19/08/2022).

¹⁶ διαδικασία, που υλοποιείται βάσει του κώδικα ασφαλούς διαχείρισης (ISM, <https://cutt.ly/oCySqnP>) και εξειδικεύεται για κάθε πλοίο



καυσίμου, οι σχετικές ενέργειες διεξάγονται από τον Α΄ Μηχανικό σε ετήσια βάση. Ο Α΄ Μηχανικός, προ της χρήσης πρόσθετων, οφείλει να έχει μελετήσει την αναφορά ανάλυσης καυσίμου καθώς και να έχει εποπτεία των δεξαμενών καυσίμων και της θέρμανσής τους, του συστήματος διήθησης και επεξεργασίας καυσίμου, προκειμένου να προχωρήσει στην εισαγωγή των κατάλληλων πρόσθετων, τα οποία θα βελτιώσουν την απόδοση του καυσίμου για καύση εντός των προδιαγραφών της κατασκευάστριας εταιρείας (Yu et al., 2020).

Ως προς τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του μηχανολογικού εξοπλισμού (Machinery Optimization), διατίθενται μια σειρά μέτρων, τα οποία πρέπει να εξετάζονται σε κάθε ταξίδι του πλοίου από τον Α΄ Μηχανικό, σύμφωνα με τις οδηγίες που υπάρχουν στο εγχειρίδιο (manual) του κατασκευαστή. Βασική συνιστώσα της διαδικασίας αυτής συνιστά ο έλεγχος και η ορθή λειτουργία / συντήρηση της κύριας μηχανής (Main Engine). Μέτρο επίτευξης ενεργειακής απόδοσης στη λειτουργία της κύριας μηχανής συνιστά και η μείωση της ταχύτητας πλεύσης του πλοίου (slow streaming). Ως μέτρο είναι ιδιαίτερα αποδοτικό σε σχέση με τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, διότι, σύμφωνα με έρευνες, μείωση ταχύτητας κατά 23%¹⁷ δύναται να επιτύχει μείωση κατανάλωσης καυσίμου στο ήμισυ, οπότε και επιτυγχάνονται λιγότερες εκπομπές ρύπων (Baldasso et al., 2019). Έτερο μέτρο συνιστά η συντήρηση του συστήματος πρόωσης (Propulsion system maintenance), η οποία πρέπει να γίνεται τακτικά και να ενσωματώνεται στο Σύστημα Προγραμματισμένης Συντήρησης (Planned Maintenance System, PMS) της ναυτιλιακής εταιρείας. Σε κάθε έλεγχο και πράξη συντήρησης πρέπει να ενημερώνεται το αντίστοιχο σύστημα συντήρησης (Karlsen, 2012). Όπως σημειώθηκε και ανωτέρω, η σωστή λειτουργία της κύριας μηχανής δύναται να βελτιώσει την απόδοση του πλοίου, οπότε και η κάθε εταιρεία προβαίνει σε άμεση παρακολούθηση της απόδοσης της κύριας μηχανής (Main Engine Performance Monitoring) κάθε πλοίου της (Gkerikos et al., 2019). Σε μηνιαία βάση λαμβάνει χώρα συστηματική παρακολούθηση της απόδοσης αυτής, μέσω των εκθέσεων απόδοσης ταξιδιού κάθε πλοίου. Με τον έλεγχο των δεδομένων αυτών δύναται να προσδιοριστεί η ακριβής απόδοση του πλοίου, οπότε και να προκριθεί το κατάλληλο μείγμα παρεμβάσεων, υπό το συντονισμό του Α΄ Μηχανικού και του τεχνικού τμήματος της εταιρείας. Παρόμοια αποτελέσματα επιτυγχάνει η αποκοπή του ενός υπερσυμπιεστή

¹⁷ σε 17 από 23 κόμβους



(Turbocharger Cut-out)¹⁸ καθώς και η αξιοποίηση των βοηθητικών μηχανών¹⁹. Τα λοιπά μέτρα, που δύναται να προταθούν, χαρακτηρίζονται ως επικουρικά των ανωτέρω, αφού η υιοθέτησή τους μπορεί να παραληφθεί. Τέτοια μέτρα είναι ο έλεγχος του λέβητα καυσαερίων (Exhaust gas Boiler), της αποδοτικότητας εγκατάστασης ατμού (Steam Plant efficiency), του συστήματος ψύξης προμηθειών (Provision Refrigeration System), του μηχανισμού πηδαλίου (Steering Gear), του φωτισμού (Lighting) ή των ανεμιστήρων (Fans). Μέσω της κατάλληλης διαχείρισης των ανωτέρω, μια ναυτιλιακή δύναται να εξοικονομήσει πόρους από την περιοδικότητα συντήρησης αυτών των εγκαταστάσεων ή/και να επιτύχει καλύτερα ποσοστά απόδοσης του καυσίμου (Baldasso et al., 2019).

Τέλος, αλλά όχι τελευταίο, σημαντικό βήμα προώθησης της ιδέας της εξοικονόμησης και της απόδοσης ενέργειας είναι η κατάρτιση του πληρώματος και η ευαισθητοποίησή τους σε θέματα ενεργειακής απόδοσης. Με την ορθή εκπαίδευση (training) του πληρώματος σε τέτοια ζητήματα δύναται μια ναυτιλιακή να επιτύχει πιο αποδοτικά αποτελέσματα, αφού το πλήρωμα διαχειρίζεται το σύνολο των συστημάτων του πλοίου, οπότε είναι το μόνο που μπορεί να εφαρμόσει τις παρεμβάσεις εξοικονόμησης, οι οποίες κάθε φορά αποφασίζονται. Ταυτόχρονα, όμως, πρέπει να λαμβάνει χώρα τακτικός έλεγχος τόσο του πλοίου όσο και των εγκαταστάσεων της εταιρείας, προκειμένου να ανιχνεύονται τα προβληματικά σημεία και να προκρίνονται οι διορθωτικές κινήσεις προς βελτίωση των επιθυμητών παραμέτρων. Ο τακτικός έλεγχος και η αναβάθμιση του συστήματος καταγραφής και οδηγιών συνδράμει το έργο των αρμοδίων οργάνων στην αξιολόγηση των δεδομένων καταγραφής και ταυτόχρονα στην κατανόηση των οδηγιών από το πλήρωμα, το οποίο και εν τέλει καλείται να τις εκτελέσει (Jensen et al., 2018).

¹⁸ από την κύρια μηχανή, με αποτέλεσμα την αύξηση των στροφών ανά λεπτό των άλλων υπερσυμπιεστών, αυξάνοντας τη θερμοκρασία του αέρα και άρα της αποδοτικότητας των υπερσυμπιεστών, δίνοντας περισσότερο αέρα στη διαδικασία καύσης του καυσίμου. Σημειώνεται ότι ως μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για μηχανές με περισσότερους υπερσυμπιεστές.

¹⁹ οι οποίες, για παράδειγμα, συνεχίζουν τη λειτουργία τροφοδοσίας με ενέργεια των βοηθητικών συστημάτων του πλοίου, καθώς και τού εξοπλισμού, που χρησιμοποιείται για τη διαχείριση του φορτίου καθ' όλη τη διάρκεια του ελλιμενισμού του πλοίου. Σε αυτή την φάση οι ενεργειακές απαιτήσεις παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές ανάμεσα σε πλοία διαφορετικού τύπου, με τα κρουαζιερόπλοια και τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων να παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες καταναλώσεις.



3.4.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Βασικά κίνητρα, προκειμένου οι ναυτιλιακές επιχειρήσεις να ακολουθήσουν την οδό της ενεργειακής διαχείρισης προς μείωση των εκπομπών, πέρα από τους κανονισμούς, είναι τα οικονομικά. Κάθε ναυτιλιακή επιχείρηση επιδιώκει μια αποδοτική διαχείριση καυσίμων και τη συστηματική εύρεση λύσεων προς μείωση της κατανάλωσής τους. Διεθνώς η έρευνα για την εύρεση νέων τεχνολογιών, οι οποίες θα εξυπηρετήσουν αυτό τον σκοπό έχει εντατικοποιηθεί, ειδικότερα τα τελευταία χρόνια, που προκύπτουν ενεργειακά ζητήματα. Ο σημαντικός ρόλος, που διαδραματίζει η ναυτιλία στο παγκόσμιο εμπόριο, αλλά και οι απαιτήσεις άμεσης αντιμετώπισης της περιβαλλοντικής κρίσης στα θαλάσσια οικοσυστήματα, έχει ανοίξει το δρόμο για την εισαγωγή καινοτομιών τόσο στον εξοπλισμό όσο και στη διαδικασία ναυπήγησης. Αυτές οι καινοτομίες βρίσκουν συνήθως εφαρμογή στα ποντοπόρα πλοία, χωρίς να αποκλείονται οι υπόλοιπες κατηγορίες. Οι επενδύσεις σε αυτή την κατηγορία πλοίων ευνοείται σημαντικά, λόγω του μεταφερόμενου φορτίου τους, της απόστασης, που έχουν να διανύσουν, του κέρδους, που αποφέρουν, καθώς και του χρόνου αναμονής για νέες ναυπηγήσεις. Πιο συγκεκριμένα, οι αλλαγές στη διαχείριση καυσίμων απαιτούν σαφώς λιγότερο χρόνο και χρήμα συγκριτικά με μια ναυπήγηση ενός νέου πλοίου. Έτσι, οι νέες τεχνολογίες λαμβάνουν περισσότερης προσοχής και εκτίμησης από τις ναυτιλιακές επιχειρήσεις, που επιθυμούν να αναβαθμίσουν τον στόλο τους ενεργειακά, επιτυγχάνοντας εξοικονόμηση καυσίμων και οικονομικών πόρων.²⁰

Οι πλέον συχνές τεχνολογίες, οι οποίες υιοθετούνται προς βελτίωση της αποδοτικότητας καυσίμων, είναι το σύστημα προπέλας με πτερύγια (Propeller Boss Cap Fins, PBCF – Σχήμα 3.6)²¹ και η διάταξη Becker Mewis Duct (Σχήμα 3.7)²². Ως τεχνολογίες μπορούν να επιτύχουν ενεργειακή εξοικονόμηση της τάξεως του 1-8%, αποτελώντας μεγάλο πλεονέκτημα για έναν υφιστάμενο στόλο, αυξάνοντας έτσι τον ωφέλιμο χρόνο ζωής ενός πλοίου. Δεδομένου ότι οι εργασίες για την ενσωμάτωση των νέων αυτών τεχνολογιών απαιτεί την απόσυρση του πλοίου για μεγάλο χρονικό διάστημα από την ενεργό δράση, οι εργασίες αυτές εντάσσονται στο γενικό πλαίσιο αποκατάστασης ενός πλοίου, το οποίο

²⁰ <https://cutt.ly/UCDVu80>, (19/08/2022).

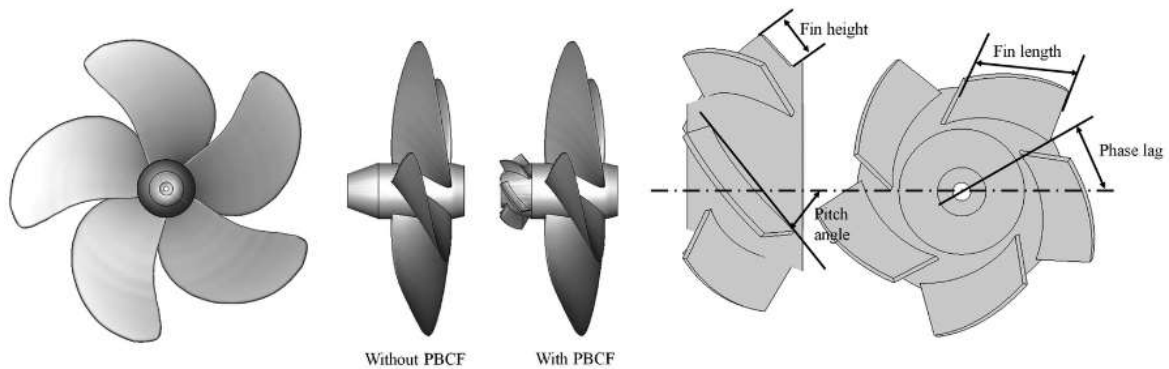
²¹ χρήση μικρών πτερυγίων, τα οποία αντικαθιστούν την πλήμνη της έλικας.

²² <https://cutt.ly/FCD65MM>, 19/08/2022). Τοποθετείται μπροστά από την προπέλα προς βελτίωση της ροής των απόνερων προς αυτήν, τη μείωση των απωλειών στρέψης και την αύξηση του φορτίου στην εσωτερική ακτίνα της προπέλας, προς απομείωση των δινών. Βρίσκει εφαρμογή σε tankers και containers, δηλαδή σε ταχύτητες λειτουργίας έως 20 κόμβων.



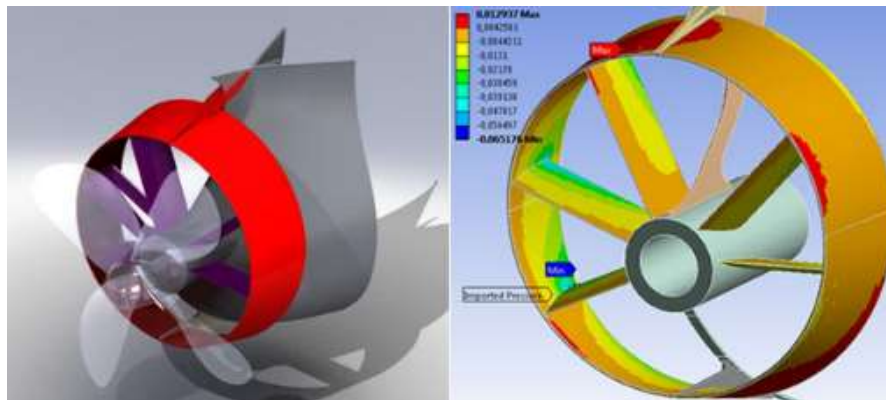
λαμβάνει χώρα περίπου ανά πενταετία. Με αυτό τον τρόπο η υιοθέτηση νέων τεχνολογιών μπορεί να καταστεί οικονομικά βιώσιμη για τις ναυτιλιακές επιχειρήσεις (Nojiri et al., 2011; Gougoulidis & Vasileiadis, 2015).

Σχήμα 3.6: Τεχνολογία PBCF.



(Πηγή: <https://cutt.ly/8CD5gFk>)

Σχήμα 3.7: Διάταξη Becker Mewis Duct.



(Πηγή: <https://cutt.ly/wCFwcf>)

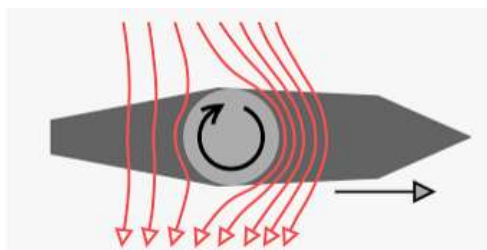
Η επιλογή του υγροποιημένου φυσικού αερίου (Liquefied Natural Gas, LNG) συνδυάζει δυο βασικά πλεονεκτήματα: την χαμηλή εκπομπή αερίων ρύπων και την οικονομικότερη τιμή αγοράς. Η χρήση του μετρά ήδη αρκετά χρόνια (από το 2001) και κερδίζει συνεχώς έδαφος έναντι άλλων επιλογών. Ως επιλογή εδράζεται στην ηλικία του πλοίου και στη συχνότητα των δρομολογίων που εκτελεί. Δεν αποτελεί λύση για πλοία, τα οποία έχουν χαμηλό υπόλοιπο επιχειρησιακής ζωής ή εκτελούν ταξίδια σε κοντινές αποστάσεις, διότι ο χρόνος αναμονής για την μετατροπή του πλοίου είναι μεγάλος όπως επίσης και η επένδυση υψηλή. Ωστόσο, όσες ναυτιλιακές επιχειρήσεις επιθυμούν τη



μετατροπή του πλοίου τους, μπορούν να προχωρήσουν σε αυτή, αποσκοπώντας σε μακροπρόθεσμη απόσβεση (Balcombe et al., 2021).

Ακόμη μια τεχνολογία προς την κατεύθυνση διαχείρισης ενέργειας και καυσίμων ενός πλοίου συνιστά η υιοθέτηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η σκέψη αυτή δεν είναι καινούργια, αφού παλαιότερα τα πλοία χρησιμοποιούσαν την αιολική ενέργεια, κυρίως στις ακτοπλοϊκές μεταφορές. Ωστόσο, το 1920 ο Γερμανός μηχανικός Anton Flettner ανέπτυξε την ιδέα υιοθέτησης της αιολικής πρόωσης σε όλους τους τύπους πλοίων. Η ιδέα του εδράζονταν σε περιστρεφόμενους κυλίνδρους, οι οποίοι θα ήταν τοποθετημένοι στο κατάστρωμα του εκάστοτε πλοίου, οπότε και με τη βοήθεια του φαινομένου Magnus, θα δημιουργούνταν διαφορά πίεσης, ώστε να παραχθεί ενέργεια, που θα συνδράμει στην κίνηση του πλοίου. Η ιδέα αυτή δεν υλοποιήθηκε τότε, καθώς η τεχνολογία υλικών εκείνης της εποχής δεν είχε αναπτυχθεί αρκετά, με αποτέλεσμα το βάρος των κυλίνδρων αυτών να επιβραδύνει το πλοίο. Ωστόσο, με την εξέλιξη της τεχνολογίας και της χρήσης ανθρακονήματος, το οποίο είναι αρκετά πιο ελαφρύ, η αιολική πρόωση εφαρμόζεται πλέον πιλοτικά, επιτυγχάνοντας μείωση κατανάλωσης καυσίμων κατά 10-30%, σε πλοία κατόπιν μετατροπής, και μέχρι 50%, σε νεότευκτα πλοία. Η αιολική πρόωση δύναται να αποσβέσει οικονομικά εντός τριετίας από την εφαρμογή της, λόγω της μεγάλης εξοικονόμησης καυσίμων, την οποία επιτυγχάνει.²³

Σχήμα 3.8: Φαινόμενο Magnus στην αιολική πρόωση.



(Πηγή: <https://cutt.ly/2CFa6Ro>)

Η εφαρμογή εναλλακτικών μορφών ενέργειας και καυσίμων αποδεικνύεται δύσκολη υπόθεση, λόγω της μακράς χρήσης πετρελαίου για περισσότερο από έναν αιώνα στη ναυτιλία. Όμως, η μετατροπή των υφιστάμενων πλοίων δεν απαιτεί μόνο τη θέληση των ναυτιλιακών επιχειρήσεων αλλά και την ύπαρξη των απαιτούμενων κεφαλαίων για το

²³ <https://cutt.ly/VCSbn7W>, (19/08/2022).



σκοπό αυτό. Όμως, η εύρεση των κεφαλαίων δεν είναι εύκολη υπόθεση, καθώς οι περισσότερες ναυτιλιακές επιχειρήσεις επιδιώκουν άμεσα αποτελέσματα των επενδύσεών τους, χωρίς να χάνεται πολύτιμος χρόνος, όπου το πλοίο θα μπορούσε να είναι στην ενεργό δράση. Επίσης, σημαντικό ρόλο στην υιοθέτηση νέων τεχνολογιών διαδραματίζουν οι υποδομές των ναυπηγείων όπως και η εξειδίκευση, που έχει το προσωπικό για να τις εφαρμόσει. Μέχρι στιγμής κύριο μέλημα των ναυτιλιακών επιχειρήσεων ήταν η συμμόρφωση με τους κανονισμούς, χωρίς να κατανοούν εις βάθος τα προβλήματα, που συνεπάγεται η έλλειψη διαχείρισης της ενέργειας και των καυσίμων ειδικότερα. Δίνοντάς τους, όμως, ως κίνητρο την οικονομική ελάφρυνσή τους, προχωρούν στη διαδικασία έρευνας, ανάπτυξης και εφαρμογής νέων τεχνολογιών, που μειώνουν σημαντικά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της ναυτιλίας στο θαλάσσιο οικοσύστημα και αυξάνουν τον επιχειρησιακό χρόνο ζωής των πλοίων. Η διεθνής κοινότητα θα πρέπει, για να επιτευχθεί η προσδοκία του IPCC για μείωση των ρύπων μέχρι το 2030, να δράσει άμεσα (Reuß, 2009; IPCC, 2014)

3.5 ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΤΡΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Προκειμένου να επιτευχθεί άμεσα και αποδοτικά το σχέδιο διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης πλοίου, χρειάζεται συστηματική παρακολούθηση (Monitoring) των μέτρων, τα οποία υιοθετούνται προς την κατεύθυνση αυτήν. Η μέτρηση αποτελεσματικότητας των μέτρων είναι βασισμένη σε ποσοτικά δεδομένα και πραγματοποιείται μέσω εργαλείων παρακολούθησης. Ένα τέτοιος δείκτης παρακολούθησης είναι και ο ΕΕΟΙ (Energy Efficiency Operations Indicator), όπως προτείνεται και ορίζεται από τον IMO. Ο ΕΕΟΙ τυγχάνει ευρείας αναγνώρισης διεθνώς, καθώς αποδεικνύεται χρήσιμος και ταυτόχρονα χρηστικός κατά τη διαδικασία αξιολόγησης. Φυσικά, οι εταιρείες είναι ελεύθερες να χρησιμοποιήσουν ποικίλα μέσα παρακολούθησης. Οι περισσότερες χρησιμοποιούν συνδυαστικά τον δείκτη ΕΕΟΙ με ένα ολοκληρωμένο ηλεκτρονικό σύστημα, το οποίο ενσωματώνει όλα τα στοιχεία σε μια αναφορά, ώστε να είναι συνεχώς διαθέσιμα προς παρακολούθηση και αξιολόγηση από την εταιρεία (Sun et al., 2020).

Ο έλεγχος επιτυγχάνεται μέσα από διακριτές φάσεις: τον υπολογισμό του ΕΕΟΙ, της αποδοτικότητας πρόωσης (Propulsion Efficiency), της ολίσθησης (Slip) και, τέλος, της δοκιμής της απόδοσης (Performance Trial). Ο ΕΕΟΙ είναι ένας δείκτης, ο οποίος



“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”

υπολογίζεται βάσει των δεδομένων, που καταγράφει το πλήρωμα του πλοίου για κάθε ταξίδι, αναφορικά με τη συνολική κατανάλωση καυσίμου πετρελαίου, την απόσταση που έχει διανύσει το πλοίο και το μεταφερόμενο φορτίο. Σε ετήσια βάση χορηγούνται πιστοποιητικά ΕΕΟΙ στον στόλο των πλοίων της εταιρείας, για τα οποία η τελευταία τα έχει εγγράψει στο σχετικό πρόγραμμα της κλάσης. Για την παρακολούθηση της αποδοτικότητας πρόωσης, χρειάζεται σε καθημερινή βάση το πλήρωμα να συλλέγει δεδομένα, που άπτονται της κατανάλωσης καυσίμου της κύριας μηχανής, της διανυόμενης απόστασης, της μέσης ισχύος της κύριας μηχανής, των στροφών της μηχανής ανά λεπτό και των καιρικών συνθηκών, που επικρατούν στην περιοχή πλεύσης του πλοίου. Αξιοποιώντας αυτά τα δεδομένα δύναται το τεχνικό τμήμα να εκτιμήσει την κατάσταση τόσο της γάστρας όσο και της κύριας μηχανής, σε σχέση με τα σχεδιαστικά μεγέθη, και άρα της απόδοσης του συστήματος πρόωσης. Καταγράφοντας καθημερινά τα δεδομένα της πραγματικής ταχύτητας, όπως αυτή υπολογίζεται σύμφωνα με το GPS, και τη θεωρητική ταχύτητα, βάσει του βήματος της προπέλας, δύναται να υπολογισθεί η ολίσθηση και συνάμα να εκτιμηθεί η κατάσταση της γάστρας, για λόγους καλύτερης απόδοσης. Επιπλέον, σε μηνιαία βάση λαμβάνει χώρα δοκιμή απόδοσης της κύριας μηχανής, με τις αντίστοιχες μετρήσεις να προωθούνται στο αρμόδιο τμήμα της ναυτιλιακής προς αξιολόγηση και λήψη πρόσθετων μέτρων, εάν απαιτηθεί. Πραγματοποιούνται επιπρόσθετες επιθεωρήσεις των αρχιμηχανικών επί του πλοίου, κατά τις οποίες λαμβάνονται μετρήσεις απόδοσης, που συνεκτιμώνται αναλόγως (Sun et al., 2020).



4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΠΛΟΙΩΝ

4.1 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

Μια ενεργειακή επιθεώρηση έχει ως σκοπό τον υπολογισμό του ενεργειακού φορτίου του πλοίου, του λειτουργικού του αποτυπώματος (operational pattern), της ενεργειακής του απόδοσης, των χαρακτηριστικών ενεργειακής κατανάλωσης των κυριότερων συστημάτων του πλοίου καθώς και των επιχειρησιακών και λειτουργικών πρακτικών και χειρισμών του πληρώματος, που επηρεάζουν την εν πλω ενεργειακή κατανάλωση του πλοίου. Η ενεργειακή επιθεώρηση έχει ως στόχο τον ορισμό και υπολογισμό δεικτών ενεργειακής κατανάλωσης (Key Performance Indicators, KPIs), προκειμένου κατόπιν να συγκριθούν με τιμές αναφοράς από τα δοκιμαστικά ταξίδια του πλοίου πριν την παράδοσή του (sea trials) ως προς τα στοιχεία του πλοίου με τις μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις. Αυτοί οι δείκτες ενεργειακής κατανάλωσης δύναται να αξιοποιηθούν προς σύγκριση με άλλες μελλοντικές μετρήσεις, ανιχνεύοντας έτσι εγκαίρως περιπτώσεις κινδύνων επιδείνωσης, που ενδεχομένως απαιτούν άμεσες διορθωτικές παρεμβάσεις. Τέτοιοι δείκτες ενεργειακής κατανάλωσης μπορεί να είναι, για παράδειγμα, η ειδική κατανάλωση καυσίμου (Specific Fuel Oil Consumption, SFOC) της κύριας μηχανής, ο συντελεστής φορτίου, χρησιμοποίησης και ισχύος της γεννήτριας και των ηλεκτρικών κινητήρων, καθώς και η κατανάλωση καυσίμου²⁴. Επιπλέον, η ενεργειακή επιθεώρηση έχει ως στόχο να αναδειξεί προοπτικές εξοικονόμησης ενέργειας (Energy Saving Potentials, ESPs). Αυτές ανιχνεύονται, συγκρίνοντας την ενεργειακή απόδοση του πλοίου καθώς και τις συνήθειες πρακτικές του πληρώματος με αντίστοιχα πρότυπα (standard) του κλάδου και προτεινόμενες βέλτιστες πρακτικές. Οι προοπτικές εξοικονόμησης ενέργειας καθορίζονται από μία κατάταξη, βάση της βιωσιμότητάς τους και της οικονομικής τους εκτίμησης (Cost Benefit Analysis, CBA). Ο σκοπός των ανωτέρω εκτιμήσεων είναι να διαμορφώσουν μια τάξη μεγέθους του αντίστοιχου κόστους καθώς και χρόνου των απαιτούμενων εργασιών. Ειδικά, σε περιπτώσεις, όπου απαιτείται ένα σημαντικό ποσό προς επένδυση, απαιτείται λεπτομερής ανάλυση, αναζήτηση και μοντελοποίηση, πριν εν τέλει την υιοθέτηση των εν λόγω προτάσεων (von Knorring, 2019).

²⁴ ανά μίλι ή ανά μετρικό τόνο μεταφερόμενου φορτίου



4.2 ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

Από πολύ νωρίς ο ΙΜΟ είχε διαπιστώσει ότι είναι καθοριστικής σημασίας η ανάγκη να τεθεί ένα συγκεκριμένο πλαίσιο στην εκπομπή αερίων του διοξειδίου του άνθρακα αλλά και των αερίων που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι ενέργειές του ήταν άμεσες, ωστόσο στην προσπάθειά του να διαπιστωθούν ποιες θα είναι οι πιο αποδοτικές λύσεις στο πρόβλημα των εκπομπών αερίων, αναδείχθηκε η επιλογή της εξοικονόμησης ενέργειας. Μελέτες διαπίστωσαν ότι αν η ενέργεια ενός πλοίου, τόσο από βασικές όσο και δευτερεύουσες λειτουργίες του, μειωθεί αισθητά, τότε αμέσως παρατηρείται μια σταδιακή μείωση εκπομπών αερίων. Όλες οι προσπάθειες των ενδιαφερομένων μερών εστίασαν στον εντοπισμό λύσεων προς βελτίωση της ενεργειακής διαχείρισης. Η ενεργειακή διαχείριση συνιστά συνειδητή περιβαλλοντική αφετηρία, όμως είναι ξεκάθαρο ότι με τη σωστή ενεργειακή διαχείριση επιτυγχάνονται και βελτιωμένες οικονομικές επιδόσεις, αφού με τον τρόπο αυτό οι ναυτιλιακές εταιρείες δύναται να απολάβουν μελλοντικά περισσότερα κέρδη. Ο στόχος της ενεργειακής διαχείρισης δεν είναι εύκολα επιτεύξιμος, αφού προς τούτο απαιτείται οργάνωση, συντονισμός και πρόληψη. Η ενεργειακή διαχείριση πλοίων πρέπει να αφορά συγκεκριμένα πεδία, τα οποία έχουν καθοριστεί από τον ΙΜΟ και έχει υπολογιστεί ότι συνδράμουν για ένα βιώσιμο μέλλον της θαλάσσιας ζωής. Μολονότι φαντάζει εύκολη διαδικασία, παρουσιάζει δυσκολία διότι η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας δεν θα πρέπει να ισοδυναμεί με χαμηλή απόδοση ή ποιότητα υπηρεσιών, τουναντίον θα πρέπει να συμβάλει στη βελτίωση του στόλου, στην προστασία και συντήρηση του εξοπλισμού και, τέλος, στη μείωση χρήσης νερού²⁵ (Joseph & Dalaklis, 2021).

Το βασικότερο μέσο για την επίτευξη ενεργειακής απόδοσης είναι ο ενεργειακός έλεγχος και γι' αυτό το σκοπό έχουν δημιουργηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση διάφορα πρότυπα, μέσω των οποίων δύναται να επιτυγχάνεται ουσιαστικός ενεργειακός έλεγχος, που εναρμονίζεται με τους νόμους, που έχουν ήδη θεσπιστεί και αφορούν τα επιτρεπτά επίπεδα εκπομπών αερίων ρύπων. Το πιο διαδεδομένο πρότυπο είναι το ΕΛΟΤ EN ISO 50001 του 2011. Το πρότυπο αυτό παρέχει ένα σύστημα διαχείρισης ενέργειας, μαζί με τις απαιτήσεις και τις οδηγίες χρήσης του, προκειμένου να πραγματοποιηθεί ο σκοπός αυτός. Το πρότυπο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη διαδικασία του ενεργειακού ελέγχου και με αυτό είναι

²⁵ για το σύνολο των απαιτούμενων δράσεων λειτουργίας του πλοίου



πλήρως εναρμονισμένο το άρθρο 10 του Ν. 4342/2015, που συνηθίζεται να χρησιμοποιείται διεθνώς από μεγάλες επιχειρήσεις προς επίδιωξη εξαίρεσης του συστηματικού κρατικού ελέγχου, εφαρμόζοντας εσωτερικό ενεργειακό έλεγχο σύμφωνα με αυτό το πρότυπο. Στο πρότυπο αυτό, ωστόσο, υφίσταται ένα μειονέκτημα, καθώς γίνεται η εισαγωγή απαιτήσεων μιας ενεργειακής ανασκόπησης, με δράσεις που κινητοποιούν τον ενεργειακό έλεγχο, αλλά στην πραγματικότητα δεν υπάρχει ταύτιση με αυτόν. Συγκεκριμένα, στην παράγραφο 4.4 του ISO 50001 τίθεται μια γραμμή βάσης της κατανάλωσης ενέργειας, που λειτουργεί ως προϋπόθεση συμμόρφωσης της εκάστοτε ελεγχόμενης οντότητας με το πρότυπο, ωστόσο δεν παρέχονται περισσότερες λεπτομέρειες, που να καθιστούσαν την οδηγία συγκεκριμένη, οπότε και επαφίεται στην ευχέρεια κάθε ελεγχόμενης οντότητας να προχωρήσει σε εφαρμογές, που εναρμονίζονται με τον Ν. 4342/2015 (Marimon & Casadesús, 2017).

Επικουρικά του προτύπου ISO 50001 έχουν δημιουργηθεί και άλλα, τα οποία λειτουργούν ως επιπλέον μέτρα, προκειμένου να επιτευχθεί ένας ολοκληρωμένος ενεργειακός έλεγχος. Το 2014 δημιουργήθηκε το πρότυπο ISO 50002²⁶, το οποίο παρείχε οδηγίες για τις διαδικασίες, που απαιτούνται, αλλά και τις μεθόδους, που πρέπει να λάβουν υπόψη τους οι εμπειρογνώμονες, προκειμένου να διεξάγουν έναν ενεργειακό έλεγχο. Το πρότυπο αυτό ήρθε να συμπληρώσει την παράγραφο 4.4 του ISO 50001 και να καλύψει τις απαιτήσεις σχεδιασμού μιας διαδικασίας, σύμφωνα με την οποία θα διεξάγεται ένας έλεγχος. Όπως ήταν λογικό, το πρότυπο αυτό δεν προέβλεπε υποχρεωτικότητα, όμως δημιούργησε τις βάσεις για να ξεκινήσει μια ουσιαστική συζήτηση, η οποία θα έθετε το πλαίσιο διεξαγωγής ενός ενεργειακού ελέγχου, που θα καθόριζε τον τρόπο με τον οποίο θα λαμβάνονται τα στοιχεία για την ανάλυση, τον τρόπο διεξαγωγής της αυτοψίας από τους ελεγκτές αλλά και τον τρόπο με τον οποίο θα διατυπώνεται η ενεργειακή έκθεση. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν τα πρότυπα ISO 50003²⁷ και ISO 50004²⁸, τα οποία αποτελούν συστήματα διαχείρισης, που καθορίζουν τις απαιτήσεις ενεργειακών ελέγχων για την έκδοση πιστοποιητικών και παρέχουν οδηγίες, με σκοπό να διευκολυνθεί η συντήρηση του εξοπλισμού όπως και τρόπους, με τους οποίους θα επιτυγχάνεται η βελτίωση του συστήματος διαχείρισης. Οι πιο σημαντικές προσθήκες στο πρότυπο ISO 50001 είναι τα

²⁶ <https://cutt.ly/CXVQL5L>, (19/08/2022).

²⁷ <https://cutt.ly/wXVEZcn>, (19/08/2022).

²⁸ <https://cutt.ly/4XVEMpR>, (19/08/2022).



πρότυπα ISO 50006²⁹ και 50015³⁰. Αμφότερα τα δύο αυτά πρότυπα παρείχαν σημαντικές οδηγίες για τη μέτρηση της ενέργειας, που απαιτείται για τη διενέργεια βασικών λειτουργιών αλλά και τον ορισμό των ενεργειακών βάσεων, σύμφωνα με τις οποίες θα επιτευχθεί η ορισμένη ενεργειακή επίδοση. Πιο συγκεκριμένα, αυτά τα πρότυπα ενεργειακής διαχείρισης προσδιόρισαν συγκεκριμένα τα πεδία ελέγχου όπως και τα όρια, τα οποία θα καθόριζαν την ενεργειακή επίδοση. Επίσης, για πρώτη φορά παρουσιάζονταν οι κύριοι παράγοντες, που είναι υπεύθυνοι για την κατανάλωση ενέργειας, και μέσω της παρουσίας τους θα ήταν δυνατή και η βελτίωση αυτής της κατανάλωσης. Ως ξεχωριστά πρότυπα, όμως, το ISO 50006 εστιάζει κυρίως στον τομέα των μετρήσεων ενέργειας και βοηθάει στον καθορισμό συγκεκριμένων δεικτών ενεργειακής επίδοσης, ενώ το ISO 50015 ασχολείται κυρίως με τη διαδικασία των μετρήσεων και τον τρόπο, που μπορεί η ενεργειακή εξοικονόμηση να επαληθευτεί (Marimon & Casadesús, 2017).

Άλλα πρότυπα, που είναι συνδεδεμένα με την εξοικονόμηση ενέργειας και χρησιμοποιούνται διεθνώς, είναι το IPMVP (International Performance Measurement and Verification Protocol)³¹, το πρότυπο ASHRAE14 (American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Guideline 14-2014)³² και τα πρότυπα του ΕΛΟΤ EN 16247³³. Το πρότυπο IPMVP εκδόθηκε σε τρεις φάσεις: το 2002, το 2012 και το 2016. Αποτελεί ένα διεθνές πρότυπο μέτρησης και επαλήθευσης της ενεργειακής απόδοσης, συνέχεια του NAMVP (North American Monitoring and Verification Protocol)³⁴, που εκδόθηκε το 1996. Περιλαμβάνει τεχνικές εφαρμογής για κάθε είδος παρέμβασης αλλά και τεχνικές για την εκτίμηση της αβεβαιότητας, οπότε και χρησιμοποιείται διεθνώς ως μέσο για τη διεξαγωγή ενεργειακών ελέγχων αλλά και ως επίσημο κανονισμό σε πλήθος χωρών. Το πρότυπο ASHRAE14, το οποίο εκδόθηκε το 2002, παρέχει την πιο ολοκληρωμένη βάση για την μέθοδο μέτρησης και υπολογισμού της επιτευχθείσας εξοικονόμησης ενέργειας, ενώ έθεσε τις βάσεις, για πρώτη φορά, στη διατύπωση αναλυτικής στατιστικής μεθόδου προς εκτίμηση της αβεβαιότητας της ενέργειας που εξοικονομείται. Ειδικότερα, η έκδοση

²⁹ <https://cutt.ly/TXVRKhn>, (19/08/2022).

³⁰ <https://cutt.ly/JXVRNWWY>, (19/08/2022).

³¹ <https://cutt.ly/sXVUwyd>, (19/08/2022).

³² <https://cutt.ly/XXVUa5m>, (19/08/2022).

³³ <https://cutt.ly/oVE9paY>, (19/08/2022).

³⁴ <https://cutt.ly/JXVUVzD>, (19/08/2022).



του 2014 έχει θέσει τα θεμέλια για να εκδοθούν τα εγχειρίδια ενεργειακών ελέγχων διεθνώς (Garrett & New, 2016).

Τέλος, εξίσου σημαντικά είναι και τα πρότυπα της σειράς ΕΛΟΤ EN 16247 (16247-5), τα οποία περιλαμβάνουν με λεπτομέρειες όλες τις γενικές απαιτήσεις όπως και τις διαδικασίες, που είναι απαιτούμενες για τη διαχείριση ενέργειας. Παρουσιάζουν ομοιότητες με το πρότυπο ISO 50002, ωστόσο είναι πιο συγκεκριμένα και καλύπτουν όλες τις κατηγορίες, στις οποίες απαιτούνται να γίνουν παρεμβάσεις προς καλύτερη εξοικονόμηση. Με αυτή τη σειρά προτύπων καθορίστηκαν όλα τα πλαίσια για τον ενεργειακό έλεγχο, για το ρόλο και τις υποχρεώσεις του ενεργειακού ελεγκτή όπως και για τη διαδικασία συλλογής στοιχείων, μέσω της οποίας θα επιτευχθεί ο έλεγχος. Ακόμα, η σειρά προτύπων ΕΛΟΤ EN 16247 ορίζει όλες τις ενδιάμεσες διαδικασίες μέχρι τη συλλογή και ανάλυση των στοιχείων και περιλαμβάνει όλες τις απαιτήσεις της ενεργειακής προσαρμογής, χωρίς όμως να καθορίζει συγκεκριμένα το όριο και τους περιορισμούς της αβεβαιότητας, αφού ο ενεργειακός ελεγκτής μπορεί να προχωρήσει στον καθορισμό αυτής σε συνεργασία με τον ελεγχόμενο φορέα.

4.2.1 ΠΡΟΤΥΠΟ ISO 50001

Το πρότυπο ISO 50001 συνιστά ένα χρήσιμο εργαλείο, για κάθε επιχείρηση ή οργανισμό, που επιθυμεί να αποκτήσει δικό του σύστημα διαχείρισης ενέργειας. Το πρότυπο δίνει τη δυνατότητα να καθιερωθεί εσωτερικά της επιχείρησης ή του οργανισμού ένα σύστημα και μια σειρά διαδικασιών, που είναι απαραίτητα, σύμφωνα με τους κανονισμούς και τις οδηγίες του IMO αναφορικά με την ενεργειακή διαχείριση. Σκοπός του προτύπου αυτού είναι να καθιερώσει ένα πλαίσιο, μέσα στο οποίο θα επιδιώκεται η ενεργειακή απόδοση ως προς τη χρήση των εγκαταστάσεων, την κατανάλωση καυσίμων καθώς και τη συνολική κατάσταση του οργανισμού. Με την εφαρμογή του προτύπου επιτυγχάνεται σταδιακή μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και αερίων του θερμοκηπίου (GhG) καθώς και μια μακροπρόθεσμη μείωση του λειτουργικού κόστους, οφέλη που δύναται να επιτευχθούν μόνο μέσω της ενεργειακής διαχείρισης. Όλες οι απαιτήσεις για τη σύσταση ενός ολοκληρωμένου συστήματος ενεργειακής διαχείρισης περιλαμβάνονται στο εν λόγω πρότυπο. Σύμφωνα με αυτές, αναπτύσσονται και



εφαρμόζονται οι στόχοι, που τίθενται από τον οργανισμό, προκειμένου να δρομολογηθεί μια πολιτική ενεργειακής απόδοσης (Johnson et al., 2013).

Η ενεργειακή διαχείριση, που προτείνει το πρότυπο, περιέχει κυρίως διορθωτικές δράσεις, οι οποίες δύναται να αποτελέσουν καθημερινές ενέργειες του πληρώματος και όχι μέτρα, που λαμβάνονται άπαξ. Οι ενέργειες αυτές βασίζονται σε σχέδιο βάσει του μοντέλου PDCA (Plan-Do-Check-Act), επιδιώκοντας τη συνεχή βελτίωση προς επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων. Το εν λόγω σχέδιο PDCA ορίζει ως στόχο την υλοποίηση ενεργειακής ανασκόπησης και τον σχεδιασμό ενός ολοκληρωμένου σχεδίου δράσεων προς βελτίωση της απόδοσης, καθορίζοντας συγκεκριμένες γραμμές ενεργειακής βάσης, θέτοντας στόχους και δείκτες ενεργειακής επίδοσης (Energy Performance Indicators, EnPIs). Στη συνέχεια, εφαρμόζονται οι δράσεις του σχεδίου αυτού, λαμβάνονται μετρήσεις, παρακολουθείται τόσο το σύνολο της διαδικασίας όσο και επιμέρους πτυχές αυτής, ενώ εντοπίζονται και οι στόχοι, που δεν δύναται να επιτευχθούν. Το τελικό στάδιο του σχεδίου περιλαμβάνει τη βελτίωση των διαδικασιών, σε περίπτωση που εντοπιστούν δυσχέρειες στο σύστημα, αλλά και τη συνεχή προσπάθεια για τον ορισμό νέων στόχων (Johnson et al., 2013).

Σχήμα 4.1: Μοντέλο PDCA.



(Πηγή: <https://cutt.ly/jCuU48v>)

Με την εγκαθίδρυση του προτύπου στον τρόπο λειτουργίας του οργανισμού, απαιτείται όπως λάβουν χώρα κάποιες δεσμεύσεις εκ μέρους του οργανισμού αναφορικά με τη συνεχή οικονομική υποστήριξη του συστήματος διαχείρισης καθώς και την ανάληψη της απαραίτητης προσοχής από τη διοίκηση, προκειμένου να επιτευχθούν οι αρχικοί στόχοι



*“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”*

περί συνεχούς βελτίωσης. Προς εκπλήρωση αυτής της δέσμευσης απαιτείται η θέσπιση μιας σαφούς ενεργειακής πολιτικής, η ανάδειξη ενός μέλους της διοίκησης, το οποίο θα είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο και την εφαρμογή της πολιτικής αλλά και την ίδρυση μιας ομάδας, υπεύθυνης για θέματα ενεργειακής διαχείρισης. Ο οργανισμός οφείλει να παρέχει στην ομάδα αυτή ικανό εξοπλισμό καθώς και κάθε αναγκαίο πόρο, προκειμένου να εφαρμόζει, ή ακόμη και να βελτιώσει περαιτέρω, το υιοθετηθέν σύστημα ενεργειακής διαχείρισης και απόδοσης. Το μέλος της διοίκησης, που έχει οριστεί από αυτή ως εκπρόσωπός της στο πλαίσιο της διαδικασίας αυτής, φέρει αυξημένες ευθύνες, πρέπει συνεπώς να έχει τα κατάλληλα προσόντα, προκειμένου να είναι σε θέση να τις διαχειριστεί. Αρχικά, πρέπει να ελέγχει συνεχώς ότι πράγματι το σύστημα διαχείρισης βρίσκεται σε λειτουργία κατά τον ονομαστικό τρόπο, σύμφωνα δηλαδή με τις απαιτήσεις του προτύπου. Στη συνέχεια, σε συμφωνία με τη διοίκηση του οργανισμού, καλείται να ορίσει την ομάδα προσώπων, που θα τον πλαισιώσουν και από κοινού θα δραστηριοποιηθούν στα ζητήματα της ενεργειακής διαχείρισης. Μηνιαίως φέρει την υποχρέωση κατάθεσης μιας αναφοράς προς τη διοίκηση του οργανισμού αναφορικά με την επίτευξη των στόχων ενεργειακής επίδοσης και διαχείρισης καθώς και τον ορισμό νέων μέτρων, τα οποία απαιτείται να ληφθούν κάθε φορά προκειμένου να αυξηθούν τα επίπεδα ενεργειακής διαχείρισης και επίδοσης. Κύριο μέλημά του, ωστόσο, συνιστά η διασφάλιση ότι η ενεργειακή πολιτική, που έχει χαραχθεί από τη διοίκηση του οργανισμού, εξυπηρετείται από τους ενεργειακούς στόχους, οι οποίοι έχουν τεθεί. Αυτή η διασφάλιση είναι ιδιαίτερα σημαντική για τον οργανισμό, αφού βάσει αυτών των στόχων, που τίθενται στο πλαίσιο του προτύπου, υπάγεται στις περιπτώσεις εξαιρέσεως από τις ενεργειακές επιθεωρήσεις. Αν ο οργανισμός δεν λειτουργεί βάσει των στόχων, που έχουν τεθεί, τότε παύει η βάση του προτύπου διαχείριση ενέργειας. Ακόμη, το μέλος αυτό της διοίκησης ορίζει τις αρμοδιότητες της ομάδας, που τον πλαισιώνει, προς διευκόλυνση της όλης αυτής διαδικασίας, καθώς και τα κριτήρια, σύμφωνα με τα οποία επιλέγονται οι απαραίτητες ενέργειες. Επιπλέον, μέσα στις αρμοδιότητές του είναι να ελέγχει τακτικά το σύστημα διαχείρισης, είτε σε επίπεδο προσωπικού είτε σε επίπεδο διαδικασιών. Λαμβάνοντας τη θέση αυτή με ευθύνη, για την ευημερία του οργανισμού, και ενσυναίσθηση, για τα περιβαλλοντικά ζητήματα, το μέλος αυτό της διοίκησης μπορεί να εισηγηθεί την καθιέρωση μιας ολοκληρωμένης και αποδοτικής ενεργειακής πολιτικής. Η εν λόγω πολιτική, που θα οριστεί από τη διοίκηση του οργανισμού, είναι συνάρτηση των στόχων, τους οποίους επιδιώκει να επιτύχει ο οργανισμός, οικονομικά και ενεργειακά, αλλά των επεμβάσεων, που έχει καθορίσει ο IMO στο πλαίσιο της προστασίας του



περιβάλλοντος. Το διοικητικό συμβούλιο του οργανισμού έχει την υποχρέωση να χαράξει μια πολιτική ενεργειακής διαχείρισης, η οποία διασφαλίζει τη συμφωνία τόσο με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς όσο και με τους όρους του προτύπου, που έχουν ορισθεί. Επίσης, η πολιτική του οργανισμού τον δεσμεύει άμεσα σε μια συνεχή βελτίωση της ενεργειακής επίδοσης αλλά και την παροχή πληροφοριών, προκειμένου να αξιολογείται τακτικά η προσπάθειά του προς βελτίωση. Ακόμη, απαιτείται να διασφαλιστεί ότι ο οργανισμός, που ασκεί την εν λόγω πολιτική, συμμορφώνεται απόλυτα στο νομικό πλαίσιο και οι επιδιώξεις του οργανισμού κινούνται προς όφελος του κοινωνικού συνόλου και όχι μονάχα προς όφελος του ιδίου του οργανισμού. Τέλος, είναι εξίσου σημαντικό τα μέτρα, που λαμβάνονται, και οι επενδύσεις, που προτείνονται για βελτίωση του συστήματος ενεργειακής διαχείρισης, να εμπεριέχουν την υιοθέτηση υπηρεσιών και προϊόντων, που προέρχονται από ή σχετίζονται με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή έχουν δημιουργηθεί πιο αποδοτικά ή βελτιώνουν την αποδοτικότητα. Η επιλογή υλικών χαμηλής ή μέτριας απόδοσης δεν αντανακλά περιβαλλοντική συνείδηση και δεν συνάδει με την ενεργειακή πολιτική, την οποία επιδιώκει κάθε οργανισμός που επιθυμεί να υιοθετήσει το συγκεκριμένο πρότυπο (Howell, 2014; Poveda-Orjuela et al., 2019).

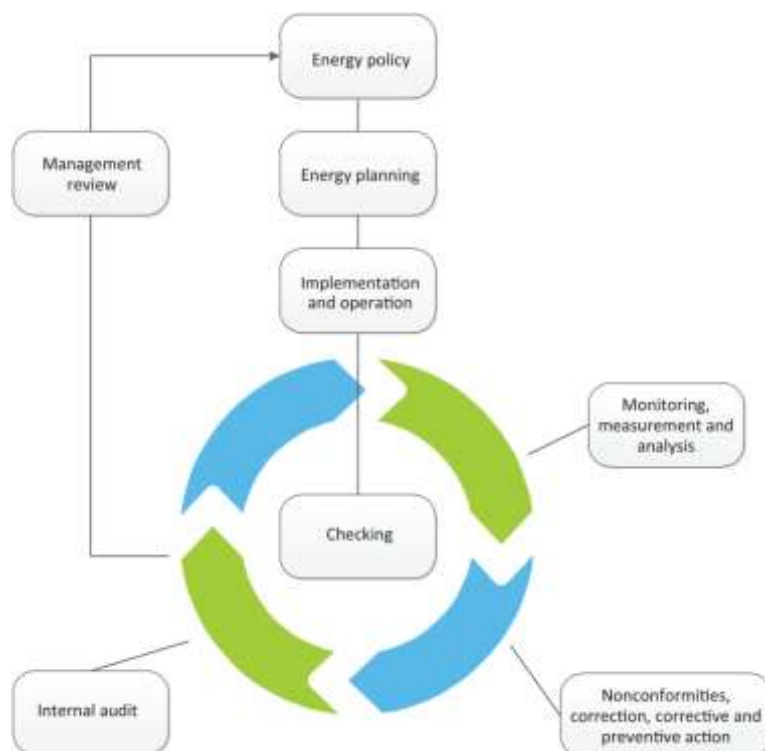
Στο σημείο αυτό, προς περαιτέρω κατανόηση του συγκεκριμένου προτύπου, παρατίθεται συνοπτική επεξήγηση της ορολογίας, που σε αυτό χρησιμοποιείται (Poulsen & Johnson, 2016):

- Διοίκηση συνιστά είτε το πρόσωπο είτε η ομάδα προσώπων, που διευθύνει έναν οργανισμό, μια επιχείρηση ή μια εταιρεία, και καθορίζει την εφαρμογή του προτύπου ενεργειακής διαχείρισης.
- Οργανισμός (organization) είναι οποιαδήποτε ιδιωτική ή δημόσια επιχείρηση/ εταιρεία, που έχει στη διάθεσή της λειτουργίες, που καταναλώνουν ενέργεια.
- Ενεργειακή πολιτική (Energy policy) είναι η δήλωση του οργανισμού ως προς την κατεύθυνση, την οποία θα υιοθετήσει, σε σχέση με τους σκοπούς και τους στόχους της ενεργειακής επίδοσης, όπως αυτή καθορίζεται από τη διοίκηση και τους κανονισμούς του IMO.
- Σύστημα ενεργειακής διαχείρισης (Energy Management System, EMS) είναι οι συνολικές ενέργειες, που υλοποιεί ένας οργανισμός, προκειμένου να καθιερώσει την ενεργειακή του πολιτική καθώς και οι διαδικασίες, προκειμένου να επιτύχει το σκοπό του.



- Ενεργειακή γραμμή βάσης (Energy baseline) συνιστούν οι ποσοτικοποιημένες αναφορές, οι οποίες θέτουν τη βάση για πραγματοποίηση εποικοδομητικής σύγκρισης της ενεργειακής επίδοσης. Η ενεργειακή γραμμή βάσης καλύπτει μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο και εξομαλύνεται με τη χρήση μεταβλητών, οι οποίες ασκούν επιρροή στην ενεργειακή χρήση και κατανάλωση. Επίσης, είναι ιδιαίτερα χρήσιμη μετά τη λήψη μέτρων βελτίωσης της απόδοσης για τον υπολογισμό της ενεργειακής εξοικονόμησης.
- Ενεργειακή απόδοση (energy efficiency) είναι η ποσοτική σχέση μεταξύ μιας υπηρεσίας, επίδοσης, προϊόντος ή ενέργειας του οργανισμού ως προς την παρεχόμενη ενέργεια.
- Ενεργειακή ανασκόπηση (energy review) είναι η ανάλυση της υφιστάμενης χρήσης ενέργειας από τον οργανισμό βάσει μετρήσεων και άλλων δεδομένων, προκειμένου ακολούθως να προσδιοριστούν οι περιοχές σημαντικής χρήσης ενέργειας (Significant Energy Uses, SEUs) και να ιεραρχηθούν οι δυνατότητες βελτίωσης της ενεργειακής επίδοσης.

Σχήμα 4.2: Μεθοδολογία EMS.



(Πηγή: Johnson et al., 2013)



4.2.2 ΕΛΟΤ EN ISO ΤΗΣ ΣΕΙΡΑΣ 17740

Τα πρότυπα κατά ΕΛΟΤ EN ISO της σειράς 17740 αναπτύχθηκαν προκειμένου να διαμορφωθεί ένα πλαίσιο υλοποίησης μετρήσεων, που πρέπει να διεξάγονται κατά τη διάρκεια της ενεργειακής επιθεώρησης, αλλά και υπολογισμών, που λαμβάνουν χώρα κατόπιν, ώστε να εκτιμάται η κατανάλωση ενέργειας και η εξοικονόμηση αυτής. Το πρότυπα, που περιλαμβάνονται στη σειρά, είναι (Therkelsen et al., 2016):

- το ISO 17741:2016, το οποίο περιλαμβάνει γενικούς τεχνικούς κανόνες για τον τρόπο που διεξάγεται μια μέτρηση, τον υπολογισμό αυτής και την επαλήθευση της εξοικονόμησης ενέργειας (ΕξΕ)³⁵.
- το ISO 17742:2015 καλύπτει το γενικό πλαίσιο της ενεργειακής απόδοσης και τον υπολογισμό, που διενεργείται, στο πλαίσιο της εξοικονόμησης ενέργειας για χώρες, περιοχές και πόλεις³⁶.
- το ISO 17743:2016 εμπεριέχει το κανονιστικό πλαίσιο της εξοικονόμησης ενέργειας, τη μεθοδολογία του υπολογισμού της και τους τρόπους σύνταξης της έκθεσης ΕξΕ³⁷.
- το ISO/FDIS 17747 παρέχει τον προσδιορισμό της εξοικονόμησης ενέργειας, κυρίως στους οργανισμούς που επιθυμούν να την εισάγουν στη λειτουργία τους³⁸.

Πιο αναλυτικά, το ISO 17741 συστήνει μια μεθοδολογία ανάλογη εκείνης του IPMVP (International Performance Measurement and Verification Protocol) προς ανάλυση ζητημάτων εξοικονόμησης ενέργειας σε έργα, όμως, σχετικά με ζητήματα αβεβαιότητας παραπέμπει προς το IPMVP. Στο εν λόγω πρότυπο διαμορφώνονται οι έννοιες και οι αναγκαίες τεχνικές κατασκευής της γραμμής βάσης της κατανάλωσης καθώς και της φόρμουλας, η οποία συσχετίζει την κατανάλωση βάσης με τους παράγοντες προσαρμογής, δηλαδή εκείνους που την επηρεάζουν. Συμπληρωματικά του πρώτου, το πρότυπο ISO 17742 εφαρμόζει σε ευρύτερες περιοχές τις θεμελιώδεις αρχές για τη γραμμή βάσης της κατανάλωσης ενέργειας, εντοπίζοντας έτερους παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν την κατανάλωση αυτή, όπως είναι η αυξομείωση του όγκου της οικονομικής δραστηριότητας ή

³⁵ <https://cutt.ly/qCpzuI9>, (19/08/2022).

³⁶ <https://cutt.ly/KCpcED9>, (19/08/2022).

³⁷ <https://cutt.ly/kCpcJfa>, (19/08/2022).

³⁸ <https://cutt.ly/ZCpvds2>, (19/08/2022).



η μεταβολή της σύνθεσης των οικονομικών δραστηριοτήτων. Ακόμη, ως προς την εύρεση της αβεβαιότητας στις εκτιμήσεις εξοικονόμησης ενέργειας παραπέμπει σε ειδικές τεχνικές (Gerdes, 2011). Αναφορικά με το πρότυπο ISO 17743, αυτό συνιστά ένα γενικό πλαίσιο μεθοδολογίας προς υπολογισμό της εξοικονόμησης ενέργειας, την ανίχνευση της γραμμής βάσης της κατανάλωσης καθώς και την εύρεση και αναγωγή υπό το ίδιο πλαίσιο συνθηκών των παραγόντων, οι οποίοι επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας. Το πρότυπο ISO/FDIS 17747 άπτεται των οργανισμών, οι οποίοι υιοθετούν ευρεία προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας, προτείνοντας δύο μεθόδους εκτίμησης αυτής· αφενός τη μέθοδο «από τη βάση στην κορυφή» (bottom up), δηλαδή βάσει του οργανισμού, και αφετέρου τη μέθοδο «από πάνω προς τα κάτω» (top down), δηλαδή βάσει των παρεμβάσεων εξοικονόμησης (Therkelsen et al., 2016).

Κατόπιν έκδοσης του προτύπου αυτού, προσδοκάται ότι θα αντικαταστήσει το αντίστοιχο ευρωπαϊκό πρότυπο EN 16212³⁹, που βρίσκεται σε ισχύ ως σήμερα. Αναφορικά με την αβεβαιότητα, το πρότυπο υποδεικνύει έναν απλοποιημένο τρόπο προσδιορισμού των ορίων της αβεβαιότητας και πιο συγκεκριμένα αναφέρει ότι «η εξοικονόμηση ενέργειας θα πρέπει να είναι διπλάσια του τυπικού σφάλματος», δηλαδή της ρίζας του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (Root Mean Squared Error, RMSE). Συνεπώς, όπως και τα πρότυπα ASHRAE14 και IPMVP, ομοίως και αυτό το πρότυπο προσδιορίζει τα όρια αβεβαιότητας (Tillig et al., 2018).

4.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ

Η ενεργειακή επιθεώρηση (Energy audit), κατά το Ν. 4342/2015, καθορίστηκε ως η συστηματική προσπάθεια των φορέων, μέσω ειδικών ελεγκτών, για τον εντοπισμό και τον προσδιορισμό των οικονομικά αποδοτικότερων διαδικασιών προς εξοικονόμηση ενέργειας, σύμφωνα με τις οποίες θα συνταχθεί μια έκθεση αποτελεσμάτων. Ο ενεργειακός έλεγχος αφορά το σύνολο των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων, δεν εξαιρείται δηλαδή καμία εγκατάσταση ή εμπορική δραστηριότητα, μέσα στις οποίες συγκαταλέγονται και οι ναυτιλιακές επιχειρήσεις. Με τον ενεργειακό έλεγχο επιχειρείται μια λεπτομερή ανάλυση και καταγραφή των εγκαταστάσεων, των συστημάτων αλλά και του εξοπλισμού, που είναι

³⁹ <https://cutt.ly/bCpAmu5>, (19/08/2022).



στη διάθεση μιας επιχείρησης, με σκοπό να εντοπιστούν οικονομικά και περιβαλλοντικά αποτελεσματικές λύσεις προς εξοικονόμηση ενέργειας. Υπάρχουν δυο ειδή ενεργειακής επιθεώρησης, η συνοπτική (short energy audit) και η εκτενής (extended energy audit)⁴⁰. Η συνοπτική ενεργειακή επιθεώρηση εντοπίζει τις άμεσες και έμμεσες παρεμβάσεις, που μπορούν να γίνουν, με σκοπό να επιτευχθεί η ικανοποίηση των φορέων ως προς τη μείωση της κατανάλωσης αλλά και τις εσωτερικές επιχειρηματικές επεμβάσεις, που χρήζουν τεκμηρίωσης για μελλοντικές επιθεωρήσεις. Η συνέχεια της συνοπτικής επιθεώρησης είναι η εκτενής, στην οποία συλλέγονται όλα τα στοιχεία και οι μετρήσεις, προκειμένου να συνταχθεί μελέτη, η οποία θα προτείνει παρεμβάσεις μακροπρόθεσμης ενεργειακής απόδοσης (Farrou et al., 2020).

Ο ενεργειακός έλεγχος προκύπτει μέσα από συγκεκριμένη διαδικασία και αυτή είναι η δημιουργία μια μελέτης, που θα περιλαμβάνει τεχνικά και οικονομικά δεδομένα. Σκοπός αυτής της μελέτης είναι ο εντοπισμός των στοιχείων εκείνων, που θα βοηθήσουν να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση, σύμφωνα με τα κριτήρια που έχει ορίσει ο Ν. 4342/2015. Σύμφωνα με τον ίδιο νόμο, αρμοδιότητα διεξαγωγής του ενεργειακού ελέγχου και, στη συνέχεια, σύνταξης της αντίστοιχης μελέτης έχει ο ενεργειακός ελεγκτής. Η διαδικασία, αρχικά, προβλέπει τη δημιουργία ενός μητρώου ελεγκτών, στο οποίο και οι ενδιαφερόμενοι, που φυσικά πληρούν τις νόμιμες προϋποθέσεις, θα πρέπει πρώτα να εγγραφούν. Ανάλογα με τις ικανότητές τους και με τον τύπο επιχειρήσεων, που διεξάγουν τον έλεγχο, χωρίζονται σε τρεις τάξεις και πραγματοποιούν αντίστοιχους ελέγχους, οι οποίοι καταχωρούνται στο αρχείο ενεργειακών ελεγκτών, που λειτουργεί με τη μορφή ενός πληροφοριακού συστήματος (Farrou et al., 2020).

Οι ενεργειακές επιθεωρήσεις πραγματοποιούνται μέσα σε ένα καθορισμένο πλαίσιο και δρουν με συγκεκριμένες κατευθυντήριες. Αρχικά, λαμβάνουν τα δεδομένα από την εκάστοτε επιχείρηση και τα αναλύουν με σκοπό να διαπιστώσουν τις πηγές κατανάλωσης ενέργειας. Στη συνέχεια, προχωρούν στην εφαρμογή μιας λεπτομερούς ανασκόπησης σχετικά με τα χαρακτηριστικά της κατανάλωσης και πραγματοποιούν ανάλυση κόστους, λαμβάνοντας υπόψη τους μια μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση σε υλικά, εξοπλισμό και ενέργεια. Στο τέλος της διαδικασίας αυτής ολοκληρώνουν τον ενεργειακό έλεγχο,

⁴⁰ όπως αναφέρεται αναλυτικότερα στην επόμενη ενότητα.



παραδίδοντας την έκθεση που έχουν αναπτύξει βάσει των δεδομένων, που συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν (Farrou et al., 2020).

4.3.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

Μια ενεργειακή επιθεώρηση πλοίου είναι απολύτως χρήσιμη, καθώς πέρα από τον ενεργειακό έλεγχο προς αναζήτηση δυνατοτήτων για βελτιωμένη απόδοση, σε οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο, είναι ικανή να εισφέρει εξίσου σημαντικά ευρήματα αναφορικά με την καλή λειτουργία του πλοίου. Μέσω της επιθεώρησης, η ναυτιλιακή επιχείρηση δύναται να λάβει έναν κατάλογο παρεμβάσεων, που το υπό επιθεώρηση πλοίο χρειάζεται να υλοποιήσει, με προτεινόμενη σειρά προτεραιότητας. Ο καθορισμός και η οριοθέτηση των προτεινόμενων παρεμβάσεων συνδράμει τη ναυτιλιακή επιχείρηση στην απόκτηση ξεκάθαρης σχετικής εικόνας, προκειμένου αφενός να είναι σε θέση να αποφύγει οικονομικές ή περιβαλλοντικές ζημίες, τις οποίες θα οφείλει να αποκαταστήσει εάν πραγματωθούν οι κίνδυνοι, που η επιθεώρηση ανέδειξε, και αφετέρου τα κονδύλια αυτά, που δεν κατευθύνονται προς αποκατάσταση ζημιών, δύναται να αξιοποιηθούν σε έτερες επενδύσεις ή δράσεις (von Knorring, 2019).

Προκειμένου μια ενεργειακή επιθεώρηση να επιτυγχάνει άμεσα τον σκοπό της αλλά και να αξιοποιεί καλύτερα τους διαθέσιμους πόρους της ναυτιλιακής επιχείρησης, πρέπει να είναι συνεχώς προσανατολισμένη στο αποτέλεσμα καθώς και η όλη διαδικασία να ακολουθεί μια συστηματική προσέγγιση. Ωστόσο, διεθνώς είναι αποδεκτή μια ανορθόδοξη πρακτική διεξαγωγής μιας ενεργειακής επιθεώρησης, αφού συνηθίζεται να ξεκινά από το τέλος, δηλαδή από την παρουσίαση και τεκμηρίωση των παρεμβάσεων, που προτείνεται να λάβουν χώρα προς επίτευξη καλύτερης απόδοσης και στη συνέχεια πραγματοποιείται αναλυτική εξέταση όλων των στοιχείων του πλοίου. Αυτή η πρακτική εδράζεται στο γεγονός ότι ένα πλοίο δεν μπορεί να βρίσκεται σε κατάσταση ελέγχου αρκετό χρονικό διάστημα, μέχρι να καταγραφούν όλα τα δεδομένα του και να προταθούν λύσεις, αλλά υπάρχει ανάγκη άμεσων ενεργειών και παρεμβάσεων, ώστε να διευθετηθούν εντός εύλογου χρόνου έως τον επόμενο απόπλου του πλοίου. Για να πραγματοποιηθεί μια ολοκληρωμένη ενεργειακή επιθεώρηση και να συνταχθεί μια εμπεριστατωμένη έκθεση απαιτείται χρόνος, γι' αυτό το σκοπό η διαδικασία της επιθεώρησης πραγματοποιείται σε στάδια, ώστε να



αποφεύγονται λάθη, που μπορεί να προκληθούν αν η διαδικασία επιταχυνθεί σκόπιμα (von Knorring, 2019).

Για τους λόγους, που αναφέρθηκαν ανωτέρω, έχουν καθοριστεί δύο είδη ενεργειακών επιθεωρήσεων· η συνοπτική και η εκτενής. Κάθε μια έχει διαφορετικό σκοπό και στόχο, όμως αλληλοσυμπληρώνονται προς επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων. Η συνοπτική ενεργειακή επιθεώρηση έχει ως στόχο τον εντοπισμό των μέτρων, που χρήζουν άμεσης υιοθέτησης, και ορίζει το πλαίσιο, μέσα στο οποίο θα λάβει χώρα στη συνέχεια η εκτενής ενεργειακή επιθεώρηση. Από την άλλη, η εκτενής ενεργειακή επιθεώρηση έχει ως στόχο τον εντοπισμό και την τεκμηρίωση των παρεμβάσεων, που προτείνεται να δρομολογηθούν για να επιτευχθεί μια μακροπρόθεσμη ενεργειακή απόδοση στο πλοίο. Επίσης, είναι υπεύθυνη για τον εντοπισμό των μελλοντικών επενδύσεων, που δύναται να πραγματοποιήσει η ναυτιλιακή επιχείρηση στο εν λόγω πλοίο, και να συμβάλει στην τεκμηρίωση αυτών των δράσεων, ώστε η επένδυση να μην εδράζεται μόνο σε οικονομικά στοιχεία αλλά και σε περιβαλλοντικά δεδομένα εξοικονόμησης ενέργειας. Κάθε διαφορετικό στάδιο της ενεργειακής επιθεώρησης είναι εξίσου σημαντικό, αφού θέτει στόχους για το επόμενο και συμβάλει στην υλοποίηση αυτών, με απώτερο σκοπό την εξοικονόμηση πόρων, είτε οικονομικών είτε ενεργειακών (von Knorring, 2019).

4.3.1.1 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ

Πιο συγκεκριμένα, η συνοπτική ενεργειακή επιθεώρηση, μολονότι σύντομη σε χρονική διάρκεια (1-8 ημέρες), ανάλογα με την έκταση και το είδος του πλοίου που επιθεωρείται, είναι απαραίτητη προς έναρξη της διαδικασίας ενεργειακού ελέγχου. Σημαντικό ρόλο σε αυτή τη διαδικασία διαδραματίζει ο ενεργειακός επιθεωρητής, αφού οι δικές του γνώσεις και εμπειρίες θα καθορίσουν το τελικό αποτέλεσμα. Στο πλαίσιο της επιθεώρησης αυτής δεν πραγματοποιείται καμία νέα μέτρηση, τουναντίον συλλέγονται όλα τα διαθέσιμα έγγραφα και οι υφιστάμενες μετρήσεις, ενώ ο επιθεωρητής είναι αρμόδιος να εντοπίσει τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας και εκσυγχρονισμού των συστημάτων του πλοίου. Τα τυπικά βήματα, που ακολουθεί ένας ενεργειακός επιθεωρητής προκειμένου να διεξάγει τη συνοπτική ενεργειακή επιθεώρηση, είναι τα εξής, καθένα από τα οποία έχει και έναν διαφορετικό στόχο (Johnson et al., 2013):

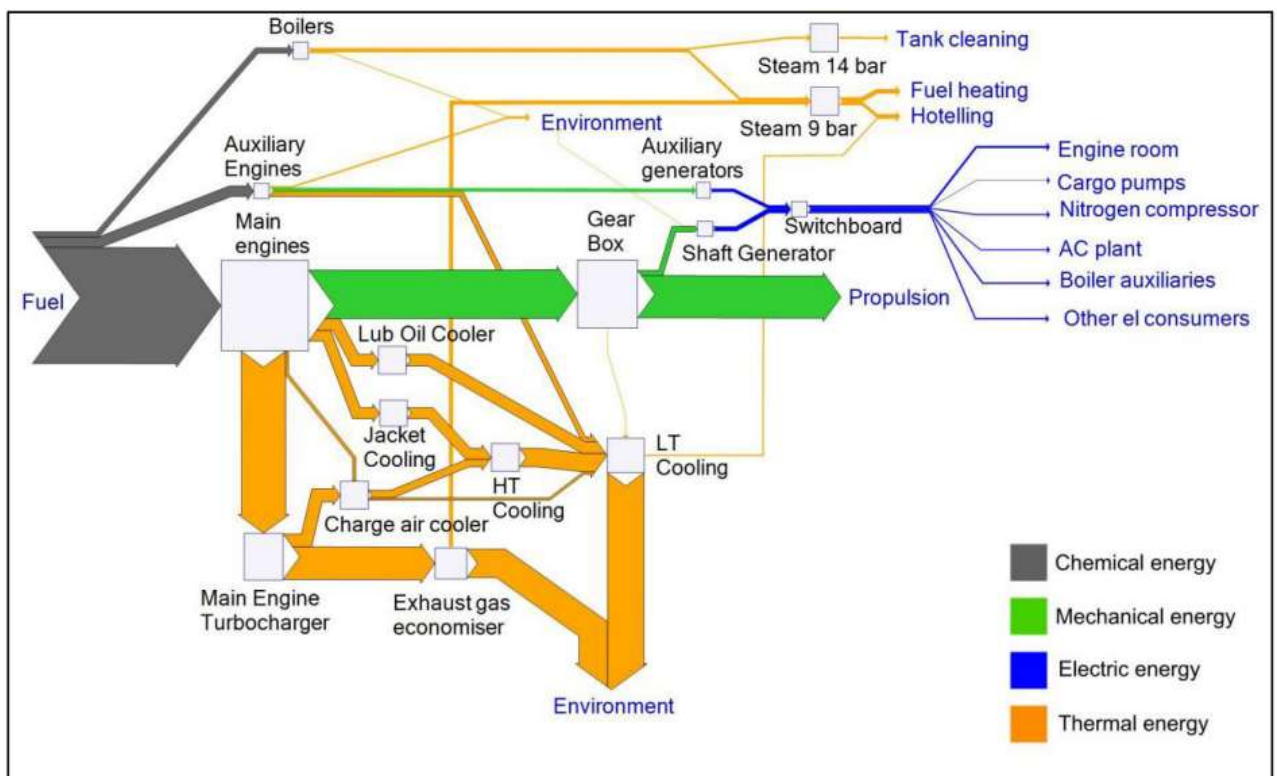
- αρχικά ο ενεργειακός επιθεωρητής συλλέγει πληροφορίες από το πλήρωμα του πλοίου, είτε εγγράφως είτε προφορικά. Αυτές οι πληροφορίες δύναται να αφορούν



έγγραφο από το λογιστήριο, τη διοίκηση ή τις αναφορές από τη συντήρηση των εγκαταστάσεων του πλοίου. Ο στόχος του επιθεωρητή, σε αυτό το στάδιο, είναι να πραγματοποιήσει μια πρώτη εκτίμηση για την κατανομή ενέργειας στο πλοίο, το μέγεθος της ενεργειακής κατανάλωσης αλλά και την ικανότητα των αρμοδίων οργάνων να επιλέξουν και να αφομοιώσουν πρακτικές, που θα βελτιώσουν την ενεργειακή κατάσταση του πλοίου.

- έπεται η αυτοψία, που πραγματοποιεί ο ενεργειακός επιθεωρητής στους χώρους του πλοίου, προκειμένου να εντοπίσει περιπτώσεις ενεργειακής σπατάλης από αιτίες, που είναι εύκολα αντιμετωπίσιμες, όπως για παράδειγμα η ρύθμιση θερμοκρασίας ή κάποια διαρροή λόγω έλλειψης συντήρησης.
- ακολουθεί η ανάλυση των ενεργειακών μεγεθών, στην οποία ο ενεργειακός επιθεωρητής οφείλει να προβεί, με σκοπό να εκτιμήσει τις λειτουργικές ενεργειακές απαιτήσεις του πλοίου σε κάθε ξεχωριστή μορφή ενέργειας. Έχοντας στηριχθεί στα δεδομένα, που έχει συλλέξει στο αρχικό στάδιο της επιθεώρησης, προχωρά σε μια πρώτου επιπέδου εκτίμηση αναφορικά με το είδος των παρεμβάσεων, που προτείνεται να γίνουν σε κάθε επιμέρους ενεργειακό σύστημα.

Σχήμα 4.3: Διάγραμμα ροής ενέργειας.



(Πηγή: Baldi et al., 2014)

- ως τελευταίο βήμα της συνοπτικής ενεργειακής επιθεώρησης λογίζεται η αξιολόγηση των προτεινόμενων παρεμβάσεων και η συγγραφή της έκθεσης, που έχει προκύψει από τα συλλεγθέντα στοιχεία. Η αξιολόγηση των προτεινόμενων παρεμβάσεων γίνεται πάντα με γνώμονα την εξοικονόμηση ενέργειας στο πλοίο



καθώς και το συμφωνηθέν ύψος της οικονομικής δαπάνης, που δύναται να αναλάβει και υποστηρίξει η ναυτιλιακή επιχείρηση.

Η συνοπτική επιθεώρηση αποτελεί μια πολύ καλή βάση για την εκτενή επιθεώρηση, εφόσον θέτει τα όρια, μέσα στα οποία θα κινηθεί ο ενεργειακός επιθεωρητής στο επόμενο στάδιο της ενεργειακής επιθεώρησης και δίνει τις κατευθυντήριες γραμμές, που προτείνεται να ακολουθηθούν, όσον αφορά τις προτεινόμενες δράσεις (Johnson et al., 2013).

4.3.1.2 ΕΚΤΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ

Η εκτενής ενεργειακή επιθεώρηση, από την άλλη πλευρά, είναι μια διαδικασία, που απαιτεί περισσότερο χρόνο και γι' αυτό τις περισσότερες φορές έπεται της συνοπτικής, αφού δεν συμφέρει οικονομικά καμία ναυτιλιακή εταιρία να διατηρεί ένα πλοίο της στο λιμάνι για καιρό. Μια εκτενής επιθεώρηση μπορεί να διαρκέσει από μερικές εβδομάδες μέχρι και μήνα, ανάλογα με το μέγεθος, το είδος ή την πολυπλοκότητα χαρακτηριστικών του εξεταζόμενου πλοίου. Παρά το προφανές οικονομικό όφελος, το οποίο συνεπάγεται ο συνοπτικός έλεγχος, δεν υπάρχει υποχρεωτικότητα στην εφαρμογή του ούτε και υπάρχει κάποια υποχρέωση επακολούθησης ενός εκτενούς ελέγχου. Η διαδικασία της εκτενούς επιθεώρησης, πέραν της συλλογής των υφιστάμενων δεδομένων και της εξέτασής τους, περιλαμβάνει και μετρήσεις. Στόχος των νέων αυτών μετρήσεων είναι ο προσδιορισμός των ενεργειακών ισοζυγίων των ενεργοβόρων μονάδων. Αυτές οι μετρήσεις αφορούν την τελικώς παρεχόμενη ενέργεια και το βαθμό απόδοσης μιας συγκεκριμένης παραγωγικής μονάδας – για παράδειγμα ο βαθμός απόδοσης λέβητα. Οι στόχοι της εκτενούς ενεργειακής επιθεώρησης είναι δύο· (α) να εντοπιστεί η ακριβής κατανάλωση ενέργειας του πλοίου σε μηνιαία ή ετήσια βάση για κάθε διακριτό ενεργοβόρο σύστημα και να γίνει συσχετισμός με τα αντίστοιχα μεγέθη παραγωγής, προκειμένου να εντοπιστεί το όφελος ή η ζημία, και (β) να γίνει πλήρης καταγραφή των προτεινόμενων παρεμβάσεων, ξεκινώντας από την πιο άμεση προς εκείνη που εμφανίζει πιο μακροπρόθεσμη επίδραση. Προς επίτευξη του πρώτου στόχου ο ενεργειακός επιθεωρητής πρέπει να λάβει και να αξιοποιήσει στο βέλτιστο βαθμό όλα τα καταγεγραμμένα στοιχεία των εγκατεστημένων μετρητών. Όμως, τις περισσότερες φορές δεν υπάρχουν μετρητές για το σύνολο των επιθυμητών μετρήσεων. Μην έχοντας, επομένως, στοιχεία προς αξιοποίηση και εκτίμηση, ο ενεργειακός επιθεωρητής δύναται να συγκεντρώσει δεδομένα, όπως για παράδειγμα τις ώρες λειτουργίας (operating hours), ανά σταθμό ισχύος (power station). Οι μετρήσεις, που προσφέρουν οι σταθμοί ισχύος, εάν



συσχετιστούν με τους παράγοντες, που τις επηρεάζουν, δύναται να διαμορφώσουν το πρότυπο κατανάλωσης αναφοράς και να βοηθήσουν να πραγματοποιηθεί μια εκτίμηση της γραμμής βάσεως της καταναλώσεως (baseline consumption) ανά επιθυμητή χρήση. Για παράδειγμα, προς εκτίμηση των ωρών λειτουργίας ο επιθεωρητής δύναται είτε να ελέγξει το βιβλίο λειτουργίας είτε να πραγματοποιήσει ο ίδιος μια αντιπροσωπευτική ωρομέτρηση ανά σταθμό ισχύος, προκειμένου να διαπιστώσει αν οι ληφθείσες καταγραφές ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Αφού ολοκληρωθούν οι καταγραφές, καταρτίζονται τα ενεργειακά ισοζύγια για το σύνολο των συστημάτων του πλοίου ή για τις κυριότερες ενεργειακές του μονάδες. Ο επιθεωρητής, σε αυτή τη φάση, οφείλει να εκτιμήσει τα εξής δυο βασικά ζητήματα, τα οποία προκύπτουν. Το πρώτο αφορά τον τρόπο κατανάλωσης της ενέργειας, σε επίπεδο μήνα ή έτους. Το δεύτερο αφορά το ποσοστό αποδοτικής αξιοποίησης της ενέργειας στο πλοίο καθώς και το περιθώριο μελλοντικής βελτίωσης. Ο δεύτερος στόχος της εκτενούς ενεργειακής επιθεώρησης επιτυγχάνεται μέσα από τη συγγραφή της έκθεσης. Κυρίαρχο ρόλο σε αυτή τη διαδικασία διαδραματίζει ο επιθεωρητής, ο οποίος με τις γνώσεις και την εμπειρία του δύναται να φέρει εις πέρας το όλο εγχείρημα και να προτείνει τις κατάλληλες παρεμβάσεις για την προστασία τόσο της ναυτιλιακής επιχείρησης όσο και του περιβάλλοντος. Τα βήματα, προκειμένου να ολοκληρωθεί η εκτενής επιθεώρηση, είναι τα εξής: α) σχεδιασμός της επιθεώρησης, β) συλλογή των διαθέσιμων στοιχείων παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας, γ) αυτοψία στο πλοίο, δ) διεξαγωγή μετρήσεων για συλλογή πρόσθετων στοιχείων, ε) υπολογισμός ισοζυγίων μάζας και ενέργειας, στ) ανάδειξη και σύνθεση προτεινόμενων παρεμβάσεων βραχυπρόθεσμης, μεσοπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης απόδοσης και ζ) συγγραφή έκθεσης αναφοράς (energy audit report) [Iordanidis, 2008].

4.3.1.3 ΦΑΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

Πέρα από το είδος της ενεργειακής επιθεώρησης, η οποία λαμβάνει χώρα σε ένα πλοίο, υπάρχουν και επιμέρους φάσεις. Σε πρώτη φάση, λοιπόν, ο ενεργειακός επιθεωρητής εκκινεί τη διαδικασία όταν το πλοίο ελλιμενίζεται, κατόπιν συνεχίζεται όταν το πλοίο βρίσκεται εν πλω και επαναλαμβάνεται όταν το πλοίο ελλιμενίζεται εκ νέου, μετά την λεπτομερή ανασκόπηση των δυο προηγούμενων φάσεων. Πιο συγκεκριμένα, στην πρώτη φάση ο ενεργειακός επιθεωρητής πραγματοποιεί ανασκόπηση των δεδομένων των



“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”

επιμέρους συστημάτων του πλοίου⁴¹, όπως για παράδειγμα του δικτύου ατμού (κύριου / βοηθητικού, main steam / auxiliary steam system), των στοιχείων του συστήματος ισχύος (σύγχρονη γεννήτρια, πίνακες και διανομή ηλεκτρικής ισχύος, προστατευτικός εξοπλισμός, μετασηματιστές ισχύος, επαγωγικοί κινητήρες, κλπ.). Στη συνέχεια, πραγματοποιεί έλεγχο των δεδομένων από τις θαλάσσιες δοκιμές του πλοίου, σε συνδυασμό με τα εγχειρίδια των επιμέρους κυρίων συστημάτων αυτού. Ύστερα, ξεκινά την επιθεώρηση του πλοίου, ελέγχοντας το σύστημα μόνωσης. Σε περίπτωση που ο επιθεωρητής αναζητήσει βοήθεια ή περαιτέρω δεδομένα, το πλήρωμα οφείλει να είναι σε θέση να τα παράσχει και να συνεργαστεί μαζί του με τον βέλτιστο τρόπο. Τέλος, σε πρώτη φάση η επιθεώρηση του πλοίου ολοκληρώνεται με τον ορισμό του ενεργειακού του προφίλ. Στην επόμενη φάση, ο επιθεωρητής προβαίνει σε μια σειρά αξιολογήσεων επί των κυριότερων συστημάτων, τα οποία καταναλώνουν ενέργεια: αξιολογείται η κύρια και βοηθητική μηχανή, η απόδοση καυσίμου και τα λειτουργικά συστήματα, που καταναλώνουν ενέργεια, όπως ο φωτισμός ή ο κλιματισμός, ο αυτόματος πιλότος, το σύστημα ατμού, αέρα και μόνωσης. Ο επιθεωρητής διεξάγει διάφορες δοκιμές και μετρήσεις, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα αυτών με τα αντίστοιχα των θαλάσσιων δοκιμών, προκειμένου να ελέγξει την απόδοση του πλοίου. Στην τελική φάση της ενεργειακής επιθεώρησης ο επιθεωρητής επιστρέφει στην ακτή για να πραγματοποιήσει μια ολοκληρωμένη ανασκόπηση όλων των δεδομένων, που συνέλεξε στο πλοίο, καθώς και από την πρώτη φάση, με σκοπό να εξάγει συμπεράσματα και να συγγράψει την επιθεώρηση. Στη συνέχεια, πραγματοποιεί μια παρουσίαση των δεδομένων, βάσει της διαδικασίας που ακολουθήθηκε, και των στοιχείων, που επιδρούν άμεσα στην κατανάλωση ενέργειας του πλοίου. Το τελευταίο βήμα της φάσης είναι η ανάδειξη των παρεμβάσεων, που θα προταθούν για καλύτερη ενεργειακή απόδοση, αλλά και των μέτρων, που είναι εύκολα εφαρμόσιμα (Iordanidis, 2008).

⁴¹ Βασική αρχή της ενεργειακής επιθεώρησης πλοίου συνιστά η αναγκαιότητα ανάλυσης και εκτίμησης της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου, θεωρώντας το ως ένα συνολικό ενεργειακό σύστημα, το οποίο για καλύτερη ανάλυσή του επιμερίζεται στα επιμέρους στοιχεία, που το συνθέτουν.



4.3.2 ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΠΛΟΙΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

Πέραν κάποιων γενικών στοιχείων [π.χ. μέρος που αιτείται επιθεώρηση⁴², αντιπρόσωπο του μέρους που αιτείται επιθεώρηση⁴³, τοποθεσία, ημερομηνία, χρόνος επιθεώρησης και δρομολόγιο του πλοίου⁴⁴, τα σύμβολα της κλάσης (διακεκριμένα και μη)⁴⁵, συνδετικός κρίκος υποστήριξης⁴⁶, κύρια κατασκευαστικά σχέδια⁴⁷, προγενέστερες αναφορές επιθεωρήσεων, ανεξαρτήτως φορέα υλοποίησής τους (για παράδειγμα κλάση)⁴⁸, ιστορικό συντήρησης και επισκευών, κατάσταση του πλοίου (το παρέχει η κλάση)⁴⁹, συγκριτική διερεύνηση στοιχείων για όμοια πλοία⁵⁰, ιστορικό ερματισμού⁵¹, ιστορικό πλόων του πλοίου⁵²] κάτωθι αναφέρεται κατάλογος επιμέρους παραμέτρων, προκειμένου ο σχεδιασμός και η προετοιμασία της επιθεώρησης να λάβει χώρα κατά τη δυνατή πληρότητα και ακρίβεια (von Knorring, 2019; Bazari, 2013; Lim et al., 2016; Marantis, 2012; Winkel et al., 2015; CRES, 2000):

[1] Χαρακτηριστικά πλοίου⁵³: όνομα πλοίου (Ship's Name), τύπος πλοίου (Ship's Type), σημαία (Flag), λιμένας νηολόγησης (Port of Registry), διακριτικό (Call Sign), κλάση (Classification), αριθμός του IMO (IMO number), ολική χωρητικότητα (Gross Tonnage), καθαρή χωρητικότητα (Net Tonnage), κατασκευαστής (Built by), αριθμός κατασκευής

⁴² προς επιβεβαίωση ότι η εν λόγω διαδικασία ζητείται από κάποιον που έχει έννομο συμφέρον (π.χ. πλοιοκτήτη)

⁴³ προς διευθέτηση πληρωμών, μετακινήσεων και διευκολύνσεων σε θέματα έκδοσης εθνικών θεωρήσεων (Visa) όταν πρόκειται για μη ευρωπαϊκές χώρες

⁴⁴ προκειμένου να οργανωθεί κατάλληλα το χρονοδιάγραμμα της επιθεώρησης και το απαιτούμενο ανθρώπινο δυναμικό.

⁴⁵ προκειμένου να αναγνωριστούν ενδεχόμενες ιδιαιτερότητες του πλοίου αναφορικά με συστήματα, τα οποία χρήζουν επιθεώρησης.

⁴⁶ εάν απαιτηθούν επιπλέον πληροφορίες, επί ζητημάτων θεσμικών ή τεχνικών, όσο ο επιθεωρητής βρίσκεται στο πλοίο

⁴⁷ προκειμένου να καθοριστούν τα επιμέρους συστήματα (για παράδειγμα stiffening system) και χαρακτηριστικά αυτών (για παράδειγμα πάχη ελασμάτων).

⁴⁸ προκειμένου να ανιχνευτούν ύποπτες περιοχές, είτε κατασκευαστικές είτε εξοπλισμού.

⁴⁹ προκειμένου να αναδειχθεί η εξέλιξη προβληματικών καταστάσεων καθώς και να προκριθούν τόσο κατασταλτικά όσο και προληπτικά μέτρα αντιμετώπισης κάθε προβλήματος τη στιγμή της δημιουργίας του.

⁵⁰ η ανασκόπηση τέτοιων πληροφοριών δύναται να γίνει μέσα από μια βάση δεδομένων ή από ένα προσωπικό αρχείο, στην περίπτωση που είναι ευμεγέθες. Οι πληροφορίες αυτές δύναται να αναδείξουν περιοχές αυξημένης πιθανότητας αστοχιών ή μη αποδοτικής λειτουργίας.

⁵¹ αναδεικνύει τα δυνητικά προβλήματα των δεξαμενών έρματος, αφού όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια έκθεσης στο θαλασσινό νερό, τόσο μεγαλύτερα είναι τα επίπεδα διάβρωσης του μετάλλου.

⁵² παράμετροι, όπως η θερμοκρασία και η διάρκεια του κάθε ταξιδιού επηρεάζουν την κατάσταση του πλοίου, για παράδειγμα ως προς τα επίπεδα της διάβρωσής του.

⁵³ προς επιβεβαίωση ότι το ορθό πλοίο θα επιθεωρηθεί



σκάφους (Hull serial number), έτος κατασκευής (Year Built), πλώρη (Bow), πρύμνη (Stern), περιοχή πλεύσης (Navigational Area), υπηρεσιακή ταχύτητα (Service Speed), ολικό μήκος (Length over all), μήκος μεταξύ καθέτων (Length between perpendiculars), ολικό πλάτος (Moulded breadth), βάθος κύτους (Moulded Depth), βάρους κενού σκάφους (Lightship Weight), θερινό νεκρό φορτίο (Summer Deadweight).⁵⁴

[2] Λειτουργικό μοτίβο (Operational Pattern) πλοίου: πλεύση στην θάλασσα (sea passage, laden και ballast), αγκυροβόλιο (Anchorage), φόρτωση / εκφόρτωση (Loading / Unloading), πιλοτάρισμα/ πλοήγηση (Manoeuvring), καθυστερήσεις σε λιμάνια (Alongside).

[3] Κατανάλωση / κατανομή και χρήση καυσίμων: Προσδιορισμός τύπων καυσίμου, που χρησιμοποιούνται στο πλοίο [για παράδειγμα βαρύ μαζούτ (Residual Fuel Oil, RFO), πετρέλαιο ντίζελ (Diesel Oil)], πλήθους κύριων μηχανημάτων επί του πλοίου, που λειτουργούν υπό την αρχή εσωτερικής καύσης (για παράδειγμα κύρια μηχανή, Diesel γεννήτριες), πλήθους βοηθητικών λεβήτων και γεννητριών. Για κάθε λειτουργία αποτυπώνεται το χρησιμοποιηθέν καύσιμο ανά είδος μηχανήματος / μηχανής, όπως στον κάτωθι πίνακα.

Πίνακας 3.1: Χρησιμοποιηθέν καύσιμο ανά είδος μηχανήματος/ μηχανής.

Μηχάνημα	Λειτουργία	Καύσιμο
Κύρια μηχανή	Ελιγμοί	
	Πλοήγηση	
	Start / Stop	
Diesel Γεννήτριες	Κανονική Λειτουργία	
	Παρατεταμένη Διάρκεια Shutdown	
Βοηθητικοί Λέβητες	Δοκιμαστικός καυστήρας	
	Κύριος καυστήρας	
IG Γεννήτριες	IG generation & Topping up	
Incinerator	Καύση Απορριμμάτων και Ιλύος	

[4] Χαρακτηριστικά κύριας μηχανής: κατασκευαστής (Maker), μοντέλο (Model), κύκλοι μηχανής (Cycle), αριθμός κυλίνδρων (Number of Cylinders), διάμετρος κυλίνδρου (Cylinder Bore), εγκατεστημένη ισχύς (Maximum Continuous Rating, MCR), στροφές ανά λεπτό (στην εγκατεστημένη ισχύ) [Revolutions Per Minute, RPM (at MCR)], ειδική

⁵⁴ προκειμένου να ελεγχθούν οι απαιτήσεις, που σχετίζονται με τα εν λόγω μεγέθη.



κατανάλωση καυσίμου στις εργοστασιακές δοκιμές (Specific Fuel Oil Consumption at shop trials), ειδική κατανάλωση καυσίμου στις δοκιμές πλεύσης (SFOC at sea trials), σειρά πυροδότησης (Firing Order), υπηρεσιακή ισχύς (Service Power).

[5] Χαρακτηριστικά Diesel γεννήτριας: κατασκευαστής (Maker), μοντέλο (Model), τύπος (type), αριθμός κυλίνδρων (Number of Cylinders), ονομαστική ισχύς μηχανής (Engine Rated Power), ονομαστική ταχύτητα (Rated Speed), σειρά πυροδότησης (Firing Order), κατανάλωση υπό πλήρες φορτίο (στις εργοστασιακές δοκιμές) [Consumption at 100% Load (Shop Trial)], ειδική κατανάλωση καυσίμου στις εργοστασιακές δοκιμές (Specific Fuel Oil Consumption at shop trials), ονομαστική ισχύς γεννήτριας (Generator Rated Power). Τα ανωτέρω στοιχεία αναζητούνται για το σύνολο των Diesel γεννητριών, που είναι εγκατεστημένες επί του πλοίου.

[6] Βασικά ηλεκτρικά στοιχεία: Δεδομένα αντίστοιχα του κάτωθι πίνακα, πρέπει αρχικά να συγκεντρωθούν από την ανάλυση ηλεκτρικού φορτίου του ναυπηγείου του πλοίου. Βάσει της μελέτης του κατασκευαστή, αναζητείται το πλήθος γεννητριών, που πρέπει να λειτουργούν κατά τη διάρκεια της αδρανοποίησης, της θέρμανσης των δεξαμενών και του καθαρισμού των δεξαμενών, των ελιγμών, της φόρτωσης και της εκφόρτωσης, καθώς και του πλήθους γεννητριών, που πρέπει να λειτουργεί κατά τη διάρκεια της κανονικής πλοήγησης και κατά την αγκυροβόληση ή πλευρισμένο, προκειμένου να εξαχθούν τα εξής βασικά χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού συστήματος του πλοίου: ονομαστική τάση (Nominal Voltage), ονομαστικό ρεύμα (Rated Current), συχνότητα (Frequency), φάσεις (Phases), ονομαστική τάση μονοφασικού κυκλώματος (Single Phase Circuitry Nominal Voltage).



Πίνακας 3.2: Ανάλυση ηλεκτρικού φορτίου πλοίου από το ναυπηγείο.

κλάση (Classification)	Εν πλω (At Sea)			Στο λιμάνι (At Port)			Σε κίνδυνο (At emergency)	
	Εν πλω σε κανονική κατάσταση (normal seagoing)	W/GS TOP.UP	Καθαρισμός δεξαμενών (tank clean)	At port IN/OUT	Στην εκφόρτωση (At Unloading)	Στην φόρτωση (At Loading)	Διακοπή ρεύματος (Black Out)	Πυρκαγιά (Fire)
Συνεχές φορτίο (Continuous load)								
Διαλείπον φορτίο (Intermittent Load)								
Group diversity								
Πραγματικό διαλείπον φορτίο (Actual Intermittent Load)								
Φορτίο μηχανημάτων του καταστρώματος (Deck Machinery Load)								
Συνολικό φορτίο (Total Load)								
Αριθμός γεννητριών (No. of Generator)								
Συντελεστής φορτίου γεννήτριας (%) [Load Factor of Generator (%)]								

[7] Αξιολογηθείσες καταναλώσεις ενέργειας: Ορίζοντας ως παραμέτρους τον άγνωστο συντελεστή χρησιμοποίησης, τον άγνωστο ή μεταβλητό συντελεστή φορτίου, τις ενδείξεις αναποτελεσματικής λειτουργίας μηχανήματος, το οποίο το καθιστούν υποψήφιο ως προκαταρκτικό ESP, και την υψηλή ισχύ ή την εκτεταμένη ή συνεχή λειτουργία του καταναλωτή ενέργειας, επιλέγονται οι καταναλώσεις ενέργειας, των οποίων το φορτίο θα εκτιμηθεί ως προς τον συντελεστή φορτίου, χρησιμοποίησης, ισχύος, με τον έλεγχο φόρτισης και το λειτουργικό πρότυπο (operational pattern).

[8] Βοηθητικοί λέβητες: Συγκεντρώνονται αρχικά τα κάτωθι χαρακτηριστικά των βοηθητικών λεβήτων: κατασκευαστής (Maker), μοντέλο (Model), πλήθος μονάδων (No. of Units), τύπος (type), παραγωγή ατμού (Steam Production), πίεση λειτουργίας (στην εκφόρτωση / εν πλω σε κανονική κατάσταση) [Working Pressure (At Unloading / At Normal Sea-going Condition)], θερμοκρασία ατμού (Steam Temperature), θερμοκρασία



νερού τροφοδοσίας (Feed Water Temperature), προδιαγραφές καυσίμου (Fuel Specification), και ακολούθως τα χαρακτηριστικά των καυστήρων· κατασκευαστής (Maker), μοντέλο (Model), πλήθος ανά λέβητα (Number per boiler), τύπος (type), όγκος νερού (Water Volume).⁵⁵

[9] Σύστημα αναπλήρωσης νερού λέβητα και διανομής ατμού: Προσδιορίζονται αρχικά τα στοιχεία του συστήματος αναπλήρωσης νερού λέβητα (π.χ. αντλίες νερού τροφοδοσίας λέβητα και προθερμαντήρα, αντλίες κυκλοφορίας, βοηθητικοί λέβητες, λέβητας καυσαερίων, δεξαμενή φίλτρου νερού τροφοδοσίας)⁵⁶. Κατόπιν, ως προς το σύστημα διανομής ατμού, διακρίνονται τα επιμέρους στοιχεία υψηλής⁵⁷ και χαμηλής πίεσης⁵⁸.

[10] Σύστημα ψύξης θαλασσινού και φρέσκου νερού: Διαπιστώνεται το πλήθος των κύριων / COPT αντλιών ψύξης θαλασσινού νερού και των κεντρικών αντλιών ψύξης φρέσκου νερού, προκειμένου να διατηρηθεί επαρκής πίεση στο σύστημα κατά τη διάρκεια ναυσιπλοΐας, φόρτωσης, εκφόρτωσης ή πλευρισμένο (στην προβλήτα).

⁵⁵ Οι λέβητες και οι καυστήρες δύναται να λειτουργήσουν σε κατάσταση χαμηλής και υψηλής πίεσης. Όταν το πλοίο δεν εκφορτώνει, ένας λέβητας συνήθως, βρισκόμενος σε λειτουργία χαμηλής πίεσης, δύναται να τροφοδοτεί με ατμό το σύστημα συντήρησης. Η διάρκεια του κύκλου λειτουργίας του καυστήρα καθορίζεται από τις απαιτήσεις παροχής ατμού και, άρα, τις ανάγκες θέρμανσης των φορτίων. Όταν το πλοίο εκφορτώνει, χρησιμοποιώντας αντλίες φορτίου, οι οποίες τροφοδοτούνται από αμοστρόβιλους, η πίεση του λέβητα αυξάνεται. Οι λέβητες και καυστήρες λειτουργούν αδιάκοπα σε αυτή την κατάσταση. Ένας λέβητας τροφοδοτεί με επαρκή ποσότητα ατμού, προκειμένου να κινηθεί μία αντλία φορτίου, η αντλία έρματος ή δύο αντλίες φορτίου. Μολαταύτα, αν πλέον της μίας αντλίας φορτίου απαιτείται να λειτουργήσουν, τότε περισσότεροι λέβητες χρειάζεται να βρίσκονται σε κατάσταση λειτουργίας.

⁵⁶ Αποτελείται συνήθως από τις αντλίες νερού τροφοδοσίας του λέβητα και του προθερμαντήρα, τις αντλίες κυκλοφορίας, τους βοηθητικούς λέβητες, τον λέβητα καυσαερίων και τη δεξαμενή φίλτρου νερού τροφοδοσίας. Το νερό αντλείται μέσα στους βοηθητικούς λέβητες, μέσω μίας βαλβίδας ρύθμισης στάθμης νερού, από τη δεξαμενή νερού τροφοδοσίας, αξιοποιώντας τις αντλίες τροφοδοσίας νερού. Παράλληλα, η αντλία κυκλοφορίας νερού λέβητα, ωθεί σε εξαναγκασμένη κυκλοφορία, μέσω αναρρόφησης νερού από τον χαμηλότερο οδηγό διαστολής διανομής των λεβήτων και εναπόθεσης στο σωλήνα του λέβητα καυσαερίων, που κατόπιν συνδέεται με το υψηλότερο σημείο πίεσης των βοηθητικών λεβήτων. Η εξαναγκασμένη κυκλοφορία νερού ενισχύει τη θερμική μεταφορά από τα αέρια καύσης/ εξάτμισης των καυστήρων προς τους λέβητες. Πλεονάζων ατμός, ο οποίος παρέχεται στο σύστημα συντήρησης ατμού, παρακάμπτεται στον ατμοσφαιρικό ψύκτη, μέσω μιας βαλβίδας ελεγχόμενης πίεσης, προκειμένου να συμπυκνωθεί και να επιστρέψει στη δεξαμενή νερού τροφοδοσίας.

⁵⁷ Το υψηλής πίεσης σύστημα αποτελείται από αριθμό ατμοκίνητων αντλιών φορτίου (Cargo Oil Pump Turbines, COPTs), αντλιών καταλοίπων, ελέγχου φραγής καταστρώματος (ανεπίστροφη βαλβίδα), αποπλυμάτων, σπειρών θέρμανσης των δεξαμενών πετρελαίου.

⁵⁸ Το χαμηλής πίεσης σύστημα αποτελείται από δεξαμενές καυσίμων, υδάτων υδροσυλλεκτών (bilge) και λάσπης (sludge) στο μηχανοστάσιο, θερμαντήρα διύλιστήρα καθαρισμού (purifier), στοιχεία θέρμανσης, προθερμαντήρα νερού εμβόλων χιτωνίων (jacket), σωληνώσεις ανίχνευσης ατμού, καλοριφέρ γλυκού νερού, δεξαμενή αποτεφρωτήρα απορριμμάτων λαδιού.



[11] Σύστημα τροφοδότησης συμπιεσμένου αέρα: Διαπιστώνεται το πλήθος των κύριων συμπιεστών αέρα παλινδρόμησης, των συμπιεστών αέρα ανυψωτικού φορτωτήρα, των βοηθητικών συμπιεστών αέρα συντήρησης, των κύριων δεξαμενών αέρα, των δεξαμενών ελέγχου αέρα, των εφεδρικών και των βοηθητικών δεξαμενών αέρα.

[12] Σύστημα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (Heating, Ventilation and Air Conditioning, HVAC): Διαπιστώνονται οι επιμέρους συνιστώσες του συστήματος.⁵⁹

[13] Σύστημα φωτισμού: Μολονότι το σύστημα φωτισμού του πλοίου διακρίνεται σε κανονικής λειτουργίας και έκτακτης ανάγκης, για τις ανάγκες της παρούσας περίπτωσης χρειάζεται να μελετηθεί το υποσύστημα φωτισμού κανονικής λειτουργίας. Διαπιστώνεται ποιοι τριφασικοί μετασχηματιστές του πλοίου τροφοδοτούν το σύστημα, πως τα φορτία φωτισμού διανέμονται σε πίνακες διανομής (π.χ. για το μηχανοστάσιο, για τα καταλύματα⁶⁰ και για την αποθήκη), τα είδη των φωτιστικών σωμάτων (π.χ. πυρακτώσεως, φθορισμού⁶¹).

4.3.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΕΩΝ

Προς λήψη έγκυρων μετρήσεων, είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί ένα σύστημα καταγραφής δεδομένων, το οποίο αρχικά πρέπει να καλύπτει το επιθυμητό χρονικό εύρος παρακολούθησης. Συνήθως δεν είναι διαθέσιμα δεδομένα μεγάλου χρονικού εύρους, διότι είτε το πλοίο δεν διαθέτει όργανα λήψης μετρήσεων σε περιοδική βάση για το σύνολο των επιθυμητών ενεργειακών παραμέτρων είτε τα εγκατεστημένα όργανα δεν έχουν βαθμονομηθεί ή υποστεί την προβλεπόμενη διαδικασία συντήρησης. Επομένως, οι ληφθείσες μετρήσεις αυτής της φύσεως δεν δύναται να αξιοποιηθούν από τον ενεργειακό

⁵⁹ Συνήθως ο κλιματιζόμενος αέρας, από μονάδα διαχείρισης αέρα (Air Handling Unit, AHU) μέσω ανεμιστήρα, μονωμένων αεραγωγών και ειδικών διαχύτων οροφής, διανέμεται προς τη γέφυρα, το δωμάτιο ελέγχου φορτίου, τις καμπίνες και τις τραπεζαρίες. Κατόπιν κλιματισμού των χώρων, ο αέρας διανέμεται στους διαδρόμους μέσω των περσίδων των θυρών. Σχάρα, τοποθετημένη ενδεχομένως στον κορμό του κλιμακοστασίου, λειτουργεί ως αναρρόφηση του κύριου αγωγού επιστροφής, οδηγώντας πίσω στη μονάδα διαχείρισης αέρα. Στην είσοδο της μονάδας διαχείρισης αέρα υπάρχει αποσβεστήρας, μέσω του οποίου καθορίζεται ο λόγος εξωτερικού αέρα προς τον αέρα επιστροφής, που τροφοδοτείται στην μονάδα διαχείρισης αέρα. Θερμοστάτης ελέγχει τη θερμοκρασία του αέρα, ο αισθητήρας του οποίου βρίσκεται στον υπερθερμαντήρα. Υγραντήρας ρυθμίζει την υγρασία του αέρα.

⁶⁰ συμπεριλαμβανομένων των φανών σημάτων και των φώτων πλοήγησης / γέφυρας.

⁶¹ Χρησιμοποιούνται σε χώρους, οι οποίοι σε καθημερινή βάση εμφανίζουν συνήθεις κύκλους ενεργοποίησης / απενεργοποίησης (on / off), όπου δεν απαιτείται φωτισμός κατά τη διάρκεια τόσο των ωρών εργασίας όσο και σημαντικού μέρους της νύχτας, δηλαδή όταν το πλήρωμα εργάζεται και δεν βρίσκεται στους συγκεκριμένους χώρους.



“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”

επιθεωρητή ως αντιπροσωπευτικά δείγματα των ελεγχόμενων τιμών κατανάλωσης ενέργειας στο πλοίο. Ο επιθεωρητής οφείλει αρχικά να ελέγξει με ακρίβεια το πλαίσιο λειτουργίας και συντήρησης των συστημάτων μέτρησης, που έχουν εγκατασταθεί, και κατόπιν να εκτιμήσει το όποιο ζήτημα ανιχνευτεί, ώστε να προταθεί ως μελλοντική παρέμβαση και άρα να διορθωθεί. Όμως ο επιθεωρητής απαιτείται να λάβει και μετρήσεις, προκειμένου να αποκτήσει πλήρη εικόνα της λειτουργίας του πλοίου, ώστε να είναι σε θέση εισήγησης τυχόν παρεμβάσεων βελτίωσης, οπότε και σχεδιάζει και υλοποιεί ένα πρόγραμμα λήψης νέων μετρήσεων. Το πρόγραμμα αυτό καταρτίζεται ανάλογα με τις ανάγκες και τις απαιτήσεις του εκάστοτε πλοίου, αξιοποιώντας μετρήσεις τόσο από υφιστάμενα όργανα μέτρησης όσο και φορητά. Οι μετρήσεις αυτές λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης και, επομένως, δεν σχετίζονται με κάποια δεδομένη χρονική βάση, τουναντίον συνιστούν μέτρηση προς εκτίμηση της στιγμιαίας ενεργειακής απόδοσης (von Knorring, 2019; Suthipong et al., 2016).

Οι μετρήσεις, οι οποίες λαμβάνονται από τον επιθεωρητή στη διάρκεια της ενεργειακής επιθεώρησης, δεν δύναται να αφορούν την ενέργεια καθ' αυτή αλλά την ισχύ. Τούτο διότι, όπως σημειώθηκε και ανωτέρω, η μέτρηση της ενέργειας απαιτεί δεδομένα μεγάλου χρονικού εύρους. Οι επιτόπιες μετρήσεις δεν μπορούν αξιόπιστα να μετρήσουν την ενέργεια, γι' αυτό το λόγο υπολογίζουν την κατανάλωση της ενέργειας μέσω της ισχύος. Η ισχύς, σύμφωνα με τον ορισμό της, είναι ο ρυθμός μεταβολής του έργου ή, με άλλα λόγια, η ενέργεια που καταναλώνεται στη μονάδα του χρόνου. Ως στιγμιαίο μέγεθος, απαιτείται μονάχα να ελεγχθεί, προ της λήψης δείγματος μέτρησης, η κατάσταση (θερμοδυναμικής) ισορροπίας του συστήματος, προκειμένου να πιστοποιηθεί ότι οι ενδείξεις μέτρησης εμφανίζουν μια σταθερότητα, επιτρέποντας την εξαγωγή συμπερασμάτων. Τα φορητά όργανα μέτρησης, μολονότι προσφέρουν αυτονομία στον επιθεωρητή κατά τη διάρκεια της αυτοψίας, δεν δύναται να εκμαιεύσουν τη μηνιαία ή την ετήσια κατανάλωση ενέργειας ενός πλοίου, ωστόσο παρέχουν τη δυνατότητα, μέσω των στοιχείων που παρέχουν, να δημιουργηθεί ένα πρότυπο κατανάλωσης καθώς και να υπολογιστεί ο βαθμός απόδοσης των ενεργειακών εγκαταστάσεων (Suthipong et al., 2016).

Κατά την έναρξη της ενεργειακής επιθεώρησης ο επιθεωρητής οφείλει να προσδιορίσει το είδος των μετρήσεων, οι οποίες θα λάβουν χώρα, καθώς και τα όργανα, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στη διαδικασία μέτρησης. Κατά την αυτοψία, ο επιθεωρητής έχει τη δυνατότητα να διενεργήσει περαιτέρω ελέγχους και μετρήσεις, ωστόσο ως



*“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”*

καταγραφές θα είναι επικουρικές. Οι κύριες μετρήσεις, που λαμβάνουν οι επιθεωρητές κατά τη διαδικασία της ενεργειακής επιθεώρησης, αφορούν παροχές καυσίμων, ηλεκτρικές μετρήσεις, θερμοκρασίες επιφανειών, πιέσεις, εκπομπές αερίων ρύπων, υγρασία. Προς λήψη των αντίστοιχων μετρήσεων απαιτούνται κατάλληλα φορητά όργανα, τα οποία δύναται να εξάγουν αξιόπιστα αποτελέσματα. Προκειμένου να τηρείται ένα ολοκληρωμένο ιστορικό παρακολούθησης των δεδομένων, που λαμβάνονται μέσω μετρήσεων, όπου δύναται, συνιστάται να χρησιμοποιούνται φορητά όργανα, τα οποία διαθέτουν θύρα εξόδου, μέσω της οποίας ανά πάσα στιγμή δύναται να συνδεθούν με ηλεκτρονικό υπολογιστή και σε αυτόν να μεταφερθεί / καταγραφεί το συλλεχθέν σύνολο δεδομένων μέτρησης. Ο επιθεωρητής έχει διακριτική ευχέρεια χρήσης όποιου οργάνου εξυπηρετεί καλύτερα τον σκοπό της εκάστοτε μέτρησης, την οποία επιθυμεί να διεξαγάγει, δεδομένου ότι υπάρχουν πολλές κατηγορίες οργάνων, όπως περιγράφεται στις επόμενες παραγράφους.

Το πρόγραμμα μετρήσεων διαμορφώνεται από τον επιθεωρητή πριν την άφιξή του στο πλοίο. Σε περίπτωση, που διαπιστώσει κατά την άφιξή του ότι το πλοίο δεν διαθέτει τα κατάλληλα εγκατεστημένα όργανα, προκειμένου να λάβει τα επιθυμητά δεδομένα μετρήσεων, τότε εκ νέου πρέπει να διαμορφώσει αναλυτικό πρόγραμμα βάσει των φορητών οργάνων μέτρησης, που θα χρησιμοποιήσει, αλλά και των στόχων, που επιδιώκει να επιτύχει με αυτές τις μετρήσεις. Σκοπός του επιθεωρητή είναι να επιβεβαιώσει ότι θα λάβει ικανά δεδομένα, μέσω αυτών των μετρήσεων, τα οποία θα αποτυπώσουν πλήρως την ενεργειακή κατανάλωση του πλοίου καθώς και θα επιτρέψουν την ανάδειξη προτεινόμενων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας σε αυτό. Ο κυρίαρχος στόχος του επιθεωρητή, δημιουργώντας το πρόγραμμα μετρήσεων, είναι να δημιουργήσει ένα ολοκληρωμένο σύστημα ελέγχου, το οποίο θα είναι αποδοτικό ως προς την εισήγηση μελλοντικών ενεργειακών παρεμβάσεων, ταυτόχρονα, όμως, να προτείνει και ένα σύστημα λήψης μετρήσεων, το οποίο θα είναι ικανό να παρέχει μια ακριβή απεικόνιση των τιμών των λειτουργικών εγκαταστάσεων του πλοίου επί σταθερής βάσεως. Η διάρκεια των μετρήσεων εξαρτάται αποκλειστικά από το είδος των παρεμβάσεων, οι οποίες θα προταθούν και εν τέλει υιοθετηθούν στο πλοίο. Για παράδειγμα, λαμβάνεται περιορισμένο εύρος μετρήσεων όταν η επιθεώρηση επιδιώκει την ενεργειακή αναβάθμιση εξοπλισμού υπό σταθερό φορτίο, ενώ απαιτείται μεγαλύτερο εύρος μετρήσεων όταν ο εξοπλισμός αφορά μεταβαλλόμενο φορτίο. Υπάρχουν, όμως, και περιπτώσεις, που η διάρκεια και το εύρος των μετρήσεων δεν δύναται να καθοριστεί προκαταβολικά, διότι απαιτούνται δεδομένα, τα οποία εκτιμώνται



σε ετήσια βάση, προκειμένου να διαπιστωθεί η πραγματική ενέργεια, που καταναλώνουν (π.χ. ωρομέτρηση χρήσης φωτισμού) [von Knorring, 2019].

4.3.3.1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Προς λήψη μετρήσεων ηλεκτρικών παραμέτρων σε κάθε υπό μελέτη διάταξη χρησιμοποιούνται τα κάτωθι όργανα μέτρησης:

- αμπερόμετρο, το οποίο μετρά το ρεύμα, που διαρρέει την υπό μελέτη διάταξη.
- βολτόμετρο, το οποίο μετρά την τάση ή την πτώση τάσης στην υπό μελέτη διάταξη.
- βαττόμετρο, το οποίο μετρά τη στιγμιαία κατανάλωση (προς κινητήρες ή φορτία) ή παραγωγή (από γεννήτριες) ισχύος.
- μετρητής συντελεστή ισχύος (cosφ), ο οποίος μετρά το συντελεστή ισχύος της υπό μελέτη διάταξης ή ελέγχει τα συστήματα διόρθωσης.
- πολύμετρο, το οποίο μετρά όλα τα ανωτέρω.
- φορητός παλμογράφος, όργανο που συνδυάζει την οπτική απεικόνιση – ερμηνεία – καταγραφή δεδομένων, την ανάλυση τάσεων, την φασματική ανάλυση, τη μέτρηση χωρητικότητας – αντίστασης – συνεχούς και εναλλασσόμενης τάσης – μονοφασικής και τριφασικής ισχύος – συνολικής (μετρούμενη σε kVA), ενεργούς (μετρούμενη σε kW) και άεργης (μετρούμενη σε kvar, Volt-Ampere reactive) ισχύος – συντελεστή ισχύος – συχνότητας – ρεύματος κλπ.

Σχήμα 4.4: Όργανα μέτρησης ηλεκτρικών παραμέτρων.



(Πηγή: <https://cutt.ly/TVRH9af>)

Τα ως άνω όργανα είναι συνήθως φορητά. Προς λήψη μετρήσεων τοποθετούνται με δαγκάνες πάνω στα καλώδια. Μετρήσεις κατανάλωσης ισχύος και ενέργειας ενδείκνυται να



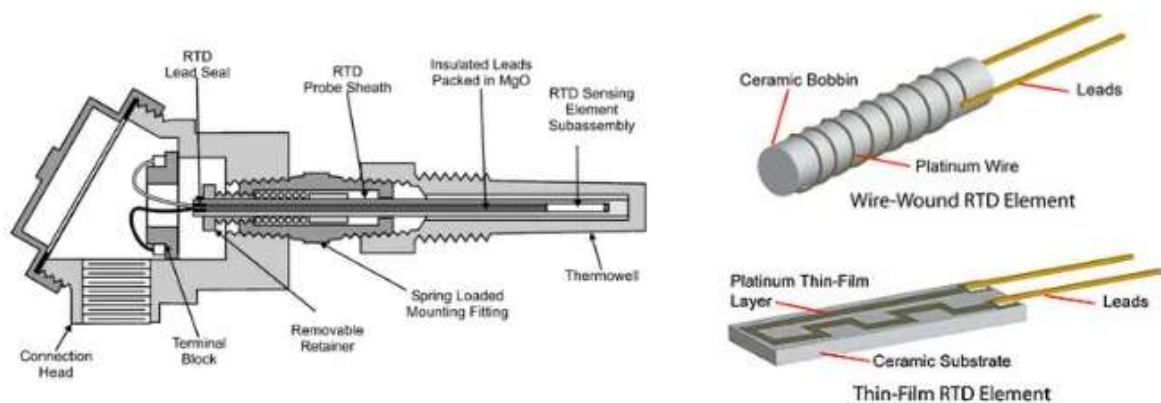
πραγματοποιούνται σε κάθε ενεργοβόρο τμήμα ή εγκατάσταση του πλοίου. Επειδή το κόστος των διατάξεων αυτών είναι συνήθως μικρό, θα πρέπει να διερευνάται η εγκατάσταση μόνιμων μετρητών στις ανωτέρω περιπτώσεις. Σημειώνεται ότι για ηλεκτρικά φορτία, τα οποία δεν αναμένεται να εμφανίζουν ημιτονοειδείς κυματομορφές (για παράδειγμα οι κινητήρες μεταβλητών στροφών, τα συστήματα αδιάλειπτης παροχής ισχύος), πρέπει να αξιοποιούνται μετρητές ρίζας του μέσου των τετραγώνων της κυματομορφής (Root Mean Square, RMS), τα οποία αξιοποιούν την αρχή της ψηφιακής δειγματολογίας, οπότε και δύναται συνεπώς να υποκατασταθούν από μετρητικές διατάξεις βάσει υπολογιστή.

4.3.3.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Προς λήψη μετρήσεων θερμοκρασίας χρησιμοποιούνται τα κάτωθι όργανα μέτρησης (Boyko & Hotra, 2018; Kang et al., 2016)⁶²:

- θερμοκρασιακοί ανιχνευτές αντίστασης (Resistance Thermometer Detectors, RTD), οι οποίοι είναι ιδιαίτερης ακρίβειας και συγκαταλέγονται μεταξύ των πλέον εξελιγμένων τεχνολογικά οργάνων. Διαθέτουν εσωτερικά σήματα βαθμονόμησης.

Σχήμα 4.5: Θερμοκρασιακοί ανιχνευτές αντίστασης.



(Πηγή: <https://cutt.ly/vLOCIM>)

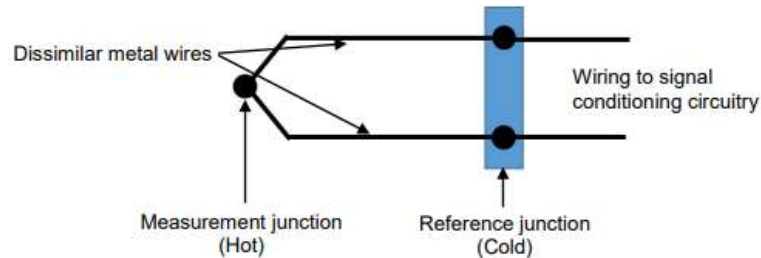
- θερμοστοιχεία (Thermocouple), τα οποία καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών (από μερικούς βαθμούς έως και 1000°C) και συνιστούν την πλέον συνήθη τεχνολογία και μάλιστα σχετικά χαμηλού κόστους. Χρηζουν τακτικής

⁶² τα κλασικά απλά θερμομέτρα πλήρωσης (π.χ. θερμομέτρα υδραργύρου) έχουν καλή σχετικά ακρίβεια και μπορούν να χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις μεμονωμένων μετρήσεων.



βαθμονόμησης μέσω ειδικών οργάνων. Χαρακτηριστικό τους μειονέκτημα συνιστά το γεγονός ότι διαθέτουν ασθενές σήμα, που καθίσταται ευάλωτο σε βιομηχανικό θόρυβο.

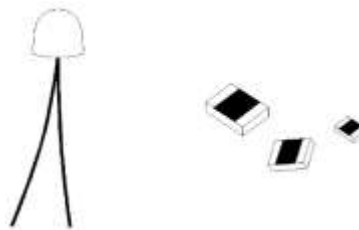
Σχήμα 4.6: Θερμοστοιχείο.



(Πηγή: Kang et al., 2016)

- θερμοκρασιακοί αισθητήρες ημιαγωγών (Thermistors), οι οποίοι εμφανίζουν ισχυρό και γραμμικό με τη θερμοκρασία σήμα, ενώ διαθέτουν δυνατότητα αυτόματου μηδενισμού. Αξιοποιούνται ως μόνιμοι μετρητές χαμηλού κόστους.

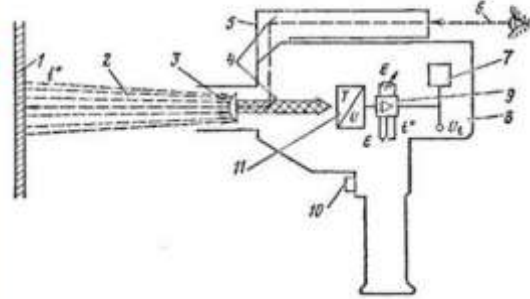
Σχήμα 4.7: Thermistor.



(Πηγή: Kang et al., 2016)



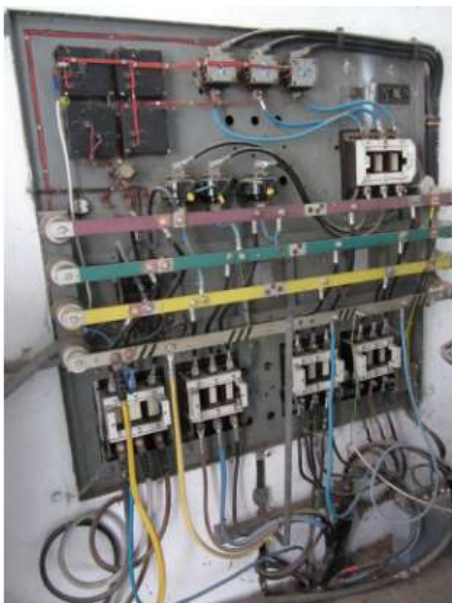
Σχήμα 4.8: Πυρόμετρο ακτινοβολίας.



(Πηγή: <https://cutt.ly/fVLJx8c>)

- πυρόμετρα ακτινοβολίας, τα οποία μετρούν εξ αποστάσεως τη θερμοκρασία, ανιχνεύοντας την θερμική ακτινοβολία των σωμάτων, και αναδεικνύουν προβλήματα μόνωσης, εντοπίζοντας «καυτά» σημεία. Είναι φορητά και εύκολα στη χρήση. Εμφανίζουν περιορισμένη ακρίβεια και απαιτούν γνώση του συντελεστή θερμοεκπομπής. Στην κατηγορία αυτή εμπίπτουν και μετρητές υπέρυθρης θερμογραφίας (Infrared Thermography), που ανιχνεύουν την εκπεμπόμενη από ένα αντικείμενο υπέρυθη ακτινοβολία, η οποία είναι ανάλογη της θερμοκρασίας του και που απεικονίζεται σε θερμική εικόνα (Glavaš et al., 2016; Monieta, 2018).

Σχήμα 4.9: Υπέρυθη εικόνα που αναδεικνύει απώλεια θερμότητας (με μπλε χρώμα).



(Πηγή: Glavaš et al., 2016)

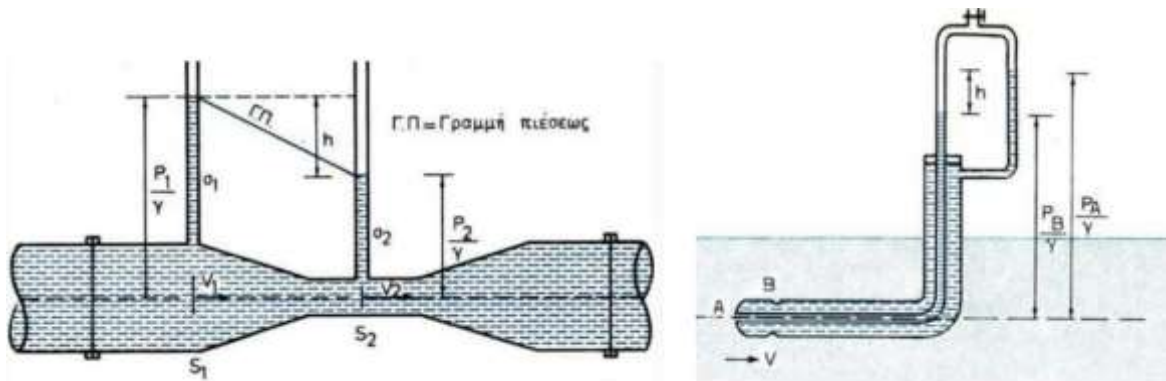


4.3.3.3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

Προς εκτίμηση της ροής θερμότητας, μέσω κάποιου ρευστού, μετράται συνήθως η παροχή μάζας ή όγκου. Σχετικές τυπικές μετρήσεις συνιστούν οι μετρήσεις παροχής υγρών/αερίων καυσίμων, ατμού και θερμού/ψυχρού νερού ή αέρα. Εγκατάσταση μετρητών καυσίμου απαιτείται στους μεγάλους λέβητες και συνίσταται στα δίκτυα ατμού ή στις παροχές νερού διεργασιών και λεβητοστασιών. Συνδυαστικά με τη μέτρηση διαφοράς θερμοκρασίας, η μέτρηση παροχής επιτρέπει τη θερμοδομέτρηση ρευμάτων και ροών ενέργειας. Κάθε μετρητής επιλέγεται βάσει του είδους του ρευστού, των προσμίξεων και των διαβρωτικών ουσιών, του εύρους διακύμανσης των ταχυτήτων και του περιορισμού του κόστους. Προς λήψη μετρήσεων παροχής διατίθενται (Adefila et al., 2017; Kang et al., 2016; TEE, 2011):

- μετρητές διαφορικής πίεσης (τύπου διάτρητου διαφράγματος, σωλήνα Venturi⁶³ ή σωλήνα Pitot).

Σχήμα 4.10: Σωλήνας Venturi (αριστερά) και Pitot (δεξιά).



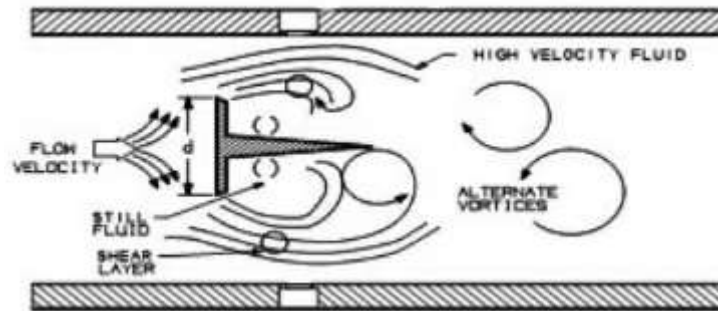
(Πηγή: <https://cutt.ly/5VZw4cE>)

- παρεμβαλλόμενοι μετρητές [τύπου μεταβλητής διατομής, θετικής μετατόπισης, στροβίλου ή δινομετρητή (vortex meter)].

⁶³ Κατά την αύξηση της ταχύτητας από το σημείο εισόδου προς τη στένωση, διαπιστώνεται πτώση πίεσης, το μέγεθος της οποίας εξαρτάται από το ρυθμό ροής. Ο ρυθμός αυτός δύναται να υπολογιστεί από τη διαφορά πιέσεων, όπως αυτή προκύπτει από μανόμετρο, πιεζόμετρο ή άλλους μετρητές πίεσης, οι οποίοι τοποθετούνται στο σημείο στένωσης και πριν από αυτό. Η ταχύτητα ροής είναι ευθέως ανάλογη της τετραγωνικής ρίζας της διαφοράς πίεσης, άρα ένας ενδεικτής δύναται να βαθμονομηθεί κατευθείας σε μονάδες ταχύτητας, ογκομετρικού ρυθμού ροής ή ρυθμού ροής μάζας.



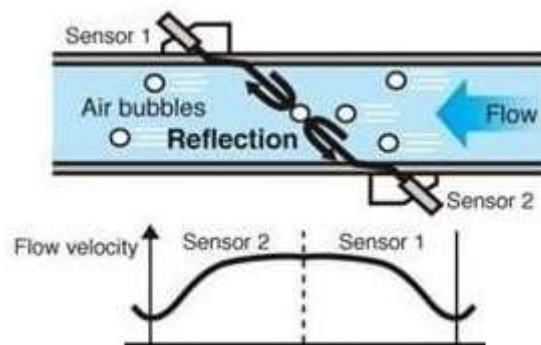
Σχήμα 4.11: Δινομετρητής.



(Πηγή: <https://cutt.ly/KVZufJ5>)

- μη παρεμβαλλόμενοι μετρητές (τύπου υπερήχων, μαγνητικού μετρητή).

Σχήμα 4.12: Μετρητής ροής τύπου υπερήχων.



(Πηγή: <https://cutt.ly/5VZuXOa>)

- μετρητές μάζας (τύπου Coriolis ή στροφορμής)

Ως φορητοί μετρητές αξιοποιούνται συνήθως οι σωλήνες Pitot⁶⁴ και οι μη παρεμβαλλόμενοι μετρητές. Η μεγάλη εξέλιξη των μετρητών υπερήχων επιτρέπει ακρίβεια μέτρησης της τάξης του 1-2%. Οι εν λόγω μετρητές χρειάζονται σχετικά καθαρά ρευστά, είναι εύκολοι στη χρήση και τοποθετούνται με δαγκάνες επί των σωληνώσεων της μετρούμενης ροής. Για μόνιμες μετρήσεις οι πλέον συνήθεις μετρητές ροής θερμότητας είναι οι μετρητές τύπου στροβίλου και οι δινομετρητές. Γενικότερα η λήψη μετρήσεων παροχής είναι από τις πλέον δύσκολες και προς τούτο απαιτείται τακτική βαθμονόμηση των μετρητών (Adefila et al., 2017; Kang et al., 2016; TEE, 2011).

⁶⁴ συνοδεύονται με ηλεκτρονικό μανόμετρο προς μέτρηση ταχύτητας.



4.3.3.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΑΕΡΑ

Οι μετρήσεις υγρασίας γίνονται κατά κανόνα με θερμομέτρα ξηρού και υγρού βολβού, οι οποίες χρήζουν ιδιαίτερα χρονοβόρων διαδικασιών αλλά και προσοχής κατά την προεργασία τους, ενώ υπάρχουν και ηλεκτρονικοί μετρητές, που παρέχουν άμεση μέτρηση αλλά περιορίζονται σε θερμοκρασίες έως 60°C (Kang et al., 2016).

4.3.3.5 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

Οι μετρήσεις αυτές λαμβάνουν χώρα προς ανάλυση της ενεργειακής απόδοσης της καύσης σε λέβητες και καυστήρες. Περιλαμβάνουν τη μέτρηση του διοξειδίου του άνθρακα, του μονοξειδίου του άνθρακα, των οξειδίων του θείου και του αζώτου, την περιεκτικότητα σε αιθάλη και τη θερμοκρασία. Συνήθως οι μετρήσεις αυτές γίνονται με συμβατικά φορητά όργανα⁶⁵, χαμηλής αξίας, πλέον όμως διατίθενται και ηλεκτρονικοί αναλυτές καυσαερίων⁶⁶, που υποστηρίζουν ταχεία μέτρηση όλων των ανωτέρω παραμέτρων, υπολογίζοντας ταυτόχρονα και τον βαθμό απόδοσης της καύσης. Οι εν λόγω μετρητές ενσωματώνουν σύστημα αυτόματου μηδενισμού και βαθμονόμησης (Adefila et al., 2017).

4.3.3.6 ΛΟΙΠΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Λοιπές συνήθεις μετρήσεις, οι οποίες λαμβάνουν χώρα κατά την επιθεώρηση, είναι (Kang et al., 2016; TEE, 2011):

- μετρήσεις της έντασης φωτισμού, προς ανίχνευση υπερβάσεων φωτισμού πέραν των ενδεδειγμένων ορίων.
- μετρήσεις των συνολικά διαλυμένων στερεών (Total Dissolved Solids, TDS) στο νερό του λέβητα, προς έλεγχο της κατάστασης του συστήματος κατεργασίας νερού και βελτιστοποίηση της ποσότητας του εκτονωνόμενου νερού στρατσώνας (Blowdown water).
- μετρήσεις πίεσης (στατικής ή ολικής) των ρευστών, προς έλεγχο της κατάστασης λειτουργίας μίας συσκευής (π.χ. μετρήσεις πίεσης καυσαερίων στην έξοδο του λέβητα) ή έλεγχο περιθωρίων εισαγωγής εναλλακτών ανάκτησης θερμότητας.

⁶⁵ που μετρούν σε συνθήκες ξηρού καυσαερίου

⁶⁶ που μετρούν τη σύσταση του καυσαερίου σε συνεχή βάση και σε πραγματικές συνθήκες.



- μετρήσεις ανίχνευσης της κατάστασης των ατμοπαγίδων, προς έλεγχο και αντικατάσταση / επιδιόρθωση των ελαττωματικών συσκευών.

4.4 ΑΝΑΦΟΡΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

Μια αναφορά ενεργειακής επιθεώρησης (audit report) εξυπηρετεί τους εξής σκοπούς:

- παρουσιάζει ευσύνοπτα τα στοιχεία, που συγκεντρώθηκαν πριν και κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης του πλοίου, απεικονίζοντας την υφιστάμενη ενεργειακή του κατάσταση,
- αναδεικνύει προοπτικές εξοικονόμησης ενέργειας (Energy Saving Potentials, ESPs),
- εκτιμά προκαταρκτικά τις ποσότητες ενέργειας, οι οποίες δύναται να εξοικονομηθούν εάν υιοθετηθούν εναλλακτικές διαδικασίες, μέθοδοι και εξοπλισμός,
- εκτιμά προκαταρκτικά το κόστος υιοθέτησης των ESPs.

Αξιοποιώντας τα στοιχεία της παραγράφου 4.3.2 σε κάθε συγκεκριμένη ενεργειακή επιθεώρηση, υπολογίζονται ανά διακριτό σύστημα και συγκεντρώνονται τα ESPs, τα οποία κατόπιν εξετάζονται κατά πόσο πρακτικά είναι, συμβάλλοντας τελικά στη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου, που είναι και το ζητούμενο. Αυτό θα γίνει, εκτιμώντας τον δείκτη ΕΕΟΙ πριν και μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων ενεργειακής εξοικονόμησης, με βάση τα εκάστοτε στοιχεία ταξιδιού. Αρχικά, ταξινομούνται τα ESPs βάσει του βαθμού ευκολίας και σκοπιμότητας (feasibility), που κρίνεται να εφαρμοστούν, και περαιτέρω βάσει της σχέσης κόστους / οφέλους, την οποία εμφανίζουν. Για παράδειγμα, ανάμεσα σε δύο μέτρα, τα οποία εμφανίζουν υψηλή σκοπιμότητα και δύναται να υιοθετηθούν εύκολα, με απλή διαχείριση χωρίς παρεμβάσεις, δηλαδή με μηδενικό κόστος, ευλόγως υψηλότερα στην κλίμακα θα είναι αυτό που θα αποφέρει την μεγαλύτερη εξοικονόμηση, δηλαδή τα υψηλότερα οφέλη. Αν δύο μέτρα ίδιου βαθμού ευκολίας και σκοπιμότητας εμφανίζουν ίδιες κλίμακες κόστους / οφέλους (π.χ μεσαίου κόστους / μεσαίου οφέλους), προτεραιότητα εμφανίζει εκείνο με συνολικά μεγαλύτερο κέρδος ή εκείνο, στο οποίο ουσιαστικά γίνεται πιο γρήγορα απόσβεση (von



Knorring, 2019; Bazari, 2013; Lim et al., 2016; Marantis, 2012; Winkel et al., 2015; CRES, 2000).

4.5 ΠΡΟΦΙΛ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΗ

Οι επιθεωρητές, οι οποίοι είναι αρμόδιοι για τη διεξαγωγή ενεργειακών επιθεωρήσεων, εκτός των ακαδημαϊκών προσόντων, που απαιτείται να κατέχουν προκειμένου να είναι σε θέση να φέρουν εις πέρας την ανωτέρω διαδικασία, πρέπει να διακρίνονται και από συγκεκριμένα χαρακτηριστικά προσωπικότητας. Η αντικειμενικότητα και η έλλειψη προκατάληψης, έναντι τόσο της εκάστοτε ναυτιλιακής επιχείρησης όσο και του εκάστοτε πλοίου, είναι τα κυριότερα εξ αυτών, αφού οι επιθεωρητές πρέπει να δρουν πολλές φορές ενάντια στις επιθυμίες των ναυτιλιακών επιχειρήσεων, επομένως δεν πρέπει να επηρεάζονται από τις όποιες ενέργειες κάθε ναυτιλιακής. Όσοι επιθυμούν να εγγραφούν στο μητρώο επιθεωρητών, σύμφωνα με το άρθρο 4 του ΠΔ 16/2011⁶⁷ και την Οδηγία 2009/16/ΕΚ⁶⁸, θα πρέπει να είναι διπλωματούχοι ειδικότητας Ναυπηγού, Μηχανολόγου, Ηλεκτρολόγου ή συναφούς αντικειμένου και καλοί γνώστες της αγγλικής γλώσσας. Οι απαιτήσεις εξειδικεύονται περαιτέρω ανάλογα με τον τομέα της επιθεώρησης, που κάθε φορά λαμβάνει χώρα.⁶⁹ Με αυτές τις γνώσεις θα είναι σε θέση να παρακολουθήσουν την όποια τυχούσα περαιτέρω επιμόρφωση απαιτηθεί σε μέλλοντα χρόνο.

4.6 ΕΞ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΕΙΣ

Κατά τη διάρκεια της πανδημίας κορονοϊού COVID-19 αναζητήθηκαν και διαμορφώθηκαν λύσεις προς επίτευξη αδιάλειπτης λειτουργίας της ναυτιλίας, υπό πλαίσιο ασφάλειας και τήρησης των κανονισμών. Καθώς το ενδεχόμενο διακοπής της οικονομικής αυτής δραστηριότητας δεν ήταν εφικτό, λόγω του γεγονότος ότι συνιστούσε την κύρια όδευση μεταφοράς εμπορευμάτων διεθνώς, έπρεπε άμεσα να αναζητηθούν εναλλακτικές προσεγγίσεις, οι οποίες θα εξασφάλιζαν την ποιότητα υπηρεσιών, εφάμιλλων της προ πανδημίας περιόδου. Το 2020, για πρώτη φορά γενικευμένα, δημιουργήθηκε η ανάγκη

⁶⁷ <https://cutt.ly/YCpLS2l>, (19/08/2022).

⁶⁸ <https://cutt.ly/RCpLB2e>, (19/08/2022).

⁶⁹ <https://cutt.ly/nCp0Tyf>, (19/08/2022).



“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”

διαμόρφωσης συνθηκών εξ αποστάσεως απασχόλησης, λόγω του γεγονότος ότι οι έκτακτες υγειονομικές συνθήκες δεν πρόκριναν την κοινωνική επαφή. Την ίδια χρονική περίοδο επιχειρήθηκε μια καινοτομία στις ναυτιλιακές επιχειρήσεις, όπου έλαβαν χώρα οι πρώτες ενεργειακές επιθεωρήσεις εξ αποστάσεως. Ο επιθεωρητής, με τη χρήση κατάλληλου τεχνολογικού εξοπλισμού και τη συνδρομή του πληρώματος, ολοκλήρωνε την απαιτούμενη διαδικασία, παρέχοντας στο υπό επιθεώρηση πλοίο τα απαραίτητα έγγραφα, προκειμένου αυτό να συνεχίσει το έργο του, χωρίς χρονικές καθυστερήσεις. Το ποσοστό των εξ αποστάσεως επιθεωρήσεων αυξήθηκε κατά 25% τα τελευταία δύο χρόνια, συνιστώντας ένα σημαντικό εργαλείο της ναυτιλίας, για το οποίο η ναυτιλιακή βιομηχανία επέδειξε μεγάλο ενδιαφέρον, αφού ως διαδικασία επιτύγχανε το ζητούμενο εύστοχα και γρήγορα.⁷⁰

Η εξ αποστάσεως διαδικασία της ενεργειακής επιθεώρησης δεν μεταβάλλει τους στόχους της διαζώσης διαδικασίας ούτε και τις μετρήσεις ή τους ελέγχους, που απαιτούνται να λάβουν χώρα στις εγκαταστάσεις του πλοίου. Ο ενεργειακός επιθεωρητής μπορεί να μην έχει φυσική παρουσία στις εγκαταστάσεις του πλοίου, δύναται όμως μέσω του κέντρου ελέγχου και αξιοποιώντας ομοίως την εμπειρία και οξύνειά του να αποκτήσει πρόσβαση στο σύνολο των απαιτούμενων πληροφοριών προς επιτυχή ολοκλήρωση του έργου της ενεργειακής επιθεώρησης. Με τη χρήση ψηφιακών εφαρμογών, όπως το Lloyd's Register (LR) Remote⁷¹, εξασφαλίζεται επικοινωνία με το πλήρωμα του πλοίου προς καταγραφή των μετρήσεων όλων των συστημάτων ενέργειας και μεταφοράς των πληροφοριών αυτών στον επιθεωρητή προς υλοποίηση υπολογισμών. Για την επιθεώρηση των δεξαμενών έρματος ή των δεξαμενών φορτίου του πλοίου αξιοποιείται τεχνολογία UAS (Unmanned Aerial System) και ROV (Remotely Operated Vehicles).⁷² Με το πέρας της διαδικασίας ο επιθεωρητής δύναται να συντάξει έκθεση, προτείνοντας παρεμβάσεις άμεσης ή μακροπρόθεσμης ενεργειακής επιρροής, προκειμένου το πλοίο να συγκλίνει στους κανονισμούς και στα επιτρεπτά όρια των δεικτών ενεργειακής κατανάλωσης. Στις εξ αποστάσεως επιθεωρήσεις τα εκδοθέντα πιστοποιητικά φέρουν μεν την ένδειξη *REMOTE*, ωστόσο αυτό δεν επιφέρει καμία ουσιαστική επίπτωση, αφού η ισχύς τους είναι ισάξια με τα αντίστοιχα των διαζώσης επιθεωρήσεων.⁷³

⁷⁰ <https://cutt.ly/sCEJQ9J>, (19/08/2022).

⁷¹ <https://cutt.ly/GCYYcAd>, (19/08/2022).

⁷² <https://cutt.ly/vCYUycG>, (19/08/2022).

⁷³ <https://cutt.ly/iCYAeLL>, (19/08/2022).



“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”

Όπως κάθε ενέργεια, η οποία λαμβάνει χώρα με τη χρήση της τεχνολογίας, έτσι και στις ενεργειακές επιθεωρήσεις τίθεται ο προβληματισμός του κινδύνου αντικατάστασης από αυτήν του ανθρώπινου δυναμικού, που απασχολείται σε αυτή τη δραστηριότητα. Ωστόσο, μολονότι η χρήση τεχνολογικού εξοπλισμού είναι μονόδρομος, ειδικότερα σε περιστάσεις κοινωνικής απομόνωσης, που η πανδημία του κορονοϊού COVID-19 απαίτησε, δεν δύναται να εκλείψει ή να υποκατασταθεί ο θεσμός του επιθεωρητή. Η εμπειρία, οι γνώσεις καθώς και η ικανότητα λήψης σύνθετων αποφάσεων συνιστούν χαρακτηριστικά, τα οποία η υφιστάμενη τεχνολογία δεν δύναται να εξασφαλίσει σε καλύτερο βαθμό συγκριτικά με έναν άρτια καταρτισμένο εμπειρογνώμονα. Στις περιπτώσεις, δηλαδή, των εξ αποστάσεως ενεργειακών επιθεωρήσεων τα τεχνολογικά μέσα έχουν επικουρικό ρόλο, προκειμένου ο επιθεωρητής να επιτύχει τον σκοπό του και δεν αποσκοπούν στη μελλοντική υποκατάσταση του ρόλου του. Εξάλλου, δεν είναι η πρώτη φορά που γίνονται προσπάθειες εκσυγχρονισμού, αξιοποιώντας τεχνολογικές καινοτομίες στα πλοία, αφού το 2017 ο ΙΜΟ πρότεινε τη χρήση διαδικτυακών τεχνολογιών για την εξ αποστάσεως διαχείριση συστημάτων και λειτουργιών ενός πλοίου.⁷⁴

Πλέον η χρήση διαδικτυακής τεχνολογίας καθίσταται αναγκαία για τη λειτουργία και διαχείριση ενός πλοίου, ωστόσο υφίστανται πολλές κριτικές για την εξασφάλιση της προστασίας τόσο του ίδιου του πλοίου όσο και του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Όπως έχει επισημάνει και ο ΙΜΟ, η χρήση διαδικτυακής τεχνολογίας προς διαχείριση των λειτουργιών ενός πλοίου απαιτεί και αυξημένα μέτρα προστασίας από κυβερνοεπιθέσεις, οι οποίες δύναται να αποβούν καταστροφικές για τη λειτουργική κατάσταση του πλοίου. Τέτοιες επιθέσεις μπορούν να αποφευχθούν, λαμβάνοντας τα σωστά μέτρα προστασίας των συστημάτων και την τακτική προστασία των διαδικτυακών εφαρμογών ελέγχου από κακόβουλο λογισμικό (ιούς). Με τη λήψη κατάλληλων μέτρων και αντιμέτρων δύναται τα τεχνολογικά μέσα και ο διαδικτυακός έλεγχος των συστημάτων να αξιοποιηθούν στο πλαίσιο ορθής διαχείρισης του πλοίου. Διαδικτυακή τεχνολογία δύναται να αξιοποιηθεί στη συνδρομή της διαχείρισης των συστημάτων γέφυρας, του φορτίου, της πρόωσης και των μηχανών, της ενεργειακής κατανάλωσης, των συστημάτων ελέγχου πρόσβασης, της εξυπηρέτησης πληρώματος και επιβατών, των συστημάτων ελέγχου ευημερίας του πληρώματος και των συστημάτων επικοινωνίας. Πολλές λειτουργίες, οι οποίες ως τώρα διαχειρίζονταν από το πλήρωμα του πλοίου, πλέον μέσω διαδικτυακών εφαρμογών δύναται

⁷⁴ <https://cutt.ly/ICYSOSF>, (19/08/2022).



“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”

να διαχειρίζονται εξ αποστάσεως από την υποδομή ξηράς της ναυτιλιακής επιχείρησης. Έτσι, το πλήρωμα του πλοίου δύναται να εστιάσει στη διαφύλαξη της καλής λειτουργίας των εγκαταστάσεων του πλοίου, επιδιώκοντας την επιτυχή ολοκλήρωση του εκάστοτε ταξιδιού. Μετρήσεις, υπολογισμοί και μέτρα θα προωθούνται αυτόματα από και προς το πλοίο μέσω διαδικτυακών εφαρμογών, όπου το πλήρωμα θα παρεμβαίνει μόνο όταν κρίνεται απαραίτητο προς αποκατάσταση λειτουργικών προβλημάτων (Hummelholm et al., 2021).

Εισάγοντας το πλοίο στη νέα αυτή τεχνολογική εποχή, το έργο του ενεργειακού επιθεωρητή καθίσταται πιο εύκολο, αφού έχοντας στη διάθεσή του όλες τις μετρήσεις επιμέρους συστημάτων του πλοίου καθώς και την ενεργειακή κατάσταση των λειτουργιών του, θα μπορεί άμεσα, χωρίς να χάνεται πολύτιμος χρόνος, όπου το πλοίο θα μπορούσε να συνεισφέρει στις θαλάσσιες μεταφορές, να προβαίνει σε υπολογισμούς δεικτών και εισήγηση παρεμβάσεων ενεργειακής βελτίωσης. Συμπερασματικά, λοιπόν, η χρήση διαδικτυακής τεχνολογίας συνιστά μια σημαντική προσθήκη στην προσπάθεια βελτίωσης της ενεργειακής κατανάλωσης, προκειμένου να προστατευτεί το περιβάλλον. Εάν τα απαιτούμενα δεδομένα του πλοίου ήταν διαδικτυακά –και άρα ανά πάσα στιγμή– διαθέσιμα, θα μπορούσε ο επιθεωρητής να διεξάγει παραπάνω από μία ενεργειακή επιθεώρηση κατ’ έτος ανά πλοίο, επιτυγχάνοντας έτσι πιο ουσιαστικό έλεγχο στη ναυτιλιακή επιχείρηση, η οποία θα ωθούνταν στην άμεση ρύθμιση των λειτουργιών της, που θα έχρηζαν ενεργειακής παρέμβασης (Hummelholm et al., 2021).



5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ενεργειακή επιθεώρηση συνιστά μια διαδικασία, η οποία είναι καθοριστική για την αξιόπιστη εκτίμηση του ενεργειακού αποτυπώματος ενός πλοίου προς εντοπισμό των συστημάτων, των υποσυστημάτων και του εξοπλισμού, που χρήζει βελτίωσης και εφαρμογής μέτρων ενεργειακής βελτίωσης και είναι απαραίτητη για την υποστήριξη ενός προγράμματος ενεργειακής διαχείρισης του πλοίου. Η αξιοπιστία της ενεργειακής επιθεώρησης εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες. Αρχικά, από τη δυνατότητα του ενεργειακού επιθεωρητή να εντοπίσει και αξιολογήσει επαρκώς τα προσκομισθέντα δεδομένα. Τα απαραίτητα στοιχεία, που πρέπει να έχει στη διάθεσή του ένας ενεργειακός επιθεωρητής, σχετίζονται με το ενεργειακό αποτύπωμα του πλοίου και, πιο συγκεκριμένα, αφορούν τα χαρακτηριστικά του πλοίου, το λειτουργικό του μοτίβο, την κατανάλωση / κατανομή και χρήση καυσίμων, τα χαρακτηριστικά της κύριας μηχανής, τα χαρακτηριστικά της ηλεκτρογεννήτριας, τα βασικά ηλεκτρικά στοιχεία, τις αξιολογηθείσες καταναλώσεις ενέργειας, τους βοηθητικούς λέβητες, το σύστημα αναπλήρωσης νερού λέβητα και διανομής ατμού, το σύστημα ψύξης θαλασσινού και φρέσκου νερού, το σύστημα τροφοδότησης συμπιεσμένου αέρα, το σύστημα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού και το σύστημα φωτισμού. Για τα ανωτέρω στοιχεία ο ενεργειακός επιθεωρητής οφείλει να συγκεντρώσει μετρήσεις (ηλεκτρικών παραμέτρων, θερμοκρασίας, παροχής, υγρασίας αέρα, καυσαερίων), αξιόπιστες και επαρκούς χρονικής διάρκειας, ώστε να είναι πλήρεις και αντιπροσωπευτικές. Για το σκοπό αυτό απαιτείται η αξιοποίηση κατάλληλων και ορθά βαθμονομημένων οργάνων. Ο εντοπισμός, η συγκέντρωση και η επεξεργασία των ανωτέρω μετρήσεων πρέπει να ακολουθεί συγκεκριμένες νόρμες, ώστε να δύναται αυτές να επαληθευτούν. Επιπρόσθετα, το πλήρωμα του πλοίου πρέπει να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένο, ώστε να συνδράμει στις ενέργειες του ενεργειακού επιθεωρητή.

5.2 ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Μολονότι η διεθνής βιβλιογραφία παρέχει ικανοποιητικό πλήθος μελετών προς αξιολόγηση των μέτρων, τα οποία λαμβάνονται προς μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης ή προς βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, στον ελλαδικό χώρο δεν υπάρχει αντίστοιχο



*“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”*

εύρος μελετών. Μελλοντικά θα ήταν ενδιαφέρον να μελετηθεί η επίδραση, που έχουν αυτά τα μέτρα στον ελληνικό στόλο, ο οποίος πραγματοποιεί ταξίδια ανά τον κόσμο. Εν προκειμένω, θα ήταν ενδιαφέρον να διεξαχθεί μια έρευνα, όπου θα λάμβαναν μέρος τόσο οι ναυτιλιακές εταιρείες όσο και τα πληρώματα πλοίων τους, στην οποία θα διερευνώνταν μέσω των συμμετεχόντων τα μέτρα, τα οποία λαμβάνουν, προκειμένου να βελτιωθεί η ενεργειακή κατανάλωση του πλοίου, για τη συχνότητα των ενεργειακών επιθεωρήσεων όπως και για τις προσπάθειες, που καταβάλλει η εταιρεία, για εκσυγχρονισμό των συστημάτων μέτρησης, που αξιοποιεί. Έτσι, θα καθίσταται πιο εμφανής ο παράγοντας του ελέγχου ως πλεονέκτημα για την ορθή αξιοποίηση και βελτιστοποίηση της ενέργειας. Κατόπιν, θα ήταν σημαντικό να μελετηθεί, μέσω έτερης έρευνας, το είδος των παρεμβάσεων, που υλοποιεί ένας οργανισμός, προκειμένου να συμμορφωθεί με τους κανονισμούς καθώς και η άποψή του για την πραγματοποίηση αυτών των παρεμβάσεων. Επιπρόσθετα, προτείνεται η δημιουργία ενός πλήρους οδηγού ενεργειακής επιθεώρησης, ο οποίος θα καθορίζει τη διαδικασία της ενεργειακής επιθεώρησης σε όλα τα στάδια, περιλαμβάνοντας εναλλακτικούς τρόπους μετρήσεων καθώς και τρόπο αξιοποίησής τους, κρίσιμα σημεία των διαδικασιών, που τυχόν δεν δύναται να ακολουθηθούν πιστά σε πρακτικές εφαρμογές καθώς και παρουσίαση των εναλλακτικών αλλά και των επιπτώσεων στην αξιοπιστία της επιθεώρησης και των αποτελεσμάτων της.



Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσσες

Βλάχος, Γ. (2007). *Εμπορική ναυτιλία και θαλάσσιο περιβάλλον*. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη.

Νόμος 2321/1995 (ΦΕΚ 136/Α/23-6-1995). *Κύρωση της Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας και της Συμφωνίας που αφορά την εφαρμογή του μέρους XI της Σύμβασης*. <https://cutt.ly/WVEZHBr>

Ξενόγλωσσες

Acomi, N., & Acomi, O. (2014). Improving the voyage energy efficiency by using EEOI. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 138, 531-536. <https://cutt.ly/xZWvog6>

Adefila, K., Yan, Y., Sun, L., & Wang, T. (2017). Flow measurement of wet CO₂ using an averaging pitot tube and coriolis mass flowmeters. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 63, 289-295. <https://cutt.ly/7VEFA53>

Almeida, E., Diamantino, T., & de Sousa, O. (2007). Marine paints: the particular case of antifouling paints. *Progress in Organic Coatings*, 59(1), 2-20. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2007.01.017>

Armstrong, V., & Banks, C. (2015). Integrated approach to vessel energy efficiency. *Ocean Engineering*, 110(B), 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2015.10.024>

Balcombe, P., Staffell, I., Kerdan, I., Speirs, J., Brandon, N., & Hawkes, A. (2021). How can LNG-fuelled ships meet decarbonisation targets? An environmental and economic analysis. *Energy*, 227, 120462. <https://cutt.ly/1CSoHjA>

Baldasso, E., Elg, M., Haglind, F., & Baldi, F. (2019). Comparative analysis of linear and non-linear programming techniques for the optimization of ship machinery systems. *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(11), 403. <https://cutt.ly/vCeYs7K>

Baldi, F., Johnson, H., Gabrielli, C., & Andersson, K. (2014). Energy analysis of ship energy systems—the case of a chemical tanker. *Energy Procedia*, 61, 1732-1735. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.200>

Bazari, Z. (2013). *Module 4 – Ship Board Energy Management, IMO Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation*. IMO. <https://cutt.ly/dVRXxm2>

Bodansky, D. (2016). *Regulating greenhouse gas emissions from ships: The role of the International Maritime Organization*. Arizona State University Sandra Day O'Connor College of Law. <https://cutt.ly/xCU019f>

Boyko, O., & Hotra, O. (2018). Correction of dynamic characteristics of temperature measuring devices. *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments*, 10808, 1561-1567. <https://cutt.ly/fVEFMjo>

Chever, F., Jezequel, R., & Guyomarch, J. (2018). The Erika oil spill: 10 years monitoring program and effects of the weathering processes. *Oil Spill Environmental Forensics Case Studies*, 387-400. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804434-6.00018-5>

Christodoulou, A., Dalaklis, D., Ölçer, A., & Ghaforian Masodzadeh, P. (2021). Inclusion of shipping in the EU-ETS: Assessing the direct costs for the maritime sector using the MRV data. *Energies*, 14(13), 3915. <https://cutt.ly/7CSiNie>



- Christodoulou-Varotsi, I. (2018). Marine Pollution Control: Legal & Managerial Frameworks. Lloyd's Practical Shipping Guides, Informa law from Routledge
- Deling, W., Yuli, C., Changhai, H., Liang, C., & Changyue, W. (2020). Study on IMO New Requirement: Ship Fuel Oil Consumption Data Collection and Reporting. *American Journal of Water Science and Engineering*, 6(1), 50-59. <https://cutt.ly/XVEGofw>
- Devanney, J., & Beach, S. (2010). *EEDI—a case study in indirect regulation of CO2 pollution* (Version 1.11). Center for Tankship Excellence. <https://cutt.ly/vZWvaWN>
- Dewan, M., Yaakob, O., & Suzana, A. (2018). Barriers for adoption of energy efficiency operational measures in shipping industry. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 17(2), 169-193. <https://cutt.ly/uVEGxal>
- Farrou, I., Androutsopoulos, A., Botzios-Valaskakis, A., Goumas, G., Andreosatos, C., Gavriil, L., & Perakis, C. (2020). Energy efficiency in steam using industries in Greece. *International Journal of Sustainable Energy*, 39(6), 556-582. <https://doi.org/10.1080/14786451.2020.1737066>
- Garrett, A., & New, J. (2016). *Suitability of ASHRAE guideline 14 metrics for calibration*. Oak Ridge National Lab (ORNL), Oak Ridge, TN (United States). <https://cutt.ly/YXLDDJO>
- Gerdes, J. (2011). *Uncertainty in Odyssee indicators and energy savings – Development of a methodology and first results*. Intelligent Energy Europe. <https://cutt.ly/uCpTZbr>
- Gkerekos, C., Lazakis, I., & Theotokatos, G. (2019). Machine learning models for predicting ship main engine Fuel Oil Consumption: A comparative study. *Ocean Engineering*, 188, 106282. <https://cutt.ly/KCeY114>
- Glavaš, H., Józsa, L., & Barić, T. (2016). Infrared thermography in energy audit of electrical installations. *Tehnički vjesnik*, 23(5), 1533-1539. <https://cutt.ly/MVTpV3F>
- Gougoulidis, G., & Vasileiadis, N. (2015). *An Overview of Hydrodynamic Energy Efficiency Improvement Measures*. Athens: The 5th International Symposium On Ship Operations. <https://cutt.ly/mCSoE7w>
- Hong, S., Lee, J., & Lim, S. (2017). Navigational threats by derelict fishing gear to navy ships in the Korean seas. *Marine Pollution Bulletin*, 119(2), 100-105. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.006>
- Howell, M. (2014). *Effective Implementation of an ISO 50001 Energy Management System (EnMS)*. Milwaukee: ASQ Quality Press.
- Hummelholm, A., Pöyhönen, J., Kovanen, T., & Lehto, M. (2021, June). Cyber Security Analysis for Ships in Remote Pilotage Environment. In ECCWS 2021 20th European Conference on Cyber Warfare and Security (p. 169). Academic Conferences Inter Ltd. <https://cutt.ly/DCnXOsN>
- IMO (2017). *Maritime Cyber Risk Management in Safety Management Systems*. London: IMO. <https://cutt.ly/1CnCivY>
- IMO (2000). *Guidelines for voyage planning*. <https://cutt.ly/vCqFE6K>
- Iordanidis, A., Badistatos, N., Dimakopoulos, S., Morfinos, C., & Hatzigrigoris, S. (2008). *Improving Energy Efficiency - Shipboard Energy Audit*. <https://cutt.ly/5VEN2ju>
- Jensen, S., Lützen, M., Mikkelsen, L., Rasmussen, H., Pedersen, P., & Schamby, P. (2018). Energy-efficient operational training in a ship bridge simulator. *Journal of Cleaner Production*, 171, 175-183. <https://cutt.ly/5CeUu9k>



- Johnson, H., Johansson, M., Andersson, K., & Södahl, B. (2013). Will the ship energy efficiency management plan reduce CO₂ emissions? A comparison with ISO 50001 and the ISM code. *Maritime Policy & Management*, 40(2), 177-190.
<https://doi.org/10.1080/03088839.2012.757373>
- Joseph, A., & Dalaklis, D. (2021). The international convention for the safety of life at sea: highlighting interrelations of measures towards effective risk mitigation. *Journal of International Maritime Safety, Environmental Affairs, and Shipping*, 5(1), 1-11. <https://doi.org/10.1080/25725084.2021.1880766>
- Kanaboshi, H., Sano, F., Oda, J., Akimoto, K., & Onishi, N. (2021). Cost-efficient measures in the oil refinery and petrochemical sectors for the reduction of CO₂ emissions under the Paris Agreement and air pollution under the MARPOL Convention. *Energy and Climate Change*, 2, 100027.
<https://doi.org/10.1016/j.egycc.2021.100027>
- Kang, S., Ping, T., Islam, R., & Pwint, M. (2016). *Energy Measurement & Audit: Reference Manual*. SCEM. <https://cutt.ly/WVLQh9y>
- Karlsen, A. (2012). *On modeling of a ship propulsion system for control purposes*. Master's thesis, Norwegian University of Science and Technology.
<https://cutt.ly/xCeYKEL>
- Kopacz, Z., Morgaś, W., & Urbański, J. (2001). The maritime safety system, its main components and elements. *The Journal of Navigation*, 54(2), 199-211.
<https://doi.org/10.1017/S0373463301001205>
- Lim, S., Murphy, A., & Pazouki, K. (2016). *Systematic Ship Energy Efficiency Audit And Data Unification*. <https://cutt.ly/GVRY7uf>
- Lindstad, E., & Bø, T. (2018). Potential power setups, fuels and hull designs capable of satisfying future EEDI requirements. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 63, 276-290. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.06.001>
- Madhani, J., Dawes, L., & Brown, R. (2009). A perspective on littering attitudes in Australia. *Environmental Engineer. Journal of the Environmental Engineering Society, Institution of Engineers Australia*, 10(1), 13-20. <https://cutt.ly/nX6nJ06>
- Marantis, D. (2012). *Improvement of Energy Efficiency of existing ships by performing & evaluating Energy Audits onboard*. Diploma Thesis, National Technical University of Athens. <http://dx.doi.org/10.26240/heal.ntua.11990>
- Marimon, F., & Casadesús, M. (2017). Reasons to adopt ISO 50001 energy management system. *Sustainability*, 9(10), 1740. <https://cutt.ly/1XLDd7Y>
- MEPC (2010). *Report of the marine environment protection committee on its sixty-first session*. London: International Maritime Organization. <https://cutt.ly/JCqjHLC>
- MEPC (2012). *2012 guidelines for the development of a ship energy efficiency management plan (SEEMP)*. London: International Maritime Organization.
<https://cutt.ly/pZWbign>
- MEPC (2016). *2016 Guidelines for the Development of a Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)*. London: International Maritime Organization.
<https://cutt.ly/HZWvP5i>
- Monieta, J. (2018). The use of thermography in the diagnosis of ship piston internal combustion engines. *17th International Conference Diagnostics of Machines and Vehicles*, 182, 01027. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201818201027>



- Naranta, E., & Muttaqin, L. (2022). Analysing the settlement of maritime sovereignty's dispute cases based on UNCLOS 1982. *Interdisciplinary Social Studies*, 2(2), 598-602. <https://cutt.ly/wXlgKUI>
- Nojiri, T., Ishii, N., & Kai, H. (2011). Energy saving technology of PBCF (Propeller Boss Cap Fins) and its evolution. *Journal of the JIME*, 46(3), 350-358. <https://cutt.ly/iCSooGc>
- Poveda-Orjuela, P., Carlos García-Díaz, J., Pulido-Rojano, A., & Cañón-Zabala, G. (2019). ISO 50001: 2018 and Its Application in a Comprehensive Management System with an Energy-Performance Focus. *Energies*, 12(24), 4700. <https://doi.org/10.3390/en12244700>
- Poulsen, T., & Johnson, H. (2016). The logic of business vs. the logic of energy management practice: understanding the choices and effects of energy consumption monitoring systems in shipping companies. *Journal of Cleaner Production*, 112(5), 3785-3797. <https://cutt.ly/7VEGPI3>
- Ragheb, M. (2015). *Restarting the USA Stalled Nuclear Renaissance*. <https://cutt.ly/BXldA16>
- Read, J. (1963). The Trail smelter dispute. *Canadian Yearbook of International Law*, 213-229. <https://cutt.ly/7CSaNLc>
- Reuß, H. (2009). *Flettner-Rotorschiffe: Alte Technik für neue Schiffe*. Dt. Schiffahrtsmuseum. <https://cutt.ly/OCS04Yz>
- Sands, P., Peel, J., Fabra, A., & MacKenzie, R. (2012). *Principles of international environmental law* (3rd. ed.). Cambridge University Press.
- Shi, Y. (2016). Are greenhouse gas emissions from international shipping a type of marine pollution? *Marine Pollution Bulletin*, 113(1-2), 187-192. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.014>
- Söner, Ö. (2019). *Proposing an operational data analytics approach in ship management*. Doctoral dissertation, Istanbul Technical University. <https://cutt.ly/5CqGANq>
- Song, C., & Cui, W. (2020). Review of underwater ship hull cleaning technologies. *Journal of Marine Science and Application*, 19(3), 415-429. <https://doi.org/10.1007/s11804-020-00157-z>
- Sun, C., Wang, H., Liu, C., & Zhao, Y. (2020). Real Time Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI): Simulation Research from the Perspective of Life Cycle Assessment. *Journal of Physics: Conference Series*, 1626(1), 012060. <https://cutt.ly/OCeUXkg>
- Subhashini, T., Maheswari, P., Sharmila, G., & Gopinath, T. (2017). SVPWM Using SiC, GaN Power Driven Motors for Sea Water Cooling System & Ballast Water Management. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 8(4), 01-12. <https://cutt.ly/AVEG5Pq>
- Suthipong, T., Thaweesak, T., & Manomayithikan, K. (2016). Improvement of Energy Audit Data Acquisition for Realtime Efficient Monitoring of Trawl Fishing Vessels. In SEAFDEC Technical Seminar 2016 (pp. 50-56). Training Department, Southeast Asian Fisheries Development Center. <https://cutt.ly/RX6mykN>
- Tillig, F., Ringsberg, J., Mao, W., & Ramne, B. (2018). Analysis of uncertainties in the prediction of ships' fuel consumption—from early design to operation conditions.



Ships and Offshore Structures, 13(sup1), 13-24.

<https://doi.org/10.1080/17445302.2018.1425519>

- Therkelsen, P., Rao, P., Sholes, D., Meffert, B., Green, R., Nimbalkar, S., & Mckane, A. (2016). *The Value of Regression Models in Determining Industrial Energy Savings*. Oak Ridge, TN (United States): Oak Ridge National Lab. <https://cutt.ly/5VEHoZm>
- Tokuşlu, A. (2020). Analyzing the Energy Efficiency Design Index (EEDI) performance of a container ship. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 7(2), 114-119. <https://cutt.ly/1ZWvLWZ>
- Viktorelius, M., Varvne, H., & von Knorring, H. (2022). An overview of sociotechnical research on maritime energy efficiency. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s13437-022-00263-5>
- von Knorring, H. (2019). Energy audits in shipping companies. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 125, 35-55. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.04.017>
- Wärtsilä (2008). *Boosting Energy Efficiency*. <https://cutt.ly/9Cq2om3>
- Wells, P. (2017). The iconic Torrey Canyon oil spill of 1967-Marking its legacy. *Marine pollution bulletin*, 115(1-2), 1-2. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.12.013>
- Wiesmann, A. (2010). Slow steaming—a viable long-term option. *Wartsila Technical Journal*, 2, 49-55. <https://cutt.ly/wCqHHon>
- Winkel, R., van den Bos, A., & Weddige, U. (2015). *Study on energy efficiency technologies for ships*. <https://cutt.ly/KVRIRI4>
- Yu, Y., Yang, C., Li, J., Zhu, Y., Yan, Z., & Zhang, H. (2020). Screening of inexpensive and efficient catalyst for microwave-assisted pyrolysis of ship oil sludge. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 152, 104971. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2020.104971>

Διαδικτυακές

- CRES (2000). *Energy Audit Guide. Part A: Methodology and technics*. Athens: Centre for Renewable Energy Sources. <https://cutt.ly/aVLFocW>
- EE (2002). Απόφαση 2002/358/EK του Συμβουλίου της 25ης Απριλίου 2002 για την έγκριση, εξ ονόματος της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, του Πρωτοκόλλου του Κυότο στη σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές μεταβολές και την από κοινού τήρηση των σχετικών δεσμεύσεων. <https://cutt.ly/bZWM9Dn>
- IMO (2009). *Second IMO GHG: Study 2009*. <https://cutt.ly/uZWInh4>
- IMO (2014). *Third IMO GHG: Study 2014*. <https://cutt.ly/4ZWOYGT>
- International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL). <https://cutt.ly/gXlj2Ju>
- IPCC (2014). *AR5 Synthesis Report: Climate Change*. <https://cutt.ly/9CSpaYZ>
- Νόμος 4342/2015. <https://cutt.ly/QXVvIAM>
- OILPOL (1954). *International Convention for the Prevention of Pollution of the Sea by the Oil*. <https://cutt.ly/JC3vF2Q>
- TEE (2011). *Μετρήσεις και καταγραφή δεδομένων*. <https://cutt.ly/RVZeFoN>
- UNCLOS (1982). *United Nations Convention on the Law of the Sea*. <https://cutt.ly/DCU9F5K>



“Δημήτριος Ζαχαράκης”,
“Ενεργειακή Επιθεώρηση Πλοίων-Ships Energy Audit”

United Nations (2006). *Trail smelter case (United States, Canada)*.
<https://cutt.ly/BXLH8OP>

Πρωτόκολλο του Κιότο (1997). <https://cutt.ly/KZWn6gU>