

# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



## ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

### ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

#### «ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΣΤΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ»

Νικηφόρος Χατζογιαννάκης (ΜΝ22056)

Διπλωματική Εργασία

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση του Διπλώματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία

Πειραιάς  
Απρίλιος 2024

## **ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (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 του τμήματος, που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου.»

## ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

«Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε από τη ΓΣΕΣ του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς, σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία.

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Σακελλαριάδου Φανή (Επιβλέπουσα)
- Μποϊλέ Μαρία
- Χατζηνικολάου Στέφανος

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.»

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κα. Σακελλαριάδου Φανή που δέχτηκε να επιβλέψει την εργασία αυτή, αλλά και για την πολύτιμη καθοδήγησή της. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής την κα. Μποϊλέ Μαρία και τον κ. Χατζηνικολάου Στέφανο, για τις χρήσιμες συμβουλές και επισημάνσεις τους.

Τέλος, το μεγαλύτερο ευχαριστώ το οφείλω στην οικογένειά μου αλλά και στους φίλους μου για την υπομονή τους και για την υποστήριξη που μου έδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής αυτής της εργασίας.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ</b> .....	1
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	8
<b>ABSTRACT</b> .....	9
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	10
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ</b> .....	12
1.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ .....	12
1.1.1 ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΡΥΠΟΙ .....	12
1.1.2 ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΡΥΠΟΙ .....	14
1.1.3 ΤΑ ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ .....	15
1.2 ΜΙΑ ΣΥΝΤΟΜΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΛΑΝΗΤΗ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ .....	16
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΣΤΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ</b> .....	18
2.1 ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΟΥΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ ΣΤΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ .....	19
2.2 ΕΡΕΥΝΕΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΟΥΝ ΤΑ ΠΛΟΙΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΕΛΕΥΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ .....	20
2.2.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΣΕ ΛΙΜΑΝΙΑ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ .....	21
2.2.2 ΤΥΠΟΙ ΠΛΟΙΩΝ ΠΟΥ ΣΥΝΕΒΑΛΑΝ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ .....	22
2.3 ΜΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΣΤΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ ΓΙΑ ΤΟ 2050 .....	24
2.4 ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΠΛΗΘΥΣΜΟ ΚΟΝΤΑ ΣΕ ΛΙΜΑΝΙΑ .....	25
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΤΑ ΠΛΟΙΑ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ</b> .....	27
3.1 ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΔΙΕΘΝΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ - INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO) .....	27
3.1.1 Η ΔΙΕΘΝΗΣ ΣΥΜΒΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΛΗΨΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΠΛΟΙΑ - INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE PREVENTION OF POLLUTION FROM SHIPS (MARPOL) .....	27
3.1.2 ΤΟ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI ΤΗΣ MARPOL .....	28
3.1.3 ΤΟ ΠΡΟΣΑΡΤΗΜΑ III ΤΟΥ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ VI ΤΗΣ MARPOL: .....	30
ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΚΠΟΜΠΩΝ (EMMISSIONS CONTROL AREAS – ECA) ..	30
3.1.4 ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ ΤΟΥ IMO ΚΑΙ ΤΗΣ ΙΑΗΡ .....	33

3.1.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΙΜΟ (DATA COLLECTION SYSTEM - DCS).....	34
3.1.6 Η ΟΔΗΓΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ ΚΑΙ Η ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΤΟΥ ΙΜΟ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ_(THE ΙΜΟ GHG STRATEGY AND THE PORTS RESOLUTION).....	35
3.2 ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ (ΕΕ) .....	36
3.2.1 ΟΔΗΓΙΑ ΤΗΣ ΕΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΕ ΘΕΙΟ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΕΛΛΙΜΕΝΙΣΜΟ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ (2012/33/ΕΕ)_ (EU FUEL SULPHUR DIRECTIVE).....	36
3.2.2 ΟΔΗΓΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ ΤΗΣ ΕΕ (2014/94/ΕΕ).....	37
(DIRECTIVE ON THE DEPLOYMENT OF ALTERNATIVE FUEL INFRASTRUCTURES) .....	37
3.2.3 ΟΔΗΓΙΑ ΤΗΣ ΕΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ (2008/50/ΕΕ)_ (EU AIR QUALITY DIRECTIVE) .....	37
3.2.4 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ «FUEL EU MARITIME REGULATION» .....	38
3.2.5 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ, ΑΝΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ ....._(MONITORING, REPORTING AND VERIFICATION – EU MRV) .....	40
3.3 ΜΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ_ΕU MONITORING, REPORTING AND VERIFICATION (MRV) ΚΑΙ ΙΜΟ DATA COLLECTION SYSTEM (DCS).....	41
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>: ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΡΙΚΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ .....</b>	<b>45</b>
4.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΙΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΠΛΟΙΩΝ.....	45
4.1.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΕΦΟΔΙΣΜΟΥ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ .....	46
4.1.2 ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΗ ΠΛΟΙΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΞΗΡΑ_(COLD IRONING - CI) .....	49
4.1.3 ΜΕΙΩΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΙΔΟΣΟ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ_(VESSEL SPEED REDUCTION – VSR).....	51
4.1.4 ΑΚΡΙΒΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΦΙΞΗΣ (JUST IN TIME) .....	53
4.1.5 ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΑΦΙΞΕΩΝ ΠΛΟΙΩΝ (VIRTUAL VESSEL ARRIVAL SYSTEMS - VVA) .....	54
4.1.6 ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΔΕΣΗΣ ΠΛΟΙΩΝ (AUTOMATED MOORING SYSTEMS - AMS).....	56
4.1.7 MID-STREAM OPERATION.....	57
4.1.8 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΠΟΒΑΘΡΑΣ ....._(DOCKSIDE EMISSIONS TREATMENT SYSTEM) .....	58
4.1.9 ΦΟΡΤΗΓΙΔΕΣ ΚΑΙ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ POWERPAC_POWER BARGES AND BATTERY-BASED POWERPAC.....	59
4.1.10 ΜΕΙΩΣΗ ΧΡΟΝΟΥ ΜΑΝΟΥΒΡΑΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ (TURNAROUND TIME-TAT).....	60

4.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΠΟ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΖΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΛΙΜΕΝΕΣ ΣΕ ΤΟΠΙΚΟ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ .....	62
4.2.1 Ο ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΟΙΩΝ (ENVIRONMENTAL SHIP INDEX - ESI).....	62
4.2.2 ΤΟ ΠΡΑΣΙΝΟ ΒΡΑΒΕΙΟ (GREEN AWARD - GA).....	64
4.2.3 Ο ΔΕΙΚΤΗΣ ΤΗΣ ΚΑΘΑΡΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ (CLEAN SHIPPING INDEX - CSI) .....	65
4.2.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΤΗΣ RIGHTSHIP (GHG RATING – GHG R).....	66
4.2.5 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΠΡΑΣΙΝΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ» (GREEN MARINE - GM).....	68
4.2.6 ΕΘΕΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΘΑΡΟ ΑΕΡΑ ΤΟΥ SAN PEDRO BAY (CLEAN AIR ACTION PLAN - CAAP).....	68
4.2.7 ΠΡΟΝΟΜΙΑΚΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ (ENVIRONMENTAL PREMIUM RANKING - EPR).....	69
4.2.8 ΕΘΝΙΚΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΛΟΙΑ.....	70
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>74</b>
<b>ΠΗΓΕΣ.....</b>	<b>77</b>
ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	77
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	77
ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ.....	84

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται τις ατμοσφαιρικές εκπομπές της ναυτιλίας και πιο συγκεκριμένα των πλοίων στους λιμένες. Η ατμοσφαιρική ρύπανση από τα πλοία αποτελεί ένα μείζον ζήτημα, μιας και λόγω των τωρινών περιστάσεων, κάθε πηγή ρύπων πρέπει να εξαλειφθεί το συντομότερο. Το περιεχόμενο αρχικά έχει ως σκοπό να παρέχει μια αναφορά στους ατμοσφαιρικούς ρύπους, τα αέρια του θερμοκηπίου και σε σημαντικά φαινόμενα, όπως η κλιματική αλλαγή. Στην συνέχεια, αναφέρονται οι αέριοι ρύποι που εκπέμπονται από τα πλοία στα λιμάνια αλλά και οι επιπτώσεις αυτών. Επιπλέον, δίνεται έμφαση σε ρυθμιστικά πλαίσια διεθνών οργανισμών και πρακτικές φιλικές προς το περιβάλλον σε διεθνές αλλά και τοπικό επίπεδο που αφορούν τα λιμάνια, έτσι ώστε να γίνει αποτελεσματική η μείωση των εκπομπών. Επίσης, αν και διαπιστώθηκε ότι υπάρχει ένας ικανοποιητικός αριθμός θεσμικών πλαισίων και προτεινομένων πρακτικών για την αντιμετώπιση του ζητήματος της εργασίας αυτής, θα πρέπει να υπάρξει μεγαλύτερη έμφαση από τους αρμόδιους οργανισμούς και κράτη μέσω αυστηρών μέτρων και παρακολούθησεων. Για να αυξηθούν οι πιθανότητες για ένα καλύτερο μέλλον για τον πλανήτη όλο και περισσότερες, ναυτιλιακές εταιρείες και λιμενικές εγκαταστάσεις θα πρέπει να μην διστάζουν και να συμμετέχουν πιο ενεργά στην καταπολέμηση των ατμοσφαιρικών εκπομπών. Τέλος, η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε μέσω της συλλογής βιβλιογραφικών πηγών, όπως ακαδημαϊκές εργασίες, δημοσιεύσεις, βιβλία και ιστοσελίδες.

Λέξεις Κλειδιά: ατμοσφαιρική ρύπανση, ναυτιλία, λιμάνια, μετρά αντιμετώπισης, κανονισμοί.



## **ABSTRACT**

This paper deals with air emissions from shipping and more specifically from sea vessels in ports. Air pollution from ships is a major issue and due to current events, any source of pollution must be eliminated as soon as possible. The content initially aims to provide a reference to air pollutants, greenhouse gases and important phenomena such as the climate change. Also, this paper refers to the air pollutants emitted from ships in ports and their effects on humans. In addition, emphasis is placed on regulations and environmentally friendly practices in international and local level for port sector, so that air emissions can be effectively reduced. Although, it was found that there is a sufficient number of institutional frameworks and recommended practices for this paper's issue, there should be put more emphasis by organizations and states, through stringent measures and monitoring plans. In order to increase the chances for a better future for the planet, an increasing number of shipping companies and port authorities should not hesitate and start taking action against global emissions. Finally, this work was carried out through the collection of literature sources such as academic papers, publications, books and websites.

**Keywords:** air pollution, shipping, ports, countermeasures, regulations.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η παρουσίαση των ατμοσφαιρικών εκπομπών που παράγονται από τα πλοία της ποντοπόρου ναυτιλίας στους εμπορικούς λιμένες, τις επιπτώσεις στο περιβάλλον και στον άνθρωπο, αλλά και της συμβολής του ναυτιλιακού τομέα ως προς την δημιουργία και καθιέρωση ρυθμιστικών πλαισίων και αναζήτηση λύσεων.

Σήμερα, ο πλανήτης Γη έρχεται αντιμέτωπος με την συνεχομένη αύξηση της θερμοκρασίας, την άνοδο της στάθμης της θάλασσας από το λιώσιμο των πάγων και την όλο και συχνότερη εμφάνιση έντονων καιρικών φαινομένων. Ένα σημαντικό μέρος αυτού του προβλήματος είναι η ανθρωπογενής ατμοσφαιρική ρύπανση όπως αυτή των μεταφορών. Στους κλάδους των μεταφορών συμπεριλαμβάνεται και η ναυτιλία, η οποία συμβάλει και αυτή στο παραπάνω ζήτημα. Κάθε πλοίο του ναυτιλιακού κλάδου είναι μια κινητή μονάδα που εκπέμπει ατμοσφαιρικούς ρύπους, όπως οξείδιο του θείου (SO<sub>x</sub>), οξείδιο του αζώτου (NO<sub>x</sub>), αιωρούμενα σωματίδια (PM) αλλά και ρύπους που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>). Ωστόσο, οι αέριες εκπομπές των εμπορικών σκαφών δεν είναι κρίσιμες μόνο κατά την πλεύση στην ανοιχτή θάλασσα, αλλά και κατά τη διάρκεια της παραμονής τους στους λιμένες.

Επομένως, δημιουργούνται ερωτήματα όπως, για το ποιες είναι οι ατμοσφαιρικές εκπομπές των πλοίων στην περιοχή του λιμένα και ποιες οι επιδράσεις τους, ποιες είναι οι δραστηριότητες των πλοίων που τις προκαλούν και ποιες κατηγορίες πλοίων ρυπαίνουν περισσότερο την ατμόσφαιρα των λιμανιών. Ταυτόχρονα, προκύπτουν ερωτήματα, όπως ποιο είναι το ισχύον ρυθμιστικό πλαίσιο, καθώς και οι τρόποι εξασφάλισης εφαρμογής του, όσον αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση των σκαφών στους λιμένες, όπως και ποια είναι τα προτεινόμενα και εφαρμοζόμενα μέτρα αντιμετώπισης σε εθνικό αλλά και τοπικό επίπεδο.

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε μέσω της συλλογής βιβλιογραφικών πηγών, όπως ακαδημαϊκές εργασίες, δημοσιεύσεις, βιβλία και ιστοσελίδες.

Η δομή της παρούσας εργασίας αποτελείται από πέντε κεφάλαια. Αρχικά, το Κεφάλαιο 1 αναλύει τα είδη των ατμοσφαιρικών ρύπων και περιβαλλοντικά ζήτημα όπως αυτό της κλιματικής αλλαγής. Στην συνέχεια, στο Κεφάλαιο 2 γίνεται περιγραφή των ατμοσφαιρικών εκπομπών από την ναυτιλία στα λιμάνια, ακαδημαϊκές δημοσιεύσεις σχετικά με το συγκεκριμένο ζήτημα. Αναφέρονται οι δραστηριότητες των πλοίων στις λιμενικές περιοχές που είναι πιο ρυπογόνες, καθώς και οι επιπτώσεις των εκπομπών τους στη ανθρώπινη υγεία. Ακολουθώντας, στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται το διατάξεις και κανονισμοί που διέπουν την ατμοσφαιρική ρύπανση που παράγεται από την ναυτιλία στους λιμένες από αρμοδίους οργανισμούς, όπως ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός και η Ευρωπαϊκή Ένωση. Το Κεφάλαιο 4 περιγράφει προτεινόμενα μέτρα για την μετρίαση των ατμοσφαιρικών εκπομπών στους λιμένες, τα οποία χωρίζονται σε λειτουργικά μέτρα συνεργασίας λιμενικών αρχών και ναυτιλιακών εταιρειών και περιβαλλοντικά προγράμματα λιμένων για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Τέλος, στο Κεφάλαιο 5 συνοψίζονται τα ευρήματα της έρευνας και παρουσιάζονται προτάσεις για μια πιο «πράσινη» ναυτιλία και ένα καλύτερο μέλλον για τον πλανήτη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ

Οι θαλάσσιες μεταφορές είναι απαραίτητες για την παγκόσμια οικονομία, παρέχοντας τα πιο οικονομικά μέσα μεταφοράς εμπορευμάτων σε μεγάλες αποστάσεις, σε σύγκριση με τις οδικές ή σιδηροδρομικές μεταφορές. Πάνω από το 80% του όγκου του διεθνούς εμπορίου αγαθών όπως τρόφιμα, καύσιμα μέχρι οικοδομικά υλικά, χημικά και είδη οικιακής χρήσης μεταφέρονται δια θαλάσσης (GloMeer, 2018). Ωστόσο, η ανάπτυξη της διεθνούς ναυτιλιακής βιομηχανίας δεν παύει να σημαίνει ότι οι ατμοσφαιρικές εκπομπές από τα πλοία στους λιμένες δεν αποτελούν κάτι το ανησυχητικό, οι οποίες έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα και ως εκ τούτου στην ανθρώπινη υγεία και στο φυσικό περιβάλλον (GloMeer, 2018).

### 1.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι χωρίζονται σε δυο κατηγορίες, τους πρωτογενείς και τους δευτερογενείς. Η διαφορά μεταξύ αυτών είναι ότι οι πρωτογενείς εκπέμπονται άμεσα από διαδικασίες, όπως η καύση ορυκτών καυσίμων, ενώ αντίθετα οι δευτερογενείς ρύποι δεν εκπέμπονται άμεσα αλλά δημιουργούνται όταν οι πρωτογενείς αντιδρούν μεταξύ τους ή με άλλα συστατικά της ατμόσφαιρας, όπως το όζον που σχηματίζεται μεταξύ υδρογονανθράκων (HC) και οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) σε συνδυασμό με την παρουσία ηλιακού φωτός (Bhargav et al, 2020 ; European Commission, 2023).

#### *1.1.1 ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΡΥΠΟΙ*

- **SO<sub>x</sub> (Οξειδία του Θείου):** Τα SO<sub>x</sub> είναι ενώσεις ατόμων θείου και οξυγόνου με το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>) να είναι η κυρίαρχη μορφή που βρίσκεται στα

κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Επειδή τα καύσιμα που προέρχονται από το πετρέλαιο συγκεντρώνουν περισσότερο ή λιγότερο θείο, η καύση τους έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό SO<sub>x</sub> (GloMeer, 2018). Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή το 2021 είχε επισημάνει ότι τα εμπορικά σκάφη είχαν αυξήσει την παραγωγή SO<sub>x</sub> για την περίοδο 2012 έως 2018, κατά 9,1 έως 9,6 εκατομμύρια τόνους (European Commission, 2021).

- **NO<sub>x</sub> (Οξειδία του Αζώτου):** Τα NO<sub>x</sub> αποτελούν ένα μείγμα αερίων που αποτελείται από άζωτο και οξυγόνο, όπως το μονοξείδιο του αζώτου (NO) και το διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>). Σχηματίζονται όταν το οξυγόνο και το άζωτο αντιδρούν σε υψηλές θερμοκρασίες, όπως στους κινητήρες των εμπορικών πλοίων (GloMeer, 2018). Τέλος, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή το 2021, η διεθνής ναυτιλία αύξησε τις εκπομπές NO<sub>x</sub> για την περίοδο 2012 έως 2018, κατά 16,9 έως 17,1 εκατομμύρια τόνους (European Commission, 2021).
- **VOCs (Πτητικές Οργανικές Ενώσεις):** Οι πτητικές οργανικές ενώσεις είναι χημικές ουσίες με βάση τον άνθρακα που εξατμίζονται εύκολα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και παράγουν όζον σε επίπεδο εδάφους. Τα VOCs χωρίζονται σε πτητικές οργανικές ενώσεις πλην μεθανίου (NMVOC) και σε μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) (GloMeer, 2018). Σύμφωνα με την Τέταρτη Μελέτη του IMO για τα Αέρια του Θερμοκηπίου, όπως δημοσιεύτηκε το 2020, οι εκπομπές VOCs από την ναυτιλία έφτασαν περίπου στους 2,4 εκατομμύρια τόνους, που ήταν πολύ κοντά στην τιμή του 2006 (2,4 εκατομμύρια τόνοι), όπως αναφέρθηκε στην Δεύτερη σχετική μελέτη του IMO το 2009 (IMO, 2020).
- **PM (Αιωρούμενα Σωματίδια):** Τα αιωρούμενα σωματίδια συνδέονται με την κακή ποιότητα των ναυτιλιακών καυσίμων, λαμβάνοντας τις περισσότερες φορές την μορφή αιθάλης και τέφρας. Το βαρύ μαζούτ (Heavy Fuel Oil – HFO) περιέχει συνήθως υψηλά επίπεδα τέφρας, οι οποίοι αποτελούν βασικούς παράγοντες στο σχηματισμό των αιωρούμενων σωματιδίων (Styhre & Winnes, 2019). Τα PM χωρίζονται σε 3 κατηγορίες στα PM<sub>10</sub> που είναι σωματίδια διαμέτρου 10 microns, σε PM<sub>5</sub> με διάμετρο 5 microns και σε PM<sub>2,5</sub> τα οποία

έχουν διάμετρο 2.5 microns. Η μέτρηση των αιωρούμενων σωματιδίων που παράγει μια μηχανή ενός πλοίου είναι αρκετά δύσκολη, ειδικά όταν το σκάφος είναι ακίνητο και δυσκολεύει ακόμα περισσότερο όταν ταξιδεύει υπό διαφορετικές ταχύτητες ή συνθήκες (Cullinane & Cullinane, 2013).

- **CO (Μονοξείδιο του Άνθρακα):** Το CO είναι ένα άχρωμο, άοσμο, άγευστο, μη ερεθιστικό αλλά δηλητηριώδες αέριο, το οποίο είναι προϊόν ατελούς καύσης φυσικού αερίου και άνθρακα (Bhargav et al, 2020).

### *1.1.2 ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΡΥΠΟΙ*

- **O<sub>3</sub> (Επίγειο Όζον):** Το επίγειο όζον είναι άχρωμο αέριο και αποτελεί βασικό συστατικό της αιθαλομίχλης της ατμοσφαιράς. Δημιουργείται από χημικές αντιδράσεις μεταξύ του οξειδίου του αζώτου (NO<sub>x</sub>) και των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) σε σύνδεσμο με το ηλιακό φως (Sharma, 2020).
- **PAN (Νιτρικό Υπεροξυακετύλιο):** Το νιτρικό υπεροξυακετύλιο είναι ένας δευτερογενής ρύπος που δημιουργείται από τη επίδραση του ηλιακού φωτός σε υδρογονάνθρακες και οξείδια του αζώτου. Αποτελεί συστατικό της αιθαλομίχλης (EIONET, 2021).
- **H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Θειικό Οξύ):** Το θειικό οξύ σχηματίζεται όταν το διοξείδιο του αζώτου (SO<sub>2</sub>) αντιδρά με οξυγόνο και υδρατμούς στην ατμόσφαιρα, συμβάλει στην όξινη βροχή (Bladeair, 2023).
- **HNO<sub>3</sub> (Νιτρικό Οξύ):** Το νιτρικό οξύ δημιουργείται από την αλληλεπίδραση του μονοξειδίου του αζώτου (NO) με το νερό. Συμβάλει και αυτό στην δημιουργία της όξινης βροχής (Bladeair, 2023).

### 1.1.3 ΤΑ ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Όταν το ηλιακό φως φτάνει στην επιφάνεια της γης, μπορεί είτε να αντανακλαστεί πίσω στο διάστημα είτε να απορροφηθεί από τη γη. Αφού απορροφηθεί η ηλιακή ενέργεια από τον πλανήτη απελευθερώνεται μέρος της πίσω στην ατμόσφαιρα ως θερμότητα. Ορισμένα αέρια στην ατμόσφαιρα, απορροφούν αυτήν την θερμότητα, επιβραδύνοντας ή αποτρέποντας την από το να επιστρέψει στο διάστημα, αυτά τα αέρια είναι γνωστά ως «αέρια του θερμοκηπίου». Τα αέρια αυτά, λειτουργούν σαν τα γυάλινα μονωτικά τοιχώματα ενός κανονικού θερμοκηπίου. Ενώ η διαδικασία αυτή, είναι κοινώς γνωστή ως «φαινόμενο του θερμοκηπίου». (EPA, 2023 ; Costa et al, 2023).

- **CO<sub>2</sub> (Διοξείδιο του Άνθρακα):** Το διοξείδιο του άνθρακα είναι το πιο σημαντικό αέριο θερμοκηπίου μιας και είναι αυτό που συμβάλει περισσότερο στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Το συγκεκριμένο αέριο παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων για ηλεκτρική ενέργεια, θερμότητα και για την τροφοδοσία όπως αυτή των πλοίων, καθώς επίσης και κατά τη διαδικασία δύλισης ακατέργαστου πετρελαίου και φυσικού αερίου. Σύμφωνα με το “Climate Portal” του MIT υποστηρίζεται ότι κάθε χρόνο εκπέμπονται περίπου 35 δισεκατομμύρια τόνοι CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, κυρίως από την καύση καυσίμων πλούσιων σε άνθρακα. (MIT, 2023).
- **CH<sub>4</sub> (Μεθάνιο):** Το μεθάνιο είναι ένα άχρωμο αέριο το οποίο αποτελεί το δεύτερο πιο σημαντικό αέριο του θερμοκηπίου. Οι εκπομπές του CH<sub>4</sub> προέρχονται από την παραγωγή φυσικού αερίου, πετρελαίου και την εξόρυξη άνθρακα. Το μεθάνιο αντανακλά περίπου 100 φορές περισσότερη θερμική ενέργεια από το CO<sub>2</sub>, όμως η διάρκεια ζωής του στην ατμόσφαιρα είναι πολύ μικρότερη από αυτό (MIT, 2023 ; EUROPARL, 2023).

- **N<sub>2</sub>O (Υποξείδιο του Αζώτου):** Το υποξείδιο του αζώτου είναι ένα άχρωμο αέριο με ελαφρά γλυκιά οσμή, με διάρκεια ζωής πάνω από 100 έτη. Το αέριο αυτό είναι αποτέλεσμα της μικροβιακής δράσης στο έδαφος, της χρήσης αζωτούχων ή μικτών λιπασμάτων και της καύσης ξυλείας (MIT, 2023 ; EUROPARL, 2023).
- **ODS (Ουσίες που καταστρέφουν το όζον):** Τα ODS είναι ανθρωπογενείς ουσίες που καταστρέφουν το στρώμα του όζοντος. Οι ουσίες αυτές εμφανίζονται συνήθως με τη μορφή χλωροφθορανθράκων (CFCs) και χρησιμοποιούνται σε συστήματα για την ψύξη φορτίου, προμηθειών και κλιματισμού (IMO,2018).
- **F-Gases (Φθοριούχα Αέρια):** Τα φθοριούχα αέρια αποτελούνται από τους υδροφθοράνθρακες (HFC), υπερφθοράνθρακες (PFC) και το εξαφθοριούχο θείο (SF<sub>6</sub>) (DAERA, 2023). Τα συγκεκριμένα αέρια του θερμοκηπίου έχουν υψηλότερη θερμική ενέργεια από το διοξείδιο του άνθρακα και για αυτό τον λόγο συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην κλιματική αλλαγή. Χρησιμοποιούνται κυρίως για την απορρόφηση θερμότητας σε ψυγεία, καταψύκτες, κλιματιστικά και αντλίες θερμότητας, καθώς και ως προωθητικά σπρέι και δοχεία αεροζόλ (EEA, 2023 ; EUROPARL, 2023).

## 1.2 ΜΙΑ ΣΥΝΤΟΜΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΛΑΝΗΤΗ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Η Υπερθέρμανση του Πλανήτη είναι η μακροπρόθεσμη άνοδος της συνολικής θερμοκρασίας του πλανήτη. Η άνοδος αύξησης της θερμοκρασίας της γης έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία εκατό χρόνια, λόγω ανθρωπογενών παραγόντων και πιο συγκεκριμένα λόγω της καύσης ορυκτών καυσίμων (National Geographic, 2023). Τα ορυκτά καύσιμα περιλαμβάνουν πετρέλαιο, φυσικό αέριο και η καύση τους προκαλεί αυτό που είναι γνωστό ως «φαινόμενο του θερμοκηπίου» στην ατμόσφαιρα της Γης (National Geographic, 2023). Στον αντίποδα, υπάρχει και μια ακόμα άποψη σχετικά με την υπερθέρμανση του πλανήτη, από διάφορους επιστήμονες, όπως η Μη



Κυβερνητική Διεθνή Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (NIPCC) που υποστηρίζει ότι το φαινόμενο προκαλείται από φυσικούς παράγοντες, θεωρώντας ότι η ανθρωπότητα έχει μικρή συμβολή στην υπερθέρμανση του πλανήτη (NIPCC, 2008).

Μέσω της υπερθέρμανσης του πλανήτη έχει παρουσιαστεί ένα άλλο ζήτημα που ονομάζεται κλιματική αλλαγή. Μερικές φορές αυτές οι δυο έννοιες μοιάζουν μεταξύ τους, ωστόσο, είναι διαφορετικές (National Geographic, 2023). Η κλιματική αλλαγή αναφέρεται στην εμφάνιση φαινομένων, όπως συχνότερους και έντονους τυφώνες, πλημμύρες, καύσωνες, άνοδο της στάθμης της θάλασσας και το λιώσιμο των πάγων (National Geographic, 2023 ; NASA, 2023). Τέλος, θα πρέπει να επισημανθεί ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη είναι αυτή προκαλεί την κλιματική αλλαγή (National Geographic, 2023).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΣΤΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ

Τα λιμάνια αποτελούν πύλες για το παγκόσμιο εμπόριο και επομένως θεωρούνται ως καταλύτης για την οικονομική ανάπτυξη των χωρών. Χιλιάδες λιμάνια σε όλο τον κόσμο διαχειρίζονται το θαλάσσιο εμπόριο (Alamoush et al, 2022). Το 2019, έντεκα δισεκατομμύρια τόνοι θαλάσσιου εμπορίου μεταφέρθηκαν με πλοία άνω των 1000 GT, που αντιστοιχεί στο 70% και 80% του όγκου και της αξίας του παγκόσμιου εμπορίου, αντίστοιχα και αντιπροσωπεύει 4.362.737 λιμενικές αφίξεις (port calls) (UNCTAD, 2019 ; Alamoush et al, 2022). Ωστόσο, η εξάρτηση των πλοίων για ορυκτά καύσιμα προκαλεί ανθρωπογενείς ατμοσφαιρικές εκπομπές, όπως των αερίων του θερμοκηπίου (GHG) και άλλους ατμοσφαιρικούς ρύπους (Alamoush et al, 2022).

Τα καύσιμα που χρησιμοποιεί η ναυτιλιακή βιομηχανία αποτελούνται κατά βάση από άνθρακα και υδρογόνο, επίσης συμπεριλαμβάνουν θείο και άζωτο που η περιεκτικότητά τους ποικίλει ανάλογα με το είδος του καυσίμου (π.χ. MGO, HFO). Μια μηχανή ενός πλοίου παράγει καυσαέρια, τα οποία αποτελούνται κυρίως από άζωτο (N), υδρατμούς (H<sub>2</sub>O) και διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Ταυτόχρονα, παράγει και άλλα σε μικρότερο ποσοστό, όπως οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>), οξειδία του θείου (SO<sub>x</sub>), μονοξείδιου άνθρακα (CO) και αιωρούμενα σωματίδια (PM). Κατά κύριο λόγο το CO<sub>2</sub> παράγεται από την τέλεια καύση άνθρακα που περιέχουν τα καύσιμα. (Κοτρίκλα, 2015). Σχετικά με τις εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά τόνομίλι, η ναυτιλία θεωρείται μια περιβαλλοντικά φιλική μορφή μεταφοράς εμπορευμάτων (International Chamber of Shipping, 2023).

Όσον αφορά τους λιμένες, η βασικότερη πηγή των ατμοσφαιρικών εκπομπών μπορεί να αποδοθεί στους βοηθητικούς κινητήρες των σκαφών ή ακόμα και σε ειδικούς λέβητες που είναι λιγότερο ρυπογόνοι, οι οποίοι χρησιμοποιούνται συχνά για όλο το χρονικό διάστημα παραμονής ενός πλοίου σε ένα λιμάνι (Styhre & Winnes, 2019). Τέλος, οι εκπομπές των μηχανών των σκαφών προσδιορίζονται σε μεγάλο βαθμό από το μήκος του καναλιού ναυσιπλοΐας στην περιοχή διέλευσης του λιμανιού, το οποίο επηρεάζει τον χρόνο μανούβρας/κινήσεων των πλοίων, καθώς και την χρονική διάρκεια ελλιμενισμού και φορτοεκφόρτωσης (Styhre & Winnes, 2019).

## 2.1 ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΟΥΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ ΣΤΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ

Στους λιμένες οι ατμοσφαιρικές εκπομπές των πλοίων αποτελούν σε αρκετές περιπτώσεις κυρίαρχες πηγές εκπομπών ρύπανσης (Miola et al, 2009). Γενικότερα, δραστηριότητες των πλοίων που είναι υπεύθυνες για τις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων στα λιμάνια είναι (Πηγή: Miola et al, 2009):

- i. Οι κινήσεις όταν εισέρχονται και εξέρχονται τα πλοία εντός του λιμανιού.
- ii. Η παραμονή στο αγκυροβόλιο και οι λειτουργίες των πλοίων όπως η θέρμανση, η ψύξη, ο εξαερισμός, η φορτοεκφόρτωση, η πρόσδεση και η παραμονή στην θέση ελλιμενισμού μέχρι να ολοκληρωθεί η αποστολή του πλοίου.
- iii. Οι εργασίες που αφορούν την συντήρηση, κατασκευή και διάλυση των πλοίων, τα οποία πραγματοποιούνται σε νεώρια, που βρίσκονται κοντά σε λιμένες, οι οποίες είναι εξίσου υπεύθυνες για τις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων, όπως είναι σωματίδια, αερολύματα, καθώς και οι εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων από απολίπανση μετάλλων και εφαρμογή ειδικών βαφών.
- iv. Τέλος, ατμοσφαιρικές εκπομπές προέρχονται και από την αποτέφρωση απόβλητων επί του σκάφους, όπου σε αυτή την περίπτωση, διοξίνες και βαρέα μέταλλα απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα.

## 2.2 ΕΡΕΥΝΕΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΟΥΝ ΤΑ ΠΛΟΙΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΕΛΕΥΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ

Αν και οι περισσότερες εκπομπές ρύπων παράγονται όταν τα πλοία πλέουν στην ανοιχτή θάλασσα, το αμέσως επόμενο σημείο παραγωγής ρύπων παρουσιάζεται στα λιμάνια. Τα λιμάνια είναι μέρη όπου πολλά πλοία συγκεντρώνονται, γεγονός που δημιουργεί ένα είδος «hot spot» εκπομπών (van den Berg, 2022). Αυτό το σημείο βρίσκεται κοντά σε αστικές περιοχές, καθώς τα περισσότερα λιμάνια συνδέονται με πόλεις. Μάλιστα, οι εκπομπές από τις κινήσεις των πλοίων στα λιμάνια είναι περίπου δέκα φορές μεγαλύτερες από εκείνες των λοιπών λιμενικών δραστηριοτήτων (Winnes et al., 2015).

Αρκετές μελέτες έχουν προσπαθήσει να εντοπίσουν την ατμοσφαιρική ρύπανση που σχετίζεται με τη ναυτιλία στα λιμάνια και κάποιες από αυτές παρουσιάζονται παρακάτω:

**2.2.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΣΕ ΛΙΜΑΝΙΑ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ**

ΛΙΜΑΝΙΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΤΟΣ	SHIP CALLS	NO <sub>x</sub> (ton yr <sup>-1</sup> )	CO <sub>2</sub> (ton yr <sup>-1</sup> )	PM (ton yr <sup>-1</sup> )	SO <sub>2</sub> (ton yr <sup>-1</sup> )	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ (ton yr <sup>-1</sup> )	ΠΗΓΗ
<b>The Batumi Port, Γεωργία</b>	Μαύρη Θάλασσα	2018	584	900	53.200	60	440	<b>54.600</b>	Tokuslu (2021)
<b>Port of Eregli, Τουρκία</b>	Μαύρη Θάλασσα	2019	708	1.281	67.639	70	505	<b>69.495</b>	Tokuslu (2020)
<b>Port of Constanta, Ρουμανία</b>	Μαύρη Θάλασσα	2016	4.331	14.308	527.250	1.210	379	<b>543.147</b>	Nicolae et al. (2017)
<b>Izmir Port, Τουρκία</b>	Μεσόγειος Θάλασσα	2007	2.806	1.900	82.800	170	1.400	<b>86.270</b>	Saraçoglu et al. (2013)
<b>Las Palmas Port, Ισπανία</b>	Ατλαντικός Ωκεανός	2011	3.183	4.200	208.700	340	1.400	<b>214.640</b>	Tichavska and Tovar (2015)
<b>Civitavecchia Port, Ιταλία</b>	Μεσόγειος Θάλασσα	2016	3.000	940	N/A	N/A	100	<b>1.040</b>	Gobbi et al. (2016)
<b>Shanghai Port, Κίνα</b>	Κίτρινη Θάλασσα	2003	2.900	400	N/A	200	600	<b>6.600</b>	Yang et al. (2007)
<b>Yangshan Port, Κίνα</b>	Κίτρινη Θάλασσα	2009	6.518	10.800	579.000	860	1.200	<b>591.860</b>	Song (2014)
<b>Tianjin Port, Κίνα</b>	Κίτρινη Θάλασσα	2014	8.690	41.300	N/A	4.030	29.300	<b>74.630</b>	Chen et al. (2016)

Πίνακας 1: Σύγκριση των εκπομπών πλοίων σε λιμάνια από διάφορες περιοχές

(Πηγές: Tokuslu (2021), Tokuslu (2020), Nicolae et al. (2017), Saraçoglu et al. (2013), Tichavska and Tovar (2015), Gobbi et al. (2016), Yang et al. (2007), Song (2014), Chen et al. (2016))

Στον Πίνακα 1, παρουσιάζονται λιμάνια που ανήκουν σε χώρες που βρίσκονται στις εξής θάλασσες την Μαύρη, την Μεσόγειο και την Κίτρινη Θάλασσα. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζονται τα λιμάνια χωρών όπως της Γεωργίας, της Τουρκίας, Ισπανίας, Ιταλίας, Ρουμανίας και της Κίνας. Αρχικά, στην Μαύρη Θάλασσα φάνηκε ότι το λιμάνι της Constanta στην Ρουμανία ήταν εκείνο με τις υψηλότερες συνολικές εκπομπές (543.147) αλλά ήταν και το πρώτο στις ποσότητες όλων των ειδών των ατμοσφαιρικών ρύπων σε σχέση με τα λιμάνια του Eregli και του Batumi.

Αυτό οφείλεται, στο γεγονός ότι το λιμάνι της Constanta είχε τις περισσότερες αφίξεις πλοίων (port calls=4.331) μιας και είναι από τα μεγαλύτερα στην περιοχή της Μαύρης Θάλασσας. Όσον αφορά την Μεσόγειο Θάλασσα φαίνεται ότι του λιμάνι του Las Palmas το οποίο αν και βρίσκεται στον Ατλαντικό Ωκεανό και ανήκει στην Ισπανία ήταν αυτό με τους περισσότερους ρύπους (214.640) σε σχέση με τα λιμάνια της Izmir και της Civitavecchia, ενώ είχε και τις πιο πολλές αφίξεις πλοίων. Μάλιστα το Las Palmas που είναι ένας σημαντικός κόμβος μεταξύ της Ευρώπης, Αφρικής και Αμερικής. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να επισημανθεί ότι για το λιμάνι της Civitavecchia δεν υπάρχουν αναφορές για εκπομπές CO<sub>2</sub> και PM, το οποίο είχε παρόμοιο αριθμό αφίξεων πλοίων σε σχέση με το λιμάνι του Las Palmas. Στην συνέχεια, για τα λιμάνια της Κίνας στην Κίτρινη Θάλασσα, παρατηρήθηκε ότι το λιμάνι του Yangshan ήταν αυτό με τις περισσότερες εκπομπές (591.860) σε σχέση με τα λιμάνια Tianjin και της Shanghai, το οποίο αποτελεί ένα από τα πιο εμπορικά λιμάνια του κόσμου, παρόλο που είχε λιγότερες αφίξεις σε σχέση με της Tianjin, το οποίο είχε για όλες τις κατηγορίες αερίων ρύπων τον υψηλότερο βαθμό, αν και δεν προσδιοριστήκαν οι εκπομπές CO<sub>2</sub> στην αντίστοιχη μελέτη των Chen et al, 2016. Τέλος, το λιμάνι του Batumi είχε την χαμηλότερη βαθμολογία σε όλους του ρύπους με εξαίρεση τα SO<sub>2</sub>, στα οποία τα λιγότερα είχε το λιμάνι της Civitavecchia.

### 2.2.2 ΤΥΠΟΙ ΠΛΟΙΩΝ ΠΟΥ ΣΥΝΕΒΑΛΑΝ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

ΛΙΜΑΝΙ	ΕΤΟΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΛΟΙΟΥ	ΠΗΓΗ
<b>The Batumi Port, Γεωργία</b>	2018	<b>Containerships &amp; General Cargo Ships</b>	Tokuslu (2021)
<b>Port of Eregli, Τουρκία</b>	2019	<b>General Cargo Ships &amp; Dry Bulk Carriers</b>	Tokuslu (2020)
<b>Port of Constanta, Ρουμανία</b>	2016	<b>General Cargo Ships</b>	Nicolae et al. (2017)
<b>Izmir Port, Τουρκία</b>	2007	<b>Containerships &amp; General Cargo Ships</b>	Saraçoglu et al. (2013)

<b>Las Palmas Port, Ισπανία</b>	2011	<b>Containerships &amp; Passengers Ships</b>	Tichavska and Tovar (2015)
<b>Civitavecchia Port, Ιταλία</b>	2016	<b>Ro-Ro Pax &amp; Cruise Vessels</b>	Gobbi et al. (2016)
<b>Shanghai Port, Κίνα</b>	2003	<b>Containerships &amp; Dry Bulk Carriers</b>	Yang et al. (2007)
<b>Yangshan Port, Κίνα</b>	2009	N/A	Song (2014)
<b>Tianjin Port, Κίνα</b>	2014	<b>Containerships &amp; Dry Bulk Carriers</b>	Chen et al. (2016)

Πίνακας 2: Τύποι πλοίων που συνέβαλαν περισσότερο στην ατμοσφαιρική ρύπανση στα λιμάνια διάφορων περιοχών

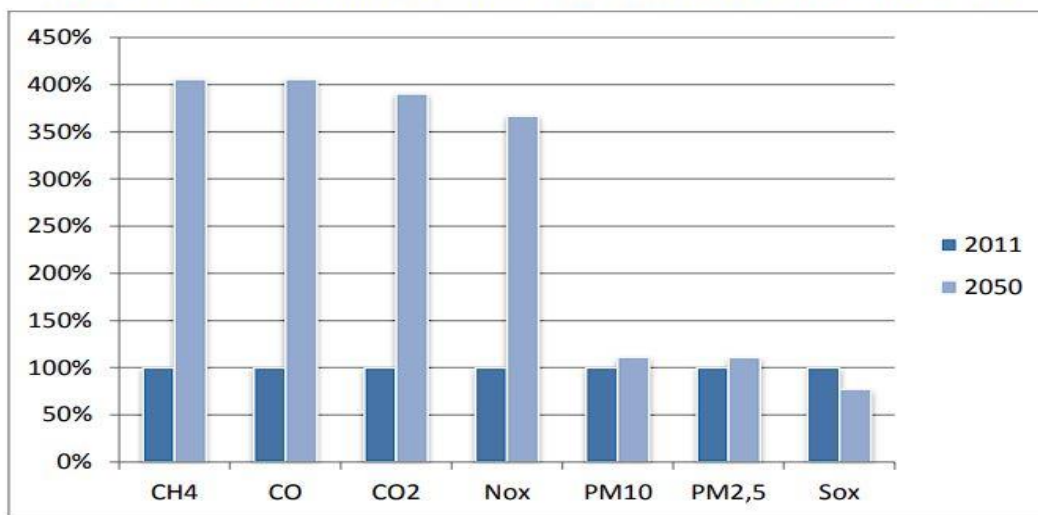
(Πηγές: Tokuslu (2021), Tokuslu (2020), Nicolae et al. (2017), Saraçoglu et al. (2013), Tichavska and Tovar (2015), Gobbi et al. (2016), Yang et al. (2007), Song (2014), Chen et al. (2016))

Οι παραπάνω έρευνες με εξαίρεση αυτή του Song (2014), παρουσίασαν στα αποτελέσματα τους ποια ήταν εκείνα τα πλοία που ήταν οι μεγαλύτεροι ρυπαντές για κάθε λιμάνι που εξετάστηκε. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2, οι τύποι των πλοίων που εμφανίστηκαν στα 9 αυτά λιμάνια ήταν κυρίως Containerships, Γενικού Φορτίου, Dry Bulk Carriers, Επιβατηγά, Τροχοφόρα (Ro-Ro) και Κρουαζιερόπλοια. Από τα παραπάνω θα μπορούσε να συμπεράνει κανείς ότι από τα πλοία που αναφέρθηκαν περισσότερο στα 7 από τα 9 λιμάνια, μεγαλύτεροι ρυπαντές είναι τα Containerships και General Cargo Ships. Αν και θα πρέπει να επισημανθεί ότι ποια κατηγορία πλοίου θα έχει περισσότερες αφίξεις και εκπομπές εξαρτάται και από τον τύπο του λιμανιού, όπως ο λιμένας της Civitavecchia που είναι κυρίως τουριστικός (Cruise Port) που υποδέχεται πλοία από τον τομέα της Κρουαζιέρας.

## 2.3 ΜΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΚΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΣΤΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ ΓΙΑ ΤΟ 2050

Το Διεθνές Συνέδριο Μεταφορών (ITF) δημοσίευσε το 2014 μια έρευνα σχετικά με τις μελλοντικές προβλέψεις για τις ποσότητες των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων από τα πλοία στους λιμένες για το έτος 2050. Σύμφωνα με το ITF πιστεύετε ότι οι ατμοσφαιρικές εκπομπές της ναυτιλίας στα λιμάνια θα τετραπλασιαστούν έως το 2050 και πιο συγκεκριμένα οι εκπομπές των CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub>. Προέβλεπε μάλιστα, ότι οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από τα πλοία στα λιμάνια θα φθάσουν περίπου στους 70 εκατομμύρια τόνους, οι εκπομπές NO<sub>x</sub> έως και 1,3 εκατομμύρια τόνους, ενώ οι εκπομπές SO<sub>x</sub> θα μειωθούν ελαφρά λόγω των περιοριστικών μέτρων που έχουν επιβληθεί κυρίως στα λιμάνια της Ευρώπης και της Αμερικής σε σχέση με το 2011, ενώ τα PMs παρέμειναν σχεδόν στα ίδια επίπεδα (Merk, 2014).

**Figure 8. Increase in shipping emissions in ports 2011-2050**



Πίνακας: Αύξηση των εκπομπών των πλοίων σε λιμάνια από το 2011 έως το 2050

(Πηγή: Olaf Merk, 2014)

Βάση της μελέτης η αύξηση των περισσότερων εκπομπών από τη ναυτιλία οφείλονται στην διογκούμενη ζήτηση για εμπορεύματα, τα οποία καταναλώνονται όλο και περισσότερο λόγω της αύξησης της οικονομίας, του πληθυσμού και του εμπορίου σε παγκόσμιο επίπεδο (Merk, 2014). Το ITF αναφέρει ότι οι προβλέψεις αυτές



προέρχονται από ένα μοντέλο που καταγραφεί τις ροές 18 διαφορετικών τύπων φορτίου ανάμεσα σε 226 περιοχές σε 84 διαφορετικές χώρες (Merk, 2014). Η Αφρική και μέρος της Ασίας θα αντιμετωπίσουν τις πιο απότομες αυξήσεις στις εκπομπές, λόγω της προβλεπόμενης ισχυρής αύξησης της κυκλοφορίας των λιμένων έως το 2050 και της έλλειψης κατασταλτικών μέτρων σχετικά με τις εκπομπές ρύπων στους λιμένες τους (Merk, 2014). Αντίθετα, τα λιμάνια της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής παρουσιάζουν σχετική μείωση των εκπομπών, λόγω της βραδύτερης αύξησης της κυκλοφορίας των πλοίων με αφορμή, τα αυστηρότερα ρυθμιστικά μέτρα για τους ατμοσφαιρικούς ρύπους, όπως οι Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών (ECA) (Merk, 2014).

#### 2.4 ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΠΛΗΘΥΣΜΟ ΚΟΝΤΑ ΣΕ ΛΙΜΑΝΙΑ

Περίπου το 40% του πληθυσμού της ΕΕ ζει σε απόσταση 50 χιλιομέτρων από τη θάλασσα, επομένως οι ατμοσφαιρικές εκπομπές από τα πλοία αποτελούν ιδιαίτερη ανησυχία για τις παράκτιες κοινότητες (EMSA, 2021). Μερικές από τις επιπτώσεις ατμοσφαιρικών εκπομπών στα λιμάνια και κατά συνέπεια στους ανθρώπους που κατοικούν κοντά σε αυτά, αναφέρονται παρακάτω:

Το οξείδιο του αζώτου (NO<sub>x</sub>) είναι ένας αρνητικός παράγοντας για την υγεία του ανθρώπου. Η εισπνοή αέρα με υψηλή συγκέντρωση NO<sub>x</sub> μπορεί να ερεθίσει το ανθρώπινο αναπνευστικό σύστημα, τέτοιες εκθέσεις σε σύντομες χρονικές περιόδους μπορούν να επιδεινώσουν αναπνευστικές ασθένειες και ιδιαίτερα το άσθμα. Η παρατεταμένη έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις NO<sub>x</sub> μπορεί να συμβάλει δυνητικά στην ευαισθησία σε λοιμώξεις του αναπνευστικού. Τα άτομα με άσθμα, τα παιδιά και οι ηλικιωμένοι διατρέχουν γενικά μεγαλύτερο κίνδυνο (EPA,2023).

Τα οξείδια του θείου (SO<sub>x</sub>) επιφέρουν επίσης για διάφορες επιπτώσεις στην υγεία του. Πιο συγκεκριμένα, μερικές από αυτές είναι η μειωμένη πνευμονική λειτουργία, ο αύξηση των αναπνευστικών διαταραχών, ο ερεθισμός των ματιών, της μύτης αλλά και η πρόωμη θνησιμότητα. Τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι και όσοι έχουν αναπνευστικά προβλήματα, όπως οι ασθματικοί, είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι, όπου ακόμα και μια σύντομη έκθεση σε συγκεντρώσεις SO<sub>x</sub> φαίνεται να είναι ιδιαίτερα επιβλαβής (Bacalja et al, 2021).

Οι συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, προκαλούν πονοκέφαλο, υπνηλία, αρτηριακή πίεση, αρρυθμίες και αναπνευστικά προβλήματα (ESHG, 2020). Αντίστοιχα, το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) όσο αυξάνεται σε ποσότητα μειώνει το οξυγόνο από τον αέρα, προκαλώντας γρήγορη αναπνοή, καρδιακό ρυθμό, κόπωση, μόνιμη βλάβη σε όργανα, συμπεριλαμβανομένου του εγκεφάλου και της καρδιάς (CCOHS, 2023).

Τα σωματίδια μικρής διαμέτρου (PM<sub>2,5</sub>) εισχωρούν με ευκολία στο πνευμονικό σύστημα και έχουν συνδεθεί με ένα ευρύ φάσμα επιπτώσεων στην υγεία. Η εκπομπή των PMs προκαλεί άσθμα και πρόωμη θνησιμότητα λόγω καρδιοπνευμονικού καρκίνου. Η διάρκεια ζωής τους στην ατμόσφαιρα είναι αρκετά μεγάλη, ώστε οι εκπομπές σε περιοχές λιμένων να έχει εκτιμηθεί ότι επηρεάζουν σημαντικά τα ποσοστά ανθρώπινης θνησιμότητας (Bell et al, 2020). Οι Corbett et al. το 2007 μελέτησαν τις εκπομπές PM που σχετίζονται με τη ναυτιλία και παρατήρησαν ότι είναι υπεύθυνες για περίπου 60.000 θανάτους από καρδιοπνευμονικό καρκίνο ετησίως, με τους περισσότερους να συμβαίνουν κοντά στις ακτές της Ευρώπης και της Ασίας (Bell et al, 2020).

Τέλος, μια ομάδα ερευνητών από το Διεθνές Συμβούλιο για Καθαρές Μεταφορές (ICCT), το Πανεπιστήμιο George Washington, την Σχολή Δημόσιας Υγείας του Ινστιτούτου Milken και το Πανεπιστήμιο του Colorado Boulder, δημοσίευσαν μια νέα έρευνα που αξιολόγησε την πρόωγη θνησιμότητα που σχετίζεται με την ατμοσφαιρική ρύπανση από τις μεταφορές (ICCT, 2015). Οι μελετητές παρατήρησαν ότι τα λεπτά σωματίδια (PM<sub>2,5</sub>) και το όζον από οδικά οχήματα και τα πλοία ήταν οι βασικές αιτίες για περίπου 385.000 πρόωρους θανάτους το 2015 παγκοσμίως. Συγκεκριμένα, ένα μεγάλο μέρος της πρόωρης θνησιμότητας περίπου 60.000 θανάτων οφείλονταν στην ατμοσφαιρική ρύπανση από τα 70.000 πλοία της ποντοπόρου ναυτιλίας (ICCT, 2015).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΤΑ ΠΛΟΙΑ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ**

Οι ατμοσφαιρικές εκπομπές από τα πλοία στους λιμένες αποτελεί μια ανησυχία παγκοσμίως, καθώς μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπινων κοινωνιών που ζουν κοντά σε αυτά αλλά και του φυσικού περιβάλλοντος που βρίσκεται γύρω του. Σε απάντηση λοιπόν στο παραπάνω ζήτημα, έχουν αναπτυχθεί διάφοροι κανονισμοί και πολιτικές. Συγκεκριμένα, ο ΙΜΟ και η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι από τις περιπτώσεις που έχουν δημιουργήσει έναν αριθμό ρυθμιστικών/θεσμικών πλαισίων ώστε να μειώσουν την ατμοσφαιρική ρύπανση από την ναυτιλία στους λιμένες. Παραδείγματα τέτοιων πρακτικών αποτελούν το παράρτημα VI της MARPOL, οι ζώνες Emission Control Areas (ECA), το EU Monitoring, Reporting and Verification (MRV) και ο κανονισμός Fuel EU Maritime.

### 3.1 ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ - INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO)

#### *3.1.1 Η ΔΙΕΘΝΗΣ ΣΥΜΒΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΛΗΨΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΠΛΟΙΑ - INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE PREVENTION OF POLLUTION FROM SHIPS (MARPOL)*

Η Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL) είναι η βασική σύμβαση που εφαρμόζεται από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (International Maritime Organization - IMO) με σκοπό την καταπολέμηση και την πρόληψη της ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος από την ναυτιλία από επιχειρησιακά ή τυχαία αίτια. Η MARPOL εγκρίθηκε το 1973 από τον IMO και το 1978 τέθηκε σε ισχύ, ως απάντηση σε μια σειρά θαλάσσιων ατυχημάτων (IMO, 2023).

Η Σύμβαση περιλαμβάνει κανονισμούς που στοχεύουν την ελαχιστοποίηση της ρύπανσης από πλοία και αποτελείται από 6 παραρτήματα (Annexes) (IMO, 2023):

- Παράρτημα I αναφέρεται στην πρόληψη της ρύπανσης από το πετρέλαιο και κατέστησε υποχρεωτικό για τα νέα πετρελαιοφόρα να έχουν διπλό κύτος.
- Παράρτημα II περιέχει μέτρα για τον έλεγχο της ρύπανσης από επιβλαβείς υγρές ουσίες.
- Παράρτημα III αφορά κανονισμούς σχετικά με την διαχείριση των επικίνδυνων φορτίων (IMDG) (π.χ. ραδιενεργές ουσίες).
- Παράρτημα IV περιλαμβάνει απαιτήσεις για τον έλεγχο της ρύπανσης της θάλασσας από λύματα πλοίων.
- Παράρτημα V ασχολείται με διάφορα είδη απορριμμάτων και στην διαχείρισή τους.
- Παράρτημα VI που επικεντρώνεται στην ελαχιστοποίηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από την ναυτιλία.

### 3.1.2 ΤΟ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI ΤΗΣ MARPOL

Το παράρτημα VI της MARPOL εγκρίθηκε για πρώτη φορά το 1997 και τέθηκε σε ισχύ το 2005 και περιέχει το κανονιστικό πλαίσιο για τον περιορισμό των ατμοσφαιρικών ρύπων που περιέχονται στα καυσαέρια των πλοίων, συμπεριλαμβανομένων των οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>), των οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>), τις εκπομπές ουσιών που καταστρέφουν το όζον και τις εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) (IMO, 2023). Παρακάτω παρουσιάζονται οι κανονισμοί σχετικά με τις αντίστοιχες εκπομπές:

#### **Κανονισμός 12 - Ουσίες που καταστρέφουν το όζον (ODS)**

Ο Κανονισμός 12 απαγορεύει την εγκατάσταση συστήματος ή εξοπλισμού που περιέχει χλωροφθοράνθρακες (CFC) σε πλοία μετά το έτος 2005 και δεν επιτρέπει τη εγκατάσταση τους μετά από το έτος αυτό στα ήδη υπάρχοντα πλοία. Συμπεριλαμβάνονται επίσης και εγκαταστάσεις επί των σκαφών που περιέχουν υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC) των οποίων απαγορευτική η χρήση από τις 17 Ιανουαρίου 2020 και μετά (IMO - MEPC, 2008).

### **Κανονισμός 13 - Οξείδια του αζώτου (NOx)**

Στον Κανονισμό 13 περιλαμβάνονται προοδευτικές μειώσεις των εκπομπών NOx από της μηχανές των πλοίων. Οι απαιτήσεις ελέγχου NOx ισχύουν για εγκατεστημένους κινητήρες ντίζελ ισχύος άνω των 130 KW, εκτός από αυτούς που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για σκοπούς έκτακτης ανάγκης ανεξάρτητα από τη χωρητικότητα του πλοίου (IMO, 2023 ; Sustainable-Ships, 2023). Ο Κανονισμός για τα NOx αποτελείται από τρεις Βαθμίδες (Tiers), οι οποίες χωρίζονται ως εξής. Η Βαθμίδα I ισχύει για πλοία που ναυπηγήθηκαν την ή μετά την 1η Ιανουαρίου 2000 και περιορίζει τις εκπομπές NOx του κινητήρα. Η Βαθμίδα II απαιτεί μείωση των εκπομπών NOx κατά 20% σε σύγκριση με τις προηγούμενες τιμές της Βαθμίδας I και ισχύει για πλοία με ημερομηνία ναυπήγησης την ή μετά την 1η Ιανουαρίου 2011. Η Βαθμίδα III απαιτεί 80% μείωση των εκπομπών NOx σε σύγκριση με τη Βαθμίδα II και αφορά υπάρχοντα και νέα πλοία που έχουν κατασκευαστεί την ή μετά την 1η Ιανουαρίου 2016. Η Βαθμίδα III ισχύει μόνο για καθορισμένα πλοία που επιχειρούν σε ζώνες ECA. Ωστόσο, για όσα σκάφη επιχειρούν εκτός των ζωνών ECA, ισχύει η Βαθμίδα II για όλους τους κινητήρες (IMO, 2023 ; Sustainable-Ships, 2023).

### **Κανονισμός 14 – Οξείδια του θείου (SOx)**

Ο κανονισμός 14 δίνει τη δυνατότητα στους πλοιοκτήτες και στις επιχειρήσεις εκμετάλλευσης πλοίων να χρησιμοποιούν τόσο καύσιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, όσο και τεχνολογίες για την εξάλειψη του SOx πριν από την απελευθέρωση τους στην ατμόσφαιρα. Για να επιτευχθεί η μείωση των SOx δημιουργήθηκαν ειδικές ζώνες που ονομάστηκαν Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών SOx (SECA) για τον έλεγχο των εκπομπών από τα πλοία (IMO - MEPC, 2008).

### **Κανονισμός 15 - Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs)**

Ο κανονισμός 15 αφορά μόνο τα δεξαμενόπλοια. Τα δεξαμενόπλοια μεταφέρουν αργό πετρέλαιο, το φορτίο του οποίου αποτελείται από πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), επομένως περιέχει οργανικές χημικές ουσίες, οι οποίες έχουν υψηλή τάση ατμών (high vapour pressure) (IMO MEPC.176(58), 2008). Ωστόσο, αυτός ο κανονισμός ισχύει επίσης και για πλοία μεταφοράς αερίου (gas carriers) μόνο εάν τα συστήματα φόρτωσης και περιορισμού επιτρέπουν την ασφαλή διατήρηση των πτητικών οργανικών ενώσεων πλην μεθανίου (NMVOC) (Jamaly, 2012). Παράλληλα, ο

Κανονισμός 15 αφορά και τις εκπομπές VOCs από δεξαμενόπλοια, τα οποία ελλιμενίζονται σε λιμάνια ή τερματικούς σταθμούς. Απαιτείται η κάθε αρμόδια κυβέρνηση κάθε χώρας να ορίζει ποιοι λιμένες και τερματικοί σταθμοί θα πραγματοποιήσουν ρυθμίσεις σχετικά με τις εκπομπές VOCs από δεξαμενόπλοια. Για να επιτευχθεί ο παραπάνω σκοπός απαιτείται η χρήση ενός Συστήματος Ελέγχου Εκπομπών Ατμών (Vapour Emission Control System - VECS) (TOCPRO, 2015). Το VECS είναι ένα σύστημα σωληνώσεων που αποθηκεύονται και επεξεργάζεται οι εκπομπές ατόμων επί των δεξαμενόπλοιων (Keskin, 2011). Οι τερματικοί σταθμοί και τα λιμάνια έχουν την δυνατότητα να έχουν εγκαταστήσει συστήματα ελέγχου εκπομπών ατμών και μπορούν να δέχονται δεξαμενόπλοια που δεν είναι εξοπλισμένα με αυτά για περίοδο τριών ετών μετά από σχετική προειδοποίηση του τερματικού σταθμού ή του λιμένα (TOCPRO, 2015). Σύμφωνα με την MARPOL απαιτεί από όλα τα δεξαμενόπλοια να διαθέτουν Σχέδιο Διαχείρισης Πτητικών Οργανισμών Πτητικών Οργανισμών (TOCPRO, 2015).

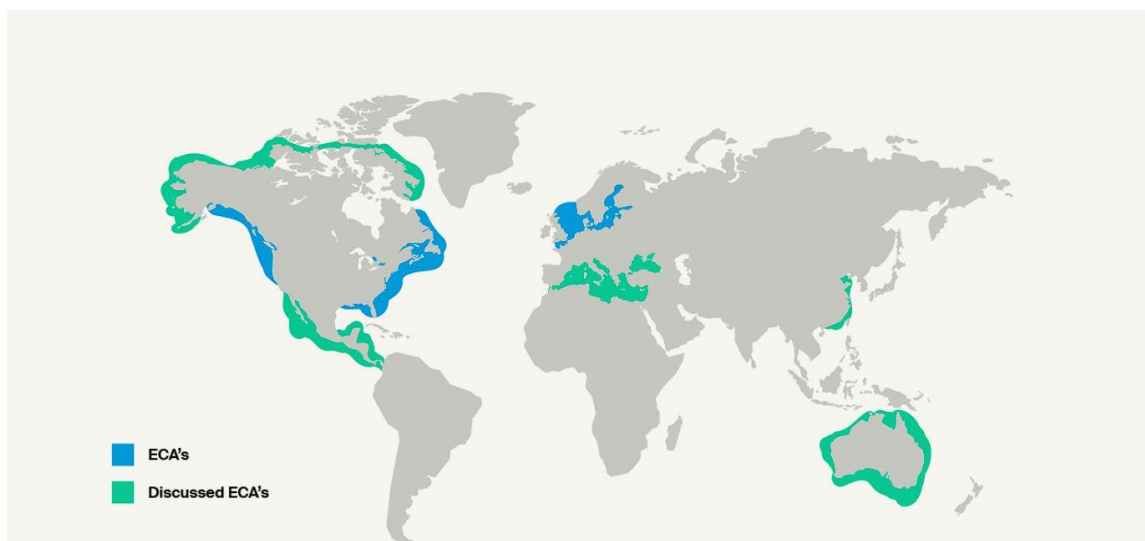
Τέλος, το παράρτημα VI προωθεί στο ναυτιλιακό κλάδο την χρήση καυσίμων φιλικά προς το περιβάλλον και νέες τεχνολογίες για την ελαχιστοποίηση των ατμοσφαιρικών εκπομπών. Τέτοιες πρακτικές είναι η χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) ως καύσιμο αλλά και η χρήση συστημάτων καθαρισμού καυσαερίων (Scrubbers) (IMO, 2023).

### *3.1.3 ΤΟ ΠΡΟΣΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ ΤΟΥ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ VI ΤΗΣ MARPOL: ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΚΠΟΜΠΩΝ (EMMISSIONS CONTROL AREAS – ECA)*

Οι ECA αποτελούν μέτρο του IMO και της Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) σχετικά με τις μειώσεις των επιπτώσεων των αέριων εκπομπών για τον τομέα των λιμένων και των πλοίων (Bentsos, 2021).

Σε αυτές τις περιοχές και τα λιμάνια που ορίζονται ως ECA, είναι ζώνες όπου εφαρμόζονται αυστηρότερες απαιτήσεις για την περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο που χρησιμοποιούνται από τα πλοία, όπου θα πρέπει να περιλαμβάνουν μέγιστη τιμή θείου 0.10% σε σχέση με την τιμή παγκόσμιου επιπέδου (εκτός ECA) που είναι 0.50% (OECD, 2016).

Οι ECA επηρεάζουν την ναυτιλία σε δύο διαστάσεις: την πρόσβαση στα λιμάνια και τις ναυτιλιακές γραμμές (shipping lanes). Περίπου το 17% της παγκόσμιας διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων λιμένων βρίσκεται εντός μίας ECA (Notteboom et al, 2022). Το ποσοστό είναι σχετικά χαμηλό αλλά τα λιμάνια εντός των ECA εξυπηρετούν μεγάλες αγορές της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής (Notteboom et al, 2022). Ως εκ τούτου, οι ναυτιλιακές γραμμές που περνάνε από τα λιμάνια των περιοχών ECA πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμα χαμηλότερης περιεκτικότητας σε θείο, επηρεάζοντας το δίκτυο εξυπηρέτησής τους με άλλα λιμάνια που έχουν λιγότερο αυστηρούς κανονισμούς για τις ατμοσφαιρικές εκπομπές (Notteboom et al, 2022).



Εικόνα: Ζώνες ECA και Αναμενόμενες Ζώνες ECA

(Πηγή: Kuehne-Nagel)

Οι δύο πρώτες ECA που τέθηκαν σε ισχύ βρίσκονται στη Βαλτική και τη Βόρεια Θάλασσα και στα λιμάνια αυτών, όπου επέβαλαν στην αρχή όρια μόνο στις εκπομπές θείου και για αυτό ονομάστηκαν Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών του Θείου (Sulphur ECAs ή SECAs) και από το 2021 θα πρέπει να συμμορφώνονται και με τις απαιτήσεις NOx Βαθμίδας III (DVN, 2023).

Οι ΗΠΑ εγκαθίδρυσαν την Περιοχή Ελέγχου Εκπομπών της Βόρειας Αμερικής συμπεριλαμβανομένης και της Χαβάης το 2010, αλλά και την Περιοχή Ελέγχου Εκπομπών της Καραϊβικής Θάλασσας το 2014, τα οποία ελέγχουν τις εκπομπές SOx

και NOx από τα πλοία και περιλαμβάνουν όλα τα λιμάνια των σχετικών περιοχών (OECD, 2016). Επίσης, έχει ανακοινωθεί από την 1η Μαΐου του 2025 ότι η Μεσόγειος Θάλασσα θα γίνει και αυτή μια ζώνη ECA που θα αφορά τις εκπομπές SOx και θα επιβάλει όριο που να μην υπερβαίνει το 0,10% σε περιεκτικότητα θείου στα ναυτιλιακά καύσιμα (DNV, 2023).

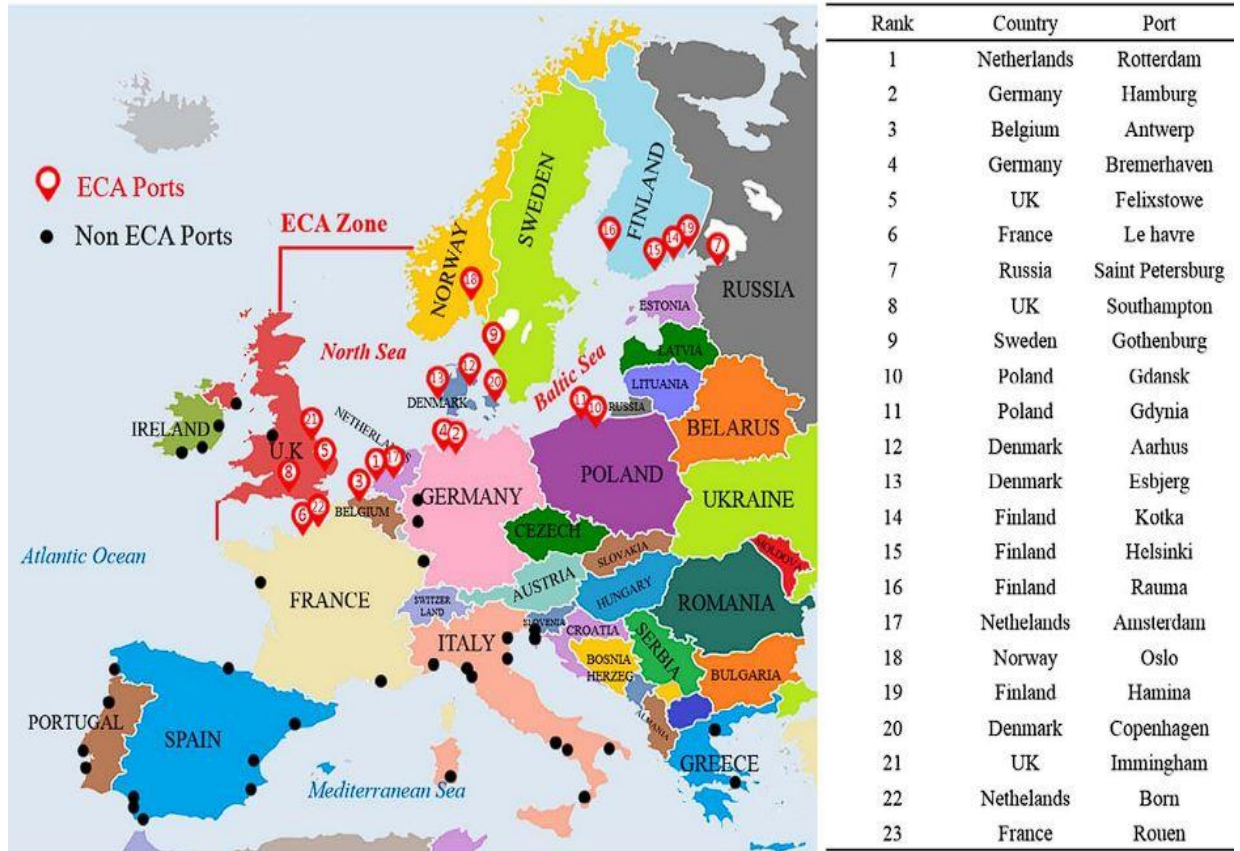


Fig. 1. ECA and non-ECA sample ports in Europe.

Εικόνα: Λιμάνια εντός και εκτός ECA στην Ευρώπη

(Πηγή: Chang et al, 2018)



### *3.1.4 ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ ΤΟΥ ΙΜΟ ΚΑΙ ΤΗΣ ΙΑΗΡ*

Ο ΙΜΟ σε συνεργασία με την Διεθνή Ένωση Λιμένων (ΙΑΗΡ), επισήμανε την ανάγκη για τεχνική καθοδήγηση σχετικά με τις αέριες εκπομπές στα λιμάνια, ώστε να γίνει ευκολότερο το έργο των αρχών του κάθε λιμένα για την αντιμετώπιση τους. Αυτή η πρακτική καθοδήγηση υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του GEF-UNDP-ΙΜΟ GloMEEP Project (GloMEEP, 2018).

Το κλειδί αυτής της προσπάθειας είναι η παροχή μιας συστηματικής προσέγγισης για την αξιολόγηση των ατμοσφαιρικών εκπομπών από πηγές όπως τα πλοία που εισέρχονται στα λιμάνια, μέσω της ανάπτυξης ειδικών οδηγιών (GloMEEP, 2018). Σύμφωνα με τον ΙΜΟ χωρίς αυτές τις οδηγίες, μπορεί να είναι δύσκολο να καθοριστεί που να επικεντρωθούν καλύτερα οι πόροι των λιμενικών αρχών για τη μείωση των εκπομπών. Έτσι δημιουργήθηκε το «Port Emissions Toolkit», το οποίο περιλαμβάνει δύο μεμονωμένες οδηγίες (GloMEEP, 2018):

#### Οδηγία Νούμερο 1: Αξιολόγηση των Εκπομπών Λιμένων

Αυτή η οδηγία προορίζεται να χρησιμεύσει για την καλύτερη αξιοποίηση των πόρων των λιμένων που σκοπεύουν να αναπτύξουν ή να βελτιώσουν τις πρακτικές τους για τους ατμοσφαιρικούς ρύπους (GloMEEP, 2018). Οι λιμενικές αρχές σύμφωνα με την Οδηγία νούμερο 1 θα πρέπει επομένως να επεκταθούν πέρα από τα ίδια τα πλοία σε όλες τις πηγές εκπομπών που σχετίζονται με το λιμάνι, συμπεριλαμβανομένων: λιμενικά σκάφη, οχήματα διακίνησης φορτίου, εξοπλισμού φορτοεκφόρτωσης και παροχές ηλεκτρικού δικτύου (GloMEEP, 2018).

#### Οδηγία Νούμερο 2: Ανάπτυξη Στρατηγικών Μείωσης των Εκπομπών Λιμένων

Η οδηγία αυτή προορίζεται να χρησιμεύσει ως οδηγός πόρων για την ανάπτυξη, αξιολόγηση, εφαρμογή και παρακολούθηση μέτρων ελέγχου των εκπομπών που υπερβαίνουν τις κανονιστικές απαιτήσεις (GloMEEP, 2018).

### 3.1.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΙΜΟ (DATA COLLECTION SYSTEM - DCS)

Το Σύστημα Συλλογής Δεδομένων (DCS) εγκεκριμένο και δημοσιευμένο από τον ΙΜΟ, συλλέγει δεδομένα για την κατανάλωση καυσίμου από τα πλοία (DNV, 2023). Αν και συμπεριλαμβάνει τις περιπτώσεις που τα πλοία εισέρχονται στα λιμάνια, η κατανάλωση δεν χρειάζεται να κατανεμηθεί ξεχωριστά μεταξύ του χρόνου σε λιμένες και εν πλω (DNV, 2023). Ωστόσο, για τη συνδυασμένη αναφορά EU MRV και DCS, απαιτείται αναφορά άφιξης και αναχώρησης (DNV, 2023).

Το DCS αποσκοπεί στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των σκαφών και την αντιμετώπιση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τη ποντοπόρο ναυτιλία (ΙΜΟ, 2018). Σύμφωνα με το Παράρτημα VI της MARPOL, το DCS είναι υποχρεωτικό μέτρο για τα πλοία με 5000 ολική χωρητικότητα (GT) και άνω, και αναγκάζει τους φορείς εκμετάλλευσης πλοίων να καταγράφουν και να αναφέρουν τα δεδομένα κατανάλωσης καυσίμου (ΙΜΟ, 2020).

Το DCS του ΙΜΟ απαιτεί να συμπεριλαμβάνονται τα ακόλουθα στοιχεία (ΙΜΟ, 2017):

1. Στοιχεία πλοίου.
2. Σχέδιο συλλογής δεδομένων καυσίμων.
3. Καταγραφή των κύριων κινητήρων των πλοίων αλλά και των βοηθητικών αντίστοιχα.
4. Καταγραφή του συντελεστή αέριων εκπομπών.
5. Μέθοδος μέτρησης κατανάλωσης καυσίμων.
6. Μέθοδος μέτρησης της διανυόμενης απόστασης.
7. Μέθοδος μέτρησης ωρών εν πλω.
8. Αναφορά των δεδομένων.
9. Έλεγχος ποιότητας δεδομένων.

Το DCS εφαρμόζεται σε 3 στάδια, την αναφορά, την επαλήθευση και την δημοσίευση, όπου το πλοίο στο τέλος κάθε ημερολογιακού έτους με αργότερο τις 31 Μαρτίου του

επόμενου έτους, πρέπει να υποβάλλει στο κράτος σημαίας του, εκθέσεις σχετικά με τα δεδομένα κατανάλωσης καυσίμων (IMO, 2017 ; Dickinson, 2018). Τέλος, το κράτος σημαίας, θα εκδίδει ένα Πιστοποιητικό Συμμόρφωσης για κάθε πλοίο υστέρα από δύο μήνες από την παραλαβή της αναφοράς την οποία θα διαβιβάζει στον IMO (IMO, 2020).

### *3.1.6 Η ΟΔΗΓΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ ΚΑΙ Η ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΤΟΥ IMO ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ (THE IMO GHG STRATEGY AND THE PORTS RESOLUTION)*

Ο IMO την περίοδο του 2018 υιοθέτησε μια στρατηγική για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) από τα πλοία, ορίζοντας ένα όραμα με δέσμευση για ελαχιστοποίηση των εκπομπών αυτών από τη διεθνή ναυτιλία και τη σταδιακή κατάργησή τους το συντομότερο δυνατό (IMO, 2020). Η στρατηγική μείωσης της έντασης άνθρακα της διεθνούς ναυτιλίας είναι η μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> ανά μεταφορικό έργο, κατά τουλάχιστον 40% έως το 2030, στην συνέχεια κατά 70% έως το 2050, αλλά στοχεύει και στη ελαχιστοποίηση των συνολικών ετήσιων εκπομπών GHG από τη διεθνή ναυτιλία, τουλάχιστον κατά 50% έως το 2050 σε σχέση με το 2008 (IMO, 2020).

Η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος του IMO (MEPC) τον Μάιο του 2019, υιοθέτησε το ψήφισμα MEPC.323(74), το οποίο καλεί τα κράτη μέλη του IMO να προσχωρήσουν σε εθελοντική συνεργασία μεταξύ λιμενικών και ναυτιλιακών εταιρειών για να συμβάλουν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία (WPSP, 2020). Το ψήφισμα προωθεί ρυθμιστικές, τεχνικές, επιχειρησιακές και οικονομικές δράσεις στον λιμενικό τομέα, όπως εγκαταστάσεις χερσαίας παροχής ηλεκτρικής ενέργειας με έμφαση στις ανανεώσιμες πηγές, ασφαλής και αποτελεσματικός ανεφοδιασμός των πλοίων με εναλλακτικά καύσιμα χαμηλών και μηδενικών εκπομπών άνθρακα (WPSP, 2020). Παράλληλα, το συγκεκριμένο ψήφισμα παροτρύνει να υπάρξει παροχή κίνητρων για την προώθηση της βιώσιμης ναυτιλίας χαμηλών και μηδενικών εκπομπών άνθρακα και στην υποστήριξη για τη βελτιστοποίηση των αφίξεων των σκαφών στα λιμάνια, όπως είναι η αξιοποίηση της

μεθόδου «Just-In-Time» (WPSP, 2020). Τέλος, η Καναδική κυβέρνηση σε συνεργασία με την Διεθνή Ένωση Λιμένων (International Association of Ports and Harbours - IAPH) ξεκίνησε πρώτη την εφαρμογή του ψηφίσματος MEPC.323(74) (WPSP, 2020).

### 3.2 ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ (ΕΕ)

#### *3.2.1 ΟΔΗΓΙΑ ΤΗΣ ΕΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΕ ΘΕΙΟ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΕΛΛΙΜΕΝΙΣΜΟ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ (2012/33/ΕΕ) (EU FUEL SULPHUR DIRECTIVE)*

Η ΕΕ έχει εφαρμόσει τις ενημερωμένες απαιτήσεις του IMO του Παραρτήματος VI για το θείο των καυσίμων που εγκρίθηκαν το 2008 και ενσωματώθηκαν στη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Κοινότητας. Η οδηγία ορίζει επίσης τη μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο 0,1% για τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται σε ελλιμενισμό σε λιμένες της ΕΕ (IMO, 2015). Από αυτήν την οδηγία εξαιρούνται τα πλοία σε θέση ελλιμενισμού για λιγότερο από δύο ώρες και τα πλοία που χρησιμοποιούν σταθμό ηλεκτροδότησης από την ξηρά (OPS) (IMO, 2015). Αυτό το σημείο της οδηγίας ισχύει μόνο για πλοία που είναι ελλιμενισμένα, μόνο οι βοηθητικοί κινητήρες πρέπει κάνουν αλλαγή σε καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, το οποίο πρέπει ήδη να είναι επί του σκάφους κατά την άφιξη στο λιμάνι. Από τον Ιανουάριο του 2015, οι απαιτήσεις του IMO σε θείο καυσίμου για τις SECA ταιριάζουν με τις απαιτήσεις της ΕΕ σε θείο καυσίμου για πλοία σε λιμάνια (IMO, 2015).

*3.2.2 ΟΔΗΓΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ  
ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ ΤΗΣ ΕΕ (2014/94/ΕΕ)  
(DIRECTIVE ON THE DEPLOYMENT OF ALTERNATIVE FUEL  
INFRASTRUCTURES)*

Η παρούσα οδηγία ενθαρρύνει την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικής ενέργειας, που εγκρίθηκε στα τέλη του 2014, η οποία ορίζει ότι τα κράτη μέλη της ΕΕ πρέπει να διασφαλίσουν την ανάγκη παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από την ξηρά για πλοία εσωτερικής ναυσιπλοΐας και ποντοπόρα πλοία στους λιμένες (IMO, 2015). Αυτή η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από την ξηρά θα εγκατασταθεί κατά προτεραιότητα σε λιμένες του βασικού δικτύου TENT-T, το οποίο είναι ένα δίκτυο που συνδέει 424 μεγάλες ευρωπαϊκές πόλεις με λιμάνια, αεροδρόμια και σιδηροδρομικούς σταθμούς αλλά και σε άλλους λιμένες εκτός αυτού, έως τις 31 Δεκεμβρίου 2025. Η ΕΕ έχει επισημάνει ότι λιμάνια μπορούν να εξαιρεθούν από την συγκεκριμένη οδηγία σε περίπτωση, εάν δεν υπάρχει ζήτηση και το κόστος είναι δυσανάλογο με τα οφέλη, συμπεριλαμβανομένων των περιβαλλοντικών (IMO, 2015).

*3.2.3 ΟΔΗΓΙΑ ΤΗΣ ΕΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ  
(2008/50/ΕΕ)  
(EU AIR QUALITY DIRECTIVE)*

Η Οδηγία της ΕΕ για την ποιότητα του αέρα θέτει πρότυπα για την συγκέντρωση των ατμοσφαιρικών ρύπων, συμπεριλαμβανομένων των NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> και PM. Ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες, η οδηγία ίσως σε κάποιες περιπτώσεις περιορίσει την ελευθερία των λιμένων και των τερματικών σταθμών να επεκτείνουν τις δραστηριότητές τους (IMO, 2015). Ενδέχεται να υπάρχουν διαφορές μεταξύ των χωρών της ΕΕ στην εφαρμογή της οδηγίας. Τα πιο κρίσιμα κατώτατα ετήσια όρια που πρέπει να πληρούνται είναι: 40 μg/m<sup>3</sup> για NO<sub>x</sub> από το 2010, 40 μg/m<sup>3</sup> για PM<sub>10</sub> από 2010 και 20 μg/m<sup>3</sup> για PM<sub>2,5</sub> από το 2020 (IMO, 2015).

### 3.2.4 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ «FUEL EU MARITIME REGULATION»

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή και το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο κατέληξαν σε συμφωνία στις 23 Μαρτίου του 2023 για την εφαρμογή του κανονισμού «Fuel EU Maritime Regulation», το οποίο στοχεύει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> και N<sub>2</sub>O) που εκπέμπονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ABS, 2023).

Ο κανονισμός «Fuel EU Maritime Regulation» είναι ένα τεχνικό μέτρο που στοχεύει στην απανθρακοποίηση των θαλάσσιων μεταφορών στην ΕΕ. Αποτελείται από τρεις βασικές απαιτήσεις (ABS, 2023):

- Μείωση της έντασης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (GHG) από την ενέργεια που χρησιμοποιείται στο πλοίο.
- Χρήση σταθμών ηλεκτροδότησης πλοίων από την ξηρά στα κύρια ευρωπαϊκά λιμάνια.
- Αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών και εναλλακτικών καυσίμων.

Από το 2025, τα πλοία που δραστηριοποιούνται στην Ευρωπαϊκή Ένωση ή στον Ευρωπαϊκό Οικονομικό Χώρο (EOX) πρέπει να καλύπτουν τις ενεργειακές τους ανάγκες με καύσιμα χαμηλής έντασης GHG (ABS, 2023). Το όριο έντασης GHG θα υπόκειται σε πενταετή ποσοστιαία ελάττωση σε σχέση με μια τιμή αναφοράς, η οποία θα βασίζεται στη μέση ενέργεια που χρησιμοποιήθηκε στο πλοίο το 2020, που αναφέρθηκε στο EU MRV, εκείνου του έτους. Πιο αναλυτικά, η σταδιακή μείωση θα γίνει ως εξής: 2% από την 1η Ιανουαρίου 2025, 6% από την 1η Ιανουαρίου 2030, 14,5% από την 1η Ιανουαρίου 2035, 31% από την 1η Ιανουαρίου 2040, 62% από την 1η Ιανουαρίου 2045 και 80% από την 1η Ιανουαρίου 2050 (ABS, 2023).

Επιπλέον, για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που παράγεται από τα πλοία στα λιμάνια, ο Κανονισμός «Fuel EU Maritime Regulation» έχει παρουσιάσει την κάτωθι απαίτηση (Norton Rose Fulbright, 2023). Από την 1η Ιανουαρίου του 2030, οποιοδήποτε πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και επιβατών, το οποίο είναι πάνω από 5000 GT (χωρίς να υπάγεται σε διαφορετική νομοθεσία) που έχει

ελλιμενιστεί για δύο ώρες ή περισσότερο σε κύρια λιμάνια της ΕΕ, θα πρέπει να συνδεθεί με σταθμό ηλεκτροδότησης από την ξηρά (OPS). Στην συνέχεια, από την 1η Ιανουαρίου του 2035, η παραπάνω εφαρμογή θα επεκταθεί και σε άλλα λιμάνια της ΕΕ (Norton Rose Fulbright, 2023).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω του παραπάνω κανονισμού προσπαθεί να προωθήσει την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και εναλλακτικών καυσίμων. Μάλιστα στον κανονισμό Fuel EU γίνεται αναφορά για χρήση βιοκαυσίμων και βιοαερίων που δεν παράγονται από καλλιέργειες τροφίμων ή ζωοτροφών και χρήση ανανεώσιμων καυσίμων μη βιολογικής προέλευσης (Renewable Fuels of Non-Biological Origin - RFNBO) (Lloyd's Register, 2023). Τα RFNBO είναι γνωστά και ως e-fuels, και περιλαμβάνουν τα e-diesel, e-μεθανόλη, e-LNG, e-hydrogen, e-ammonia, e-LPG και e-dimethyl ether (DME). Τα RFNBO είναι συνθετικά καύσιμα που παράγονται από ανανεώσιμες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας και άνθρακα. Τα παραπάνω καύσιμα εξετάζονται μέσω της οδηγίας RED II της ΕΕ. Εάν δεν πληρούν τις προδιαγραφές, θα θεωρηθεί ότι έχουν τους λιγότερο ισοδύναμους συντελεστές εκπομπών ορυκτών καυσίμων (Lloyd's Register, 2023).

Τέλος, από τις 31 Αυγούστου του 2024, κάθε ναυτιλιακή εταιρεία θα υποχρεούται να υποβάλει ένα σχέδιο παρακολούθησης για τα πλοία της, προσδιορίζοντας, την ποσότητα και τον τύπο της ενέργειας που χρησιμοποιείται σε κάθε πλοίο, τους συντελεστές εκπομπών για κάθε τύπο καυσίμου που χρησιμοποιείται, τη σύνδεση και τη χρήση Onshore Power Supply (OPS). Εάν το πλοίο πληροί τις ισχύουσες απαιτήσεις, θα του εκδίδεται το Έγγραφο Συμμόρφωσης FuelEU, το οποίο θα απαιτείται για την είσοδο στα λιμάνια της ΕΕ (Norton Rose Fulbright, 2023).

### 3.2.5 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ, ΑΝΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ

#### (MONITORING, REPORTING AND VERIFICATION – EU MRV)

Το σύστημα της ΕΕ για την παρακολούθηση, την αναφορά και την επαλήθευση των εκπομπών CO<sub>2</sub> από τις θαλάσσιες μεταφορές (EU MRV) ενεργοποιήθηκε το 2018. Το σύστημα αυτό απαιτεί από πλοία άνω των 5.000 GT που πλέουν σε λιμάνια του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου (ΕΟΧ) να παρακολουθούν και να αναφέρουν την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές CO<sub>2</sub> που παράγουν. Σύμφωνα με ανάλυση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η εισαγωγή του EU MRV θα μπορούσε να οδηγήσει σε ετήσια μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών CO<sub>2</sub> κατά 2% αυξάνοντας τη διαφάνεια και την ευαισθητοποίηση σχετικά με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τη ναυτιλία (EUROPAL, 2019).

Κύριες υποχρεώσεις για τις εταιρίες του ναυτιλιακού κλάδου βάσει του συστήματος του EU MRV είναι (European Commission, 2023):

**Παρακολούθηση:** οι εταιρείες υποχρεούνται σύμφωνα με τα εκάστοτε σχέδια παρακολούθησης να επιβλέπουν για κάθε πλοίο τους, τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, την κατανάλωση καυσίμου και άλλες παραμέτρους, όπως η διανυόμενη απόσταση, ο χρόνος που βρίσκονται θάλασσα, το φορτίο που μεταφέρεται ανά ταξίδι και τέλος να συγκεντρώνουν ετήσια δεδομένα εκπομπών σε μια ειδική έκθεση που θα επαληθεύεται από εγκεκριμένο ελεγκτή της ΕΕ.

**Αναφορά Εκπομπών:** Μέχρι τις 30 Απριλίου κάθε έτους, οι εταιρείες πρέπει μέσω του συστήματος THETIS, να υποβάλλουν στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή και στα κράτη όπου είναι νηολογημένα τα πλοία τους, μια κατάλληλη αναφορά εκπομπών για κάθε πλοίο που πραγματοποίησε θαλάσσιες μεταφορές εντός του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου κατά το προηγούμενο ημερολογιακό έτος.

**Έγγραφα Συμμόρφωσης:** Κάθε 30 Ιουνίου ανά έτος, οι εταιρείες επιβάλλεται να διασφαλίζουν ότι όλα τα πλοία τους που πραγματοποίησαν θαλάσσιες δραστηριότητες



την προηγούμενη περίοδο αναφοράς και εισήλθαν σε λιμένες του ΕΟΧ, να διατηρούν έγγραφο συμμόρφωσης επί τους σκάφους σε περίπτωση πραγματοποίησης ελέγχου.

### 3.3 ΜΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ

#### EU MONITORING, REPORTING AND VERIFICATION (MRV) ΚΑΙ IMO DATA COLLECTION SYSTEM (DCS)

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έσπευσε να υιοθετήσει τον κανονισμό MRV για να ωθήσει τον IMO να προχωρήσει πιο γρήγορα με το σχέδιο μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου (Zachariadis, 2016).

Παρά την εκτεταμένη πίεση από την ΕΕ, ο IMO ακολούθησε την δική του πορεία και δημιούργησε το DCS (Zachariadis, 2016). Τόσο οι απαιτήσεις MRV της ΕΕ όσο και οι απαιτήσεις DCS του IMO είναι υποχρεωτικές και σκοπεύουν να αποτελέσουν το ξεκίνημα για την καθιέρωση μιας διαδικασίας συλλογής και ανάλυσης δεδομένων εκπομπών που σχετίζονται με τον ναυτιλιακό τομέα (Dalaklis, 2018).

Η Verifavia Shipping το 2023, διεξήγαγε μια έρευνα σχετικά με τις κύριες διαφορές των δύο αυτών συστημάτων, οι οποίες είναι οι ακόλουθες (Verifavia Shipping, 2023):

- Το EU MRV ισχύει για όλα τα πλοία που εισέρχονται σε οποιοδήποτε λιμάνι της ΕΕ, ενώ το IMO DCS ισχύει για όλα τα πλοία παγκοσμίως.
- Στο EU MRV σε σχέση με το IMO DCS, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> των πλοίων στους λιμένες της ΕΕ παρακολουθούνται και αναφέρονται χωριστά, προκειμένου να προωθηθεί η χρήση των διαθέσιμων μέτρων για τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> στους λιμένες.
- Το EU MRV ισχύει για πλοία ολικής χωρητικότητας άνω των 5000 GT στην ΕΕ, ενώ το IMO DCS ισχύει για πλοία με 5000 GT και άνω σε διεθνή ταξίδια.

- Το EU MRV βασίζεται σε ένα ευδιάκριτο σχέδιο παρακολούθησης, ενώ το DCS του IMO απαιτεί η παρακολούθηση να διεξάγεται όπως του SEEMP από τις ναυτιλιακές εταιρείες.
- Το EU MRV συλλέγει δεδομένα μόνο σχετικά με το CO<sub>2</sub>, ενώ το IMO DCS συλλέγει δεδομένα που αφορούν την κατανάλωση καυσίμου των πλοίων.
- Το EU MRV απαιτεί την αναφορά με βάση το πραγματικό φορτίο που μεταφέρεται στο πλοίο, ενώ το IMO DCS απαιτεί την αναφορά με βάση του νεκρού βάρους (DWT).
- Τα δεδομένα που συλλέγονται από το EU MRV αναφέρονται μέσω του συστήματος THETIS, ενώ τα δεδομένα που συλλέγονται από το IMO DCS αναφέρονται στο αρμόδιο κράτος σημαίας.
- Η αναφορά στους αρμοδίους θα πρέπει να γίνει έως τα τέλη Ιανουαρίου κάθε έτους για το EU MRV, ενώ το DCS του IMO απαιτεί την αναφορά έως τα τέλη Μαρτίου.
- Η ΕΕ θα δημοσιοποιήσει τα δεδομένα που αναφέρθηκαν, ενώ ο IMO θα διατηρήσει εμπιστευτικά μεμονωμένα δεδομένα πλοίων.

Μερικές ακόμη διαφορές σχετικά με το σχέδιο παρακολούθησης και τις λεπτομέρειες αναφοράς αναφέρονται στο παρακάτω πίνακα (Eur-Lex, 2015 ; Verifavia Shipping ; 2023 IMO, 2023):

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ	EU - MRV	IMO - DCS
<b>Σχέδιο Παρακολούθησης</b>	<p>~Ξεχωριστό έγγραφο για την διαδικασία συλλογής και αναφοράς.</p> <p>~Υπόκειται σε επαλήθευση από ένα ανεξάρτητο, διαπιστευμένο ελεγκτή.</p>	<p>~Το SEEMP περιγράφει τη διαδικασία συλλογής δεδομένων και αναφοράς.</p> <p>~Επαλήθευση από τα κράτη σημαίας.</p>

	~Πρώτη περίοδος παρακολούθησης ξεκίνησε την 1 Ιανουάριου του 2018.	~Πρώτη περίοδος παρακολούθησης ξεκίνησε την 1 Ιανουάριου του 2019.
<b>Λεπτομέρειες Αναφοράς</b>	<p>~Ποσότητα και συντελεστής εκπομπών για κάθε τύπο καυσίμου που καταναλώνεται.</p> <p>~Συνολικό CO<sub>2</sub> που εκπέμπεται από τα ταξίδια από και προς τα λιμάνια και στα αγκυροβόλια της ΕΕ.</p> <p>~Συνολικό μεταφορικό έργο συμπεριλαμβανομένου του χρόνου στη θάλασσα και μέσα στο λιμάνι.</p> <p>~Μέση ενεργειακή απόδοση.</p>	<p>~Ποσότητα κάθε τύπου καυσίμου που καταναλώθηκε συνολικά.</p> <p>~Περίοδος ημερολογιακού έτους υποβολής των στοιχείων.</p> <p>~Ωρες πλεύσης με χρήση της πρόωσης του πλοίου.</p> <p>~Το DWT χρησιμοποιείται ως μονάδα μέτρησης φορτιού.</p> <p>~Συνολική διανυόμενη απόσταση.</p>
<b>Σημείο Αναφοράς</b>	<p>~Ευρωπαϊκή Επιτροπή</p> <p>-Συλλογή ετήσιων στοιχείων εκπομπών που θα αναφέρονται στη βάση δεδομένων THETIS.</p>	<p>~Κράτος Σημαίας</p> <p>-Ετήσια έκθεση εκπομπών που επαληθεύεται από το Κράτος Σημαίας</p> <p>-Οι αναφορές υποβάλλονται από τα Κράτη Σημαίας στην βάση δεδομένων του IMO.</p>

(Πηγή: «Eur-Lex, 2015 ; Verifavia Shipping ; 2023 IMO, 2023»)

Το IMO DCS και το EU MRV αν και παρόμοια έχουν αρκετές διαφορές. Αρχικά, το IMO DCS προσπαθεί να καλύψει όλα τα πλοία παγκοσμίως ανεξάρτητα σε ποιο σημείο βρίσκονται. Παράλληλα, προσπαθεί να καταγράψει των κατανάλωση καυσίμων των πλοίων αλλά και τις αντίστοιχες ατμοσφαιρικές εκπομπές, κάτι που μπορεί να παρέχει μια καλή οπτική ώστε να παρακολουθούνται οι ναυτιλιακές εταιρίες και τα πλοία τους. Επίσης, το IMO DCS διαθέτει και επαλήθευση των δεδομένων, αφού τα έγγραφα ελέγχονται και από το Κράτος Σημαίας του κάθε πλοίου αλλά και από τον IMO. Δυστυχώς όμως, ο IMO δημοσιεύει μεμονωμένα αρχεία των καταγραφών του. Από την άλλη πλευρά, το EU MRV επικεντρώνεται στις εκπομπές CO<sub>2</sub>, τις οποίες όμως διαχωρίζει όταν τα πλοία είναι εν πλω στον Ευρωπαϊκό Οικονομικό Χώρο αλλά και όταν ελλιμενίζονται στα διαφορά λιμάνια του. Αυτό δίνει την δυνατότητα για εύρεση λύσεων και για τις ατμοσφαιρικές εκπομπές στα λιμάνια. Παράλληλα, το EU MRV

παρέχει πλήρη διαφάνεια των αποτελεσμάτων που δημοσιεύει. Τα δυο προγράμματα θα μπορούσαν να πάρουν στοιχεία το ένα από το άλλο ώστε να γίνουν ακόμη πιο αποτελεσματικά. Το IMO DCS να πραγματοποιήσει διαχωρισμό των εκπομπών στους λιμένες ώστε να βρεθούν ακόμα περισσότερες λύσεις για αυτό το ζήτημα, ενώ θα μπορούσε να παρέχει περισσότερη πληροφόρηση σχετικά με τα δεδομένα που συλλεγεί για μεγαλύτερη διαφάνεια. Αντίστοιχα, το EU MRV θα μπορούσε να επεκτείνει την παρακολούθηση και άλλων μορφών ατμοσφαιρικών ρύπων πέρα από το CO<sub>2</sub>, ώστε να αντιμετωπιστούν και αυτοί εξίσου αποτελεσματικά.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>: ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΡΙΚΩΝ ΕΚΜΠΟΜΠΩΝ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ**

Ένα κομμάτι του μεριδίου των ατμοσφαιρικών ρύπων και ειδικά οι εκπομπές CO<sub>2</sub> προέρχεται από τον χρόνο που παραμένουν τα πλοία στα διάφορα λιμάνια (Winnes et al, 2015). Πέρα λοιπόν από τις δράσεις των διεθνών οργανισμών όπως του IMO και της ΕΕ, μπορεί να εφαρμοστούν πρακτικές ώστε να καταπολεμηθεί το πρόβλημα των ατμοσφαιρικών ρύπων στα λιμάνια. Παρακάτω παρουσιάζονται δύο κατηγορίες, τα λειτουργικά μέτρα συνεργασίας πλοίων και λιμένων, όπως η μέθοδος μείωσης ταχύτητας κατά την είσοδο στο λιμάνι (VSR) και τα προγράμματα για την μείωση των ατμοσφαιρικών εκπομπών από τα πλοία που εφαρμόζονται ατομικά από λιμένες αλλά και από εθνικές στρατηγικές, όπως ο Περιβαλλοντικός Δείκτης Πλοίων (ESI) και το πρόγραμμα Green Port της Σγκαπούρης.

### **4.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΙΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΠΛΟΙΩΝ**

Πέρα από τεχνικά μέτρα για την καταπολέμηση των ατμοσφαιρικών ρύπων από τα πλοία, μπορούν να εφαρμοστούν και λειτουργικά μέτρα συνεργασίας λιμένων και ναυτιλιακών εταιρειών, τα οποία απαιτούν κόστος και επενδύσεις με πολλά υποσχόμενες δυνατότητες καταπολέμησης των ατμοσφαιρικών ρύπων. Κάποια από τα μέτρα αυτά περιλαμβάνουν την ηλεκτροδότηση πλοίων από την ξηρά (Cold Ironing), επιβράδυνση της ταχύτητας των πλοίων όταν πλησιάζουν στα λιμάνια, υποδομές ανεφοδιασμού με εναλλακτικά καύσιμα, συστήματα διαχείρισης αφίξεων των πλοίων και μεθόδους επιτάχυνσης της διαδικασίας ελλιμενισμού.

#### 4.1.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΕΦΟΔΙΣΜΟΥ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ

Οι λιμένες έχουν ξεκινήσει τα τελευταία χρόνια να δημιουργούν υποδομές ανεφοδιασμού με εναλλακτικά καύσιμα και έτσι να δώσουν κίνητρα στους πλοιοκτήτες να εφοδιάσουν περισσότερα πλοία με αντίστοιχα χαμηλών ή μηδενικών ατμοσφαιρικών εκπομπών. Για παράδειγμα, το Πρόγραμμα «Green Port» στη Σιγκαπούρη προσφέρει 15% μείωση των λιμενικών τελών για τα πλοία που μεταβαίνουν σε εναλλακτικά καύσιμα. Παρακάτω αναφέρονται κάποια από τα εναλλακτικά καύσιμα και τις υποδομές τους, που χρησιμοποιούνται για ανεφοδιασμό των πλοίων στα λιμάνια.

**Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (LNG):** Ο τεχνικός τρόπος εφαρμογής του είναι η εγκατάσταση ενός κινητήρα αποθήκευσης διπλού καυσίμου που μπορεί να λειτουργεί είτε με LNG είτε με πετρέλαιο. Ο κινητήρας αυτός χρησιμοποιεί μικρή ποσότητα πετρελαίου για ανάφλεξη (Winnes et al, 2015). Τα σκάφη τακτικών γραμμών και τα πλοία σε περιοχές με κατάλληλη υποδομή για χρήση LNG θα υιοθετήσουν ευκολότερα το φυσικό αέριο ως καύσιμο. Το LNG επιφέρει 25% λιγότερο CO<sub>2</sub> από τα συνηθισμένα καύσιμα των πλοίων, ταυτόχρονα η πρόωση με LNG παράγει μόνο ίχνη SO<sub>x</sub> και PM, ενώ οι εκπομπές NO<sub>x</sub> μπορούν να μειωθούν κατά 91,4% (Klopott et al, 2023).

Ο ανεφοδιασμός των πλοίων με LNG στα λιμάνια μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της μεθόδου «port-to-ship», η οποία απαιτεί αποκλειστική υποδομή, όπως χώρο αποθήκευσης, σωλήνες, βραχίονες και συνδέσμους, για τη σύνδεση ενός σκάφους (Klopott et al, 2023). Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι η μεγάλη δεξαμενή αποθήκευσης που διευκολύνει τα πλοία ανεφοδιασμού, τα οποία απαιτούν σημαντική ποσότητα καυσίμου. Ο σταθερός βραχίονας φόρτωσης επιτρέπει τη χρήση μεγαλύτερου εύκαμπτου σωλήνα, επιτρέποντας έτσι υψηλότερο ρυθμό ροής και μικρότερο χρόνο ανεφοδιασμού (Πηγή: Klopott et al, 2023).

Από την άλλη πλευρά υπάρχει η μέθοδος ανεφοδιασμού «ship-to-ship» που περιλαμβάνει τη χρήση φορτηγίδας ή πλοίου ανεφοδιασμού, το οποίο είναι ένα σκάφος ειδικά σχεδιασμένο για να τροφοδοτεί άλλα πλοία με καύσιμα (Klopott et al, 2023). Οι φορτηγίδες ανεφοδιασμού δεν διαθέτουν πρόωση, απαιτούν ρυμουλκά για να φθάσουν στο σκάφος και είναι σχεδιασμένες για χρήση μόνο σε λιμενικές περιοχές (Klopott et

al, 2023). Τα πλοία ανεφοδιασμού, έχουν σύστημα πρόωσης και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε λιμενικές περιοχές και στο αγκυροβόλιο (Klorott et al, 2023). Το LNG ως καύσιμο είναι διαθέσιμο σε περίπου 141 λιμάνια παγκοσμίως, με επενδύσεις να πραγματοποιούνται ή να προγραμματίζονται σε άλλα 55 με την Ευρώπη να πρωτοστατεί στην υποδομή ανεφοδιασμού υγροποιημένου φυσικού αερίου (Klorott et al, 2023). Σημαντικά λιμάνια που παρέχουν ανεφοδιασμό LNG είναι εκείνα του Rotterdam, της Βαρκελώνης, του Jacksonville και της Σιγκαπούρης (Klorott et al, 2023).

**Μεθανόλη:** είναι ένα καύσιμο παρόμοιο με το LNG και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στους ναυτιλιακούς κινητήρες διπλού καυσίμου. Συγκεκριμένα, η μεθανόλη βρίσκεται σε πρώιμα στάδια εισαγωγής στην αγορά, με κάποιες εταιρίες να έχουν ξεκινήσει ήδη τις δοκιμές, όπως ο Σουηδός πλοιοκτήτης Sten A. Olsson που αντικατέστησε σταδιακά όλους τους συμβατικούς κινητήρες στο πλοίο RoPax Stena Germanica με κινητήρες μεθανόλης. Η μεθανόλη αποθηκεύεται και διανέμεται ευκολότερα σε σχέση με το LNG, καθώς μπορεί να παραμένει σε υγρή μορφή ακόμη και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (Winnes et al, 2015).

Για πλοία που τροφοδοτούνται με μεθανόλη, εφαρμόζεται το σύστημα «truck-to-port» για ανεφοδιασμό πλοίων εκτός από τα δεξαμενόπλοια μεθανόλης (Klorott et al, 2023). Η μεθανόλη, μεταφέρεται οδικώς με βυτιοφόρα για τον ανεφοδιασμό πλοίων και, ως εκ τούτου, πρέπει να είναι εξοπλισμένα με εύκαμπτους σωλήνες και βραχίονες (Klorott et al, 2023). Γενικά, η μέθοδος αυτή θεωρείται κατάλληλη για ανεφοδιασμό μικρότερων σκαφών, καθώς και για την παράδοση σχετικά μικρών ποσοτήτων καυσίμων, ωστόσο σήμερα, ακόμα και μεγαλύτερα πλοία ανεφοδιάζονται επί του παρόντος με αυτήν τη μέθοδο. Λιμάνια που διαθέτουν πρόγραμμα ανεφοδιασμού μεθανόλης σε ανάπτυξη είναι της Σιγκαπούρης και του Goteborg (Klorott et al, 2023).

**Υγροποιημένο Αέριο Πετρελαίων (LPG):** Το LPG αποτελείται κυρίως από ένα μείγμα προπανίου ( $C_3H_8$ ) και βουτανίου ( $C_4H_{10}$ ) και περιέχει μικρές ποσότητες προπυλενίου και βουτυλενίου (Klorott et al, 2023). Η καύση υγραερίου έχει ως αποτέλεσμα οι εκπομπές  $CO_2$  να είναι περίπου 16% χαμηλότερες από αυτές του Heavy Fuel Oil (HFO) (Klorott et al, 2023). Όσον αφορά τον πλήρη κύκλο ζωής, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής καυσίμου, η εξοικονόμηση  $CO_2$  ανέρχεται σε περίπου 17% (Klorott et al, 2023). Βασικοί κίνδυνοι στην εκμετάλλευση του LPG ως

καυσίμου είναι ο σχηματισμός εύφλεκτης ατμόσφαιρας και η πιθανή αυτοανάφλεξη (Klorott et al, 2023).

Για τον ανεφοδιασμό των πλοίων από τα λιμάνια αξιοποιούνται συνήθως, μικρά δεξαμενόπλοια LPG (Klorott et al, 2023). Παράλληλα, πραγματοποιείται και η μέθοδος ανεφοδιασμού «truck-to-ship» για τον ανεφοδιασμό μικρών σκαφών, όπως πλοία ανεφοδιασμού ανοικτής θαλάσσης. Ωστόσο, η παροχή υγραερίου με χρήση φορτηγών συνεπάγεται σε περιορισμούς της χωρητικότητας (Klorott et al, 2023). Σημαντικοί τερματικοί σταθμοί όπου μπορούν να ανεφοδιαστούν τα πλοία βρίσκονται σε μεγάλα λιμάνια, όπως στην Σιγκαπούρη, Σαγκάη, Χονγκ Κονγκ, Ρότερνταμ, Αμβέρσα, Χιούστον και Los Angeles (Klorott et al, 2023).

**Υδρογόνο:** ένα ευρέως διαδομένο χημικό προϊόν και ταυτόχρονα ενεργειακός φορέας. Το 95% του υδρογόνου δημιουργείται από ορυκτά καύσιμα και από το φυσικό αέριο. Η πιο καθαρή μορφή υδρογόνου είναι το πράσινο υδρογόνο που παράγεται με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (UGS, 2021). Η χαμηλή αναλογία αέρα/καυσίμου για το υδρογόνο ως καύσιμο επιτρέπει σταθερή καύση και χαμηλές εκπομπές NOx, αυτό όμως περιορίζει την ισχύ των κινητήρων, και για αυτό τον λόγο η ανάπτυξη προηγμένων κινητήρων υδρογόνου επικεντρώνεται εξίσου και στη βελτίωση της ισχύος πέρα από τη μείωση των εκπομπών NOx (White et al, 2006).

Η υποδομή για πλοία που κινούνται με υδρογόνο είναι επί του παρόντος λιγότερο ανεπτυγμένη. Σύμφωνα με τους Ustolin et al., υπάρχουν μόνο δύο εγκαταστάσεις στον κόσμο, στο λιμάνι του Χάστινγκς στην Αυστραλία και στο Ιαπωνικό λιμάνι του Κόμπε (Klorott et al, 2023). Το πρώτο είναι για τη φόρτωση δεξαμενόπλοιων υδρογόνου, το δεύτερο για την εκφόρτωση των ίδιων πλοίων. Και τα δύο λιμάνια είναι εξοπλισμένα με σωλήνες φόρτωσης, εκφόρτωσης και δεξαμενές αποθήκευσης (Klorott et al, 2023). Ωστόσο, αρκετά έργα υποδομών ανεφοδιασμού υδρογόνου εμφανίστηκαν πρόσφατα σε λιμάνια και είναι πιθανό να αυξηθούν σε αριθμό, συνδέονται με νεότευκτα πλοία καυσίμων υδρογόνου, όπως στην Ολλανδία, όπου η πρώτη άδεια ανεφοδιασμού υδρογόνου χορηγήθηκε στο λιμάνι του Ijmuiden το 2022 (Klorott et al, 2023).

**Αμμωνία:** είναι μια ένωση αζώτου και υδρογόνου (ABS, 2021). Εάν παράγεται με την χρήση βιομάζας, θεωρηθείτε ως καύσιμο ουδέτερο ως προς τον άνθρακα. Από την άλλη πλευρά, η υβριδική πράσινη αμμωνία παράγεται προσθέτοντας ηλεκτρόλυση σε αμμωνία (Hansson & Fridell, 2020) Η φιλική προς το περιβάλλον ή πράσινη αμμωνία



είναι μηδενικού άνθρακα και μπορεί να δημιουργηθεί με την προσθήκη ηλεκτρικής ενέργειας, νερό αλλά και αέρα. Τα πλοία που χρησιμοποιούν αμμωνία θα μπορούσαν να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά περίπου 83-92% (Klorott et al, 2023). Τα πλεονεκτήματα της αμμωνίας είναι ότι μπορεί να αποθηκεύσει περισσότερη ενέργεια ανά μονάδα όγκου (Hansson & Fridell, 2020), είναι εύκολη στον χειρισμό, εξασφαλίζει μεγάλα θαλάσσια ταξίδια χωρίς σημαντική απώλεια χώρου φορτίου (Gerlitz et al, 2022).

Η μεταφορά της αμμωνίας για σκοπούς ανεφοδιασμού είναι παρόμοια με αυτή του LNG. Επιπλέον, σύμφωνα με τους Klorott et al, η μετατροπή δεξαμενών αποθήκευσης LNG και σε πλοία αποθήκευσης αμμωνίας είναι δυνατή χωρίς εκτεταμένες ρυθμίσεις, καθώς τα υλικά που χρησιμοποιούνται για δεξαμενές LNG πλήρους περιορισμού και μονής αποθήκευσης είναι γενικά συμβατά με τις δεξαμενές ψύξης της αμμωνίας (Klorott et al, 2023). Όσον αφορά τη μέθοδο «port-to-ship», υπάρχουν μόνο δύο λιμάνια που ανεφοδιάζουν πλοία με αυτόν τον τρόπο, τα οποία βρίσκονται στη Νορβηγία. Παράλληλα, έχουν αναπτυχθεί διάφορα έργα για την κάλυψη της μελλοντικής ζήτησης για ανεφοδιασμό των πλοίων με αμμωνία (Klorott et al, 2023). Ένα παράδειγμα είναι το Green Ammonia Project της διώρυγας του Σουέζ. Ένα άλλο έργο, είναι το «Ammonia Fuel Bunkering Network» της Azane Fuel Solutions, βρίσκεται σε εξέλιξη στη Νορβηγία και αφορά τον πρώτο πλωτό τερματικό σταθμό αμμωνίας, ο οποίος πρόκειται να δρομολογηθεί το 2024 (Klorott et al, 2023).

#### *4.1.2 ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΗ ΠΛΟΙΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΞΗΡΑ (COLD IRONING - CI)*

Ο όρος Cold Ironing (CI) προέρχεται από το παρελθόν και πιο συγκεκριμένα από τότε που τα πλοία είχαν μεγάλες σιδερένιες μηχανές καύσης άνθρακα. Όταν ελλιμενίζονταν, έσβηναν τις μηχανές διότι δεν τις χρειαζόντουσαν άλλο, με αποτέλεσμα να ψύχονται ενώ το πλοίο εμένα στο λιμάνι για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Στην σημερινή εποχή το CI αποδίδεται στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στα πλοία ενώ έχουν απενεργοποιήσει τις κύριες και βοηθητικές μηχανές τους κατά τον ελλιμενισμό. Τα σκάφη απαιτούν ηλεκτρική ενέργεια για να μπορούν να λειτουργήσουν μέρη τους,

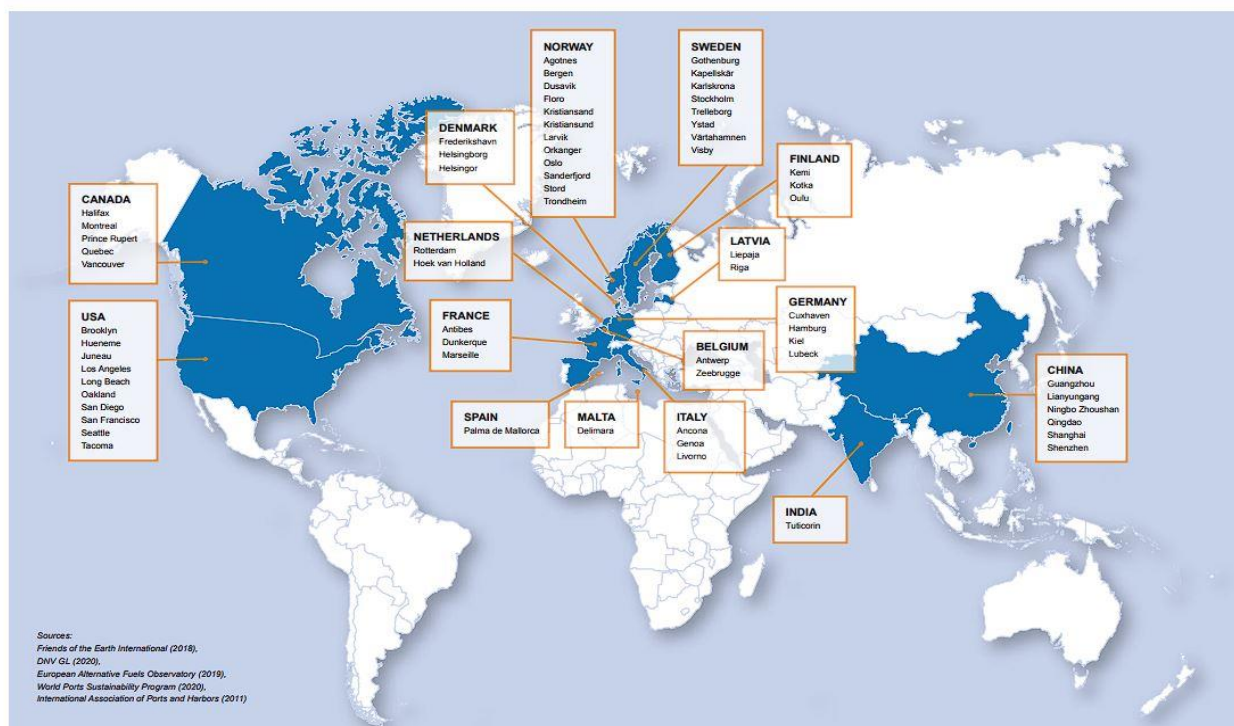
όπως είναι γερανοί φορτοεκφόρτωσης ή ψυγεία (Zis, 2019). Το CI μπορεί να χωριστεί σε τρία τμήματα δικτύου, την μονάδα παροχής ρεύματος από την ξηρά, τα σύστημα σύνδεσης, δηλαδή τα ειδικά διαμορφωμένα καλώδια και την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στο πλοίο. Πολλά λιμάνια έχουν υιοθέτηση και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την ηλεκτροδότηση των πλοίων πέρα από γεννήτριες παροχής ρεύματος, όπως η ηλιακή, αιολική, υδροηλεκτρική ακόμα και η παλιρροϊκή ενέργεια (Bakar et al, 2023). Η καθιέρωση της διαδικασίας του CI μπορεί να ωφελήσει τους πλοιοκτήτες, διότι είναι μια φθηνότερη λύση από το να χρησιμοποιούν καύσιμα με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο ειδικά σε περιοχές, όπως οι ECA που το απαιτούν (Zis, 2019). Είναι ένας σημαντικός παράγοντας μείωσης των ατμοσφαιρικών εκπομπών όπως τα NOx, SOx, CO2 και PMs, ελαττώνει τα λειτουργικά κόστη του πλοίου, αφού δεν χρησιμοποιούνται οι γεννήτριες του για παροχή ηλεκτρικής ενέργειας ενώ επιτυγχάνει και εξοικονόμηση καυσίμων, προσφέρει λιγότερη ηχορύπανση και δονήσεις επί του πλοίου και έτσι δημιουργεί ένα πιο υγιές περιβάλλον για το πλήρωμα αλλά και στην περιοχή του λιμένα (Karimpour, 2022).

Παράλληλα, σε διάφορες περιοχές του κόσμου εφαρμόζονται κανονισμοί ώστε το CI να υιοθετηθεί από όλο και πιο πολλά λιμάνια, όπως στην Καλιφόρνια που έχει εφαρμοστεί ο κανονισμός "At Berth Regulation" που επιδιώκει την μείωση των εκπομπών ρύπων από βοηθητικούς κινητήρες των πλοίων κατά τη διάρκεια της παραμονής τους στο λιμάνι. Αντίστοιχα, στην Ευρωπαϊκή Ένωση βάση της οδηγίας 2014/94, απαιτεί από του λιμένες της μέχρι το 2025, να έχουν εγκαταστάσεις παροχής ηλεκτρικής ενέργειας για τα εμπορικά σκάφη (Zis, 2019). Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί όσον αφορά το CI, οι βασικότεροι είναι το μεγάλο κόστος κατασκευής και εγκατάστασης μιας μονάδας ηλεκτροδότησης και ο περιορισμένος χώρος σε αρκετά λιμάνια (Zis, 2019).

Τα λιμάνια της Καλιφόρνια που αξιοποιούν την μέθοδο του Cold Ironing παρατήρησαν μειώσει έως και 75% των ατμοσφαιρικών ρύπων από τα πλοία από το 2005 και μετά (AMPERE, 2020). Αντίστοιχα, το λιμάνι της πόλης του Seattle παρουσίασε μείωση των ετήσιων εκπομπών CO2 το 2020 κατά 36% (AMPERE, 2020). Όσον αφορά τη Μεσόγειο, το λιμάνι της Κυλλήνης στην Ελλάδα, εγκατέστησε την πρώτη μονάδα ηλεκτρικής τροφοδοσίας από λιμάνι σε πλοίο (Ship-to-Shore - STS) στην Ανατολική Μεσόγειο (Safety4sea, 2019). Το σκάφος Ro-Pax «Fior Di Levante» ήταν το πρώτο

που συνδέθηκε στην μονάδα αυτή του λιμανιού στις 20 Δεκεμβρίου του 2018 (Safety4sea, 2019).

Map of high voltage OPS facilities



Εικόνα: Λιμάνια που αξιοποιούν την μέθοδο του Cold Ironing

(Πηγή: WPSP, 2020)

#### 4.1.3 ΜΕΙΩΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΙΔΟΣΟ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ (VESSEL SPEED REDUCTION – VSR)

Μετά από την οικονομική κρίση του 2008, εμφανίζεται σε τακτική βάση το φαινόμενο να τα πλοία ναυτιλιακών εταιριών να κινούνται με χαμηλή ταχύτητα για να εξοικονομήσουν καύσιμα (Winnes et al., 2015). Ένα μέτρο για τη μείωση των εκπομπών στις λιμενικές περιοχές είναι η ελάττωση της ταχύτητας του σκάφους όταν εισέρχεται σε κανάλια διέλευσης ή σε μια ορισμένη απόσταση από τον λιμένα (Winnes et al., 2015).

Σκάφη όπως μεταφορές εμπορευματοκιβωτίων, κρουαζιερόπλοια και πλοία RoRo, τα οποία αναπτύσσουν ταχύτητες άνω των 20 κόμβων, επιτυγχάνουν μεγαλύτερα οφέλη εξοικονόμησης καυσίμων και μετρίασης ατμοσφαιρικών εκπομπών σε σχέση με πλοία όπως bulk, γενικού φορτίου και δεξαμενόπλοια (Maritime Oslofjord, 2020 & EPA, 2021). Για παράδειγμα, ένα πλοίο μεταφορές εμπορευματοκιβωτίων με ταχύτητα 21 κόμβων εάν ελαττώσει την ταχύτητά του περίπου στο 20%, τότε μπορεί να μειώσει το έργο του κινητήρα έως και 50%, το οποίο έχει την δυνατότητα να επιφέρει αντίστοιχες μειώσεις στην κατανάλωση καυσίμου, στις εκπομπές NOx και PM. Επιπλέον, ένα δεξαμενόπλοιο που επιβραδύνει περίπου κατά 20% την ταχύτητά του δηλαδή από 15 σε 12 κόμβους μπορεί να μειώσει την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές ρύπων κατά σημαντικό βαθμό της τάξης του 20% (Maritime Oslofjord, 2020 & EPA, 2021).

Θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και κάποιοι τεχνικοί περιορισμοί από τις λιμενικές αρχές αλλά και από τις ναυτιλιακές εταιρίες. Πιο αναλυτικά, οι πολύ χαμηλές ταχύτητες μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα υψηλότερα επίπεδα ρύπων καυσαερίων και αυξημένο κόστος συντήρησης για τις μηχανές των πλοίων (Styhre & Winnes, 2019). Μια συγκεκριμένη χαμηλή ταχύτητα μειώνει μόνο την κατανάλωση των καυσίμων ανεφοδιασμού μέχρι ένα σημείο, το οποίο ονομάζεται «ενεργειακά αποδοτικότερη ταχύτητα», οπότε κάτω από αυτό το όριο, η κατανάλωση καυσίμου αυξάνεται ανά μεταφορική μονάδα (Styhre & Winnes, 2019).

Το Συμβούλιο «Air Resource Board" της Καλιφόρνια (CARB) ανέλυσε τις επιπτώσεις της μείωσης της ταχύτητας των πλοίων προς τα λιμάνια της Καλιφόρνια (OECD/ITF, 2018). Το συμβούλιο διαπίστωσε ότι όσα τα πλοία μείωσαν την ταχύτητα κατά 12 κόμβους και έπλευσαν με αυτή την ταχύτητα για 40 ναυτικά μιλιά έξω από τα λιμάνια της Καλιφόρνια, διαπιστώθηκε ότι οι εκπομπές PM, NOx, SOx και CO2 μειώθηκαν κατά 31%, 36%, 29% και 29% αντίστοιχα (OECD/ITF, 2018). Το 2008, το λιμάνι του Long Beach εκτίμησε ότι το πρόγραμμα «Vessel Speed Reduction» οδήγησε στη μείωση των ισοδύναμων εκπομπών CO2 κατά 26 000 τόνους, ενώ οι εκπομπές NOx, SOx και PM μειώθηκαν αντίστοιχα κατά 678, 453 και 60 τόνους (OECD/ITF, 2018). Παράλληλα, η μέθοδος εφαρμόστηκε στον κόλπο του Neva στην Ρωσία όπου υπολογίστηκε μείωση κατά 12% στα NOx των πλοίων που ήθελαν να εισέλθουν στο λιμάνι της Saint Petersburg (Sèbe et al, 2023).

#### 4.1.4 ΑΚΡΙΒΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΦΙΞΗΣ (JUST IN TIME)

Η διαδικασία που ακολουθεί ένα πλοίο όταν φτάνει στο λιμένα προορισμού δεν θεωρείται κάτι ούτε εύκολο, ούτε γρήγορο. Πιο συγκεκριμένα, τα πλοία σπεύδουν να εισέλθουν στο επόμενο λιμάνι, μόνο και μόνο για να διαπιστώσουν ότι η θέση ελλιμενισμού δεν είναι διαθέσιμη, όπως για παράδειγμα όταν ένα άλλο σκάφος βρίσκεται ήδη εκεί, το φορτίο δεν είναι διαθέσιμο ή δεν υπάρχει διαθέσιμος χώρος εκφόρτωσης (IMO, 2020). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα είτε τα πλοία να βρίσκονται σε αναμονή για ώρες, ημέρες ακόμα και εβδομάδες, έξω από το λιμάνι, είτε να πραγματοποιούν ελιγμούς με πολύ χαμηλές ταχύτητες στην περιοχή του λιμανιού, ενώ αναμένουν τη διαθεσιμότητα χώρου, θαλάσσιων διαδρομών και των παρεχόμενων λιμενικών υπηρεσιών. Τα παραπάνω οδηγούν σε εξάπλωση των ατμοσφαιρών εκπομπών στο λιμάνι, αφού τα πλοία αντί να εξυπηρετούνται άμεσα, καταλήγουν να περιμένουν περισσότερο χρόνο από τον προγραμματισμένο με αποτέλεσμα ο αριθμός των εκπομπών να μεγαλώνει όλο και περισσότερο (IMO, 2020).

Με βάση το παραπάνω πρόβλημα μια προτεινομένη λύση για την μείωση των εκπομπών λόγω της μεγάλης αναμονής των σκαφών στον λιμάνι, είναι η μέθοδος Just-In-Time (JIT) (IMO, 2020). Ο ορισμός του Just-In-Time προέρχεται από την βιομηχανία αυτοκινήτων και πιο συγκεκριμένα την Ιαπωνία, στην οποία κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του 1960 και 1970, όταν η Toyota δημιούργησε ένα σύστημα απογραφής που ευθυγράμμιζε τις παραγγελίες πρώτων υλών από τους προμηθευτές, ώστε να είναι ακριβείς με τα προγραμματισμένα χρονικά όρια παραγωγής (ABS, 2021). Η μέθοδος JIT ορίζεται ως η διαδικασία κατά την οποία, ένα πλοίο βελτιστοποιεί και διατηρεί μια συγκεκριμένη ταχύτητα ώστε να φθάσει σε έναν λιμένα, κατά ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα που εγγυάται διαθεσιμότητα στο θέση ελλιμενισμού, στην διέλευση ή και στην παροχή λιμενικών υπηρεσιών. Ο ορθός τρόπος εφαρμογής του JIT εξασφαλίζει βελτίωση της αποδοτικότητας της λειτουργίας του λιμένα και μειώνει τον χρόνο που ένα σκάφος παραμένει εκεί (IRENA, 2021), ενώ παράλληλα μπορεί να ελαττώσει σημαντικά τις εκπομπές των αέριων του θερμοκηπίου (ABS, 2021). Η πλήρης εφαρμογή του JIT στην ναυτιλία συνεπάγεται με την συνεργασία μεταξύ των ναυτιλιακών εταιριών και των λιμένων αλλά και των σχετικών πρακτόρων που πραγματοποιούν τις διαπραγματεύσεις. Το πλοίο είναι υποχρεωμένο να τηρεί τους

συμφωνημένους χρόνους άφιξης και αντίστοιχα το λιμάνι να διασφαλίσει ότι οι χώροι ελλιμενισμού και οι παρεχόμενες υπηρεσίες του είναι διαθέσιμες ώστε να υποδεχτούν το σκάφος (ABS, 2021).

Ωστόσο, η μέθοδος JIT έχει και αρκετά εμπόδια στην εφαρμογή της, όπως είναι η εκτίμηση των καιρικών συνθήκων που δεν επιτρέπει πάντα την ανάπτυξη κατάλληλης ταχύτητας στα πλοία, έλλειψη πληροφοριών, όπως η μη γνωστοποίηση λεπτομερών σχετικά με την κατασκευή του πλοίου ή την απόδοση του κινητήρα περιπλέκουν το έργο της παροχής ακριβούς ώρας άφιξης. Ταυτόχρονα και οι λιμένες έχουν εμπόδια να ξεπεράσουν, διότι δεν υπάρχουν αρκετά λιμάνια που να διαθέτουν επαρκή συστήματα διαχείρισης υπηρεσιών (π.χ. πιλότοι, ρυμουλκά ή πρόσδεση) που να είναι διαθέσιμοι πέρα από ένα χρονοδιάγραμμα 24 έως 48 ωρών (ABS, 2021).

Στο λιμάνι Busan Newport στην Νότια Κορέα εφαρμόστηκε το 2022 η μέθοδος του JIT και παρατηρήθηκε ότι οι εκπομπές άνθρακα των πλοίων μειώθηκαν κατά μέσο όρο κατά 45,8% και κατά μέγιστο 91% σε σύγκριση με όταν δεν είχε ακόμα εφαρμοστεί η συγκεκριμένη στρατηγική (Kim & Eom, 2023).

#### *4.1.5 ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΑΦΙΞΕΩΝ ΠΛΟΙΩΝ (VIRTUAL VESSEL ARRIVAL SYSTEMS - VVA)*

Δεν είναι λίγες οι φορές που τα πλοία καθυστερούν να εισέλθουν στα λιμάνια, με αποτέλεσμα να αυξάνονται η κατανάλωση των καυσίμων και οι εκπομπές ατμοσφαιρών ρύπων, παραμένοντας αδρανή στα αγκυροβόλια (EPA, 2023). Τα Ψηφιακά Συστήματα Προγραμματισμού Αφίξεων Πλοίων (VVA) προσφέρουν μια λύση χαμηλού κόστους στο παραπάνω πρόβλημα για τη μείωση των ατμοσφαιρών εκπομπών. Συγκεκριμένα, τα VVA λειτουργούν ως εξής, όταν οι διαχειριστές ενός λιμανιού αναμένουν ότι θα υπάρξει καθυστέρηση για ένα πλοίο που πρόκειται να φθάσει, τότε δίνετε εντολή στους χειριστές των VVA να επικοινωνήσουν με το πλοίο που είναι καθ' οδόν και να ενημερώσουν το σκάφος για το πότε θα είναι διαθέσιμο κάποιο σημείο ελλιμενισμού (EPA, 2023). Στην συνέχεια και αφού έχει πραγματοποιηθεί συμφωνία για τον τελικό χρόνο άφιξης, ο υπεύθυνος λειτουργικής διαχείρισης του σκάφους μπορεί να ρυθμίσει τη βέλτιστη ταχύτητα και διαδρομή του

πλοίου, λαμβάνοντας υπόψη τα υπάρχοντα δεδομένα των καιρικών φαινομένων και την κατάσταση των θαλάσσιων ρευμάτων, ώστε να δημιουργήσει τις κατάλληλες συνθήκες που θα επιτρέψουν στο πλοίο να φθάσει εκείνο το χρονικό διάστημα, όπου η θέση ελλιμενισμού θα είναι διαθέσιμη (EPA, 2023). Επιπλέον, πραγματοποιούνται τακτικές ενημερώσεις σχετικά με την τοποθεσία του σκάφους και υπολογισμοί για τους βέλτιστους χρόνους άφιξης, τα οποία εξασφαλίζουν ότι οι αποβάθρες και ο εξοπλισμός χειρισμού φορτίων είναι διαθέσιμα (EPA, 2023). Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των VVA είναι ότι οι χρόνοι αναμονής ελλιμενισμού μπορούν να ελαχιστοποιηθούν σημαντικά ή να εξαλειφθούν εντελώς. Επιπλέον, οι εκπομπές SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2.5</sub> και CO<sub>2</sub>, ελαχιστοποιούνται σημαντικά αφού το σκάφος εξυπηρετείται όσο πιο άμεσα γίνεται χωρίς καθυστερήσεις, το οποίο συνεπάγεται λιγότερους ρύπους για την ατμόσφαιρα του λιμένα (EPA, 2023). Παράλληλα, με τη αποτελεσματική διαχείριση των χρόνων άφιξης του σκάφους και την ενίσχυση των επικοινωνιακών μέσων της εφοδιαστικής αλυσίδας, τα VVA μπορούν να αναβαθμίσουν την αποδοτικότητα του συστήματος των λιμένων αλλά και να προσφέρουν εξοικονόμηση χρόνου και χρημάτων για τους φορείς εκμετάλλευσης πλοίων και τους ναυλωτές αυτών (EPA, 2023). Τέλος, τα VVA έχουν και αρκετά εμπόδια που τα κάνουν να είναι λιγότερα προσιτά σε αρκετά λιμάνια, όπως είναι ο ακριβής προγραμματισμός άφιξης που απαιτεί ταχύτητα και ευελιξία, επίσης τα περισσότερα λιμάνια ακολουθούν την τακτική που εξυπηρετούν το πρώτο πλοίο που θα φτάσει (First Come - First Served) και τα ναυλοσύμφωνα θα χρειαστούν πολλές τροποποιήσεις σχετικά με τις αλλαγές στην ταχύτητα και τους χρόνους άφιξης ώστε να αποφευχθούν διάφορες ποινές (EPA, 2023).

Το λιμάνι του Newcastle εφαρμόζοντας σύστημα VVA από το 2011, επέτυχε μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 18% ανά ταξίδι. Παράλληλα, το VVA εφαρμόζεται στα λιμάνια Luleå και Oxelösund στην Σουηδία από το 2021 και έχουν παρουσιαστεί σημαντικά αποτελέσματα όπου οι εκπομπές CO<sub>2</sub> μειώθηκαν κατά μέσο όρο κατά 24% (ESLShipping, 2023).

#### *4.1.6 ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΔΕΣΗΣ ΠΛΟΙΩΝ (AUTOMATED MOORING SYSTEMS - AMS)*

Η πρόσδεση είναι η τελική προσέγγιση του σκάφους για την προσκόλληση του στην προκυμαία ενός λιμένα. Η διαδικασία αυτή μπορεί εύκολα να διαρκέσει πλέον έως και 30 λεπτά ειδικά για ένα μεγάλο σκάφος μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, όπου κατά την φάση αυτή θα απαιτείται η ανάγκη πρόωσης από ρυμουλκά και το ίδιο το σκάφος για να προσδεθεί στην προκυμαία (Gibbs et al, 2014). Για την αντιμετώπιση των ατμοσφαιρικών εκπομπών από τα πλοία στα λιμάνια, δημιουργήθηκαν τα αυτοματοποιημένα συστήματα πρόσδεσης (AMS). Το AMS λειτουργεί με ένα σύστημα αντλίας που μπορεί να τραβήξει το σκάφος προς την αποβάθρα και να το κρατήσει σταθερό (Gibbs et al, 2014).

Τα αυτοματοποιημένα συστήματα πρόσδεσης μειώνουν σημαντικά τον χρόνο ελλιμενισμού οδηγώντας στο να είναι ταχύτερη, ενώ απαιτείται μόνο ένας χειριστής για το σύστημα (Gibbs et al, 2014 ; PEMA, 2021). Επίσης, οι κινητήρες του σκάφους μπορούν να σβήσουν νωρίτερα (Gibbs et al, 2014 ; PEMA, 2021). Βέβαια, ο χρόνος ποικίλλει ανάλογα με το μοντέλο AMS που χρησιμοποιείται (PEMA, 2021). Λόγου χάριν, η αξιοποίηση των AMS σε εφαρμογές χειρισμού εμπορευματοκιβωτίων επιφέρει μειώσεις στις ατμόσφαιρές εκπομπές από ρυμουλκά πάνω από το 90% των συνολικών εκπομπών σε σύγκριση με τη παραδοσιακή διαδικασία πρόσδεσης (PEMA, 2021). Επιπλέον, η βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της ακρίβειας της πρόσδεσης που προσφέρεται από τις νέες αυτοματοποιημένες τεχνολογίες μπορεί και να μειώσει την πιθανότητα τα πλοία να πρέπει να μετακινηθούν κατά μήκος της αποβάθρας μόλις ελλιμενιστούν, κάτι που οδηγεί σε ελάττωση των περαιτέρω εκπομπών, αυξάνοντας παράλληλα τη λειτουργική απόδοση (PEMA, 2021). Παράλληλα, σημαντικό θεωρείται το γεγονός ότι ο μικρότερος χρόνος περιστροφής επιτρέπει στα πλοία να εγκαταλείπουν την θέση ελλιμενισμού γρηγορότερα, μειώνοντας έτσι την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές ρύπων (PEMA, 2021). Μέχρι σήμερα, υπάρχουν διάφορα συστήματα AMS όπως αυτό της αντλίας ή των μαγνητικών πλακών για σκάφη μεταφοράς ξηρού χύδην φορτίου, χημικών, εμπορευματοκιβωτίων και για πλοία Ro-Ro (Gibbs et al, 2014; PEMA, 2021).



Λιμάνια που εγκατέστησαν τα συστήματα AMS όπως του Lavik-Orpedal στην Νορβηγία, Samsø στην Δανία, Helsinki - Tallin στην Φινλανδία και του Portsmouth-Fishbourne στο Ηνωμένο Βασίλειο για το έτος 2017. Με βάση δεδομένα των λιμανιών αυτών, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> μειώθηκαν κατά 96,67% κατά την διαδικασία πρόσδεσης των πλοίων στην προβλήτα του λιμανιού (Díaz et al, 2018).

#### *4.1.7 MID-STREAM OPERATION*

Η λειτουργία Mid-Stream είναι η πρακτική της φόρτωσης και εκφόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων μεταξύ πλοίων σε θέσεις που δεν είναι σημεία ελλιμενισμού. Το Χονγκ Κονγκ είναι ίσως το μόνο λιμάνι στον κόσμο που χρησιμοποιεί αυτή τη μέθοδο μεταφοράς φορτίου (IMO, 2015). Όσον αφορά την Mid-Stream Operation, τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων είναι αγκυροβολημένα σε καθορισμένες λιμενικές περιοχές, όπου ειδικές φορηγίδες εξοπλισμένες με γερανούς προσεγγίζουν παράλληλα τα πλοία για τη φόρτωση και εκφόρτωση εμπορευματοκιβωτίων (IMO, 2015). Ένα πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων μπορεί να εξυπηρετηθεί από έως και 6 ή 8 φορηγίδες ταυτόχρονα, καθεμία από τις οποίες μπορεί να μεταφέρει περίπου 50 εμπορευματοκιβώτια (IMO, 2015). Αυτές οι φορηγίδες, οι οποίες είναι συχνά χωρίς σύστημα πρόωσης, ρυμουλκούνται με ρυμουλκό σκάφος σε μία από τις δώδεκα χερσαίες τοποθεσίες για τη μεταφορά των εμπορευματοκιβωτίων σε φορηγά οχήματα στο λιμάνι. (IMO, 2015). Σύμφωνα με τον IMO αυτή η πρακτική αν είναι σε αρκετά πρώιμα στάδια, μπορεί να επιφέρει μια μέτρια μείωση των ατμοσφαιρικών εκπομπών από τα πλοία στα λιμάνια, μιας και τα σκάφη θα βρίσκονται σε απόσταση (IMO, 2015).

#### 4.1.8 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΠΟΒΑΘΡΑΣ (DOCKSIDE EMISSIONS TREATMENT SYSTEM)

Το σύστημα Επεξεργασίας Εκπομπών Αποβάθρας αποτελείται από ένα «καπέλο» που προσαρμόζεται πάνω στο φουγάρο των πλοίων, μέσω ενός δικτύου αγωγών, όπου οι εκπομπές που συλλαμβάνονται από το «καπέλο» και ρέουν σε μια μονάδα επεξεργασίας στην αποβάθρα του λιμένα (Chul-hwan Han, 2010). Η μονάδα επεξεργασίας περιλαμβάνει ένα σύστημα καθαρισμού εκπομπών πολλαπλών σταδίων, με scrubber και επιλεκτική καταλυτική μείωση. Το λιμάνι του Long Beach στις ΗΠΑ που είναι από τα πρώτα που το εγκαταστήσαν, αναφέρει ότι θα μειώσει τους επιβλαβείς ατμοσφαιρικούς ρύπους όπως τα PM και SO<sub>x</sub> κατά 99% και τα NO<sub>x</sub> κατά 95% (Chul-hwan Han, 2010). Σύμφωνα με τις αρχές του λιμένα είναι μια εναλλακτική λύση για όσα πλοία δεν τους είναι εφικτή η σύνδεση με σύστημα ηλεκτρικής ανατροφοδότησης από την ξηρά (Chul-hwan Han, 2010).



Εικόνα: Σύστημα επεξεργασίας εκπομπών αποβάθρας

(Πηγή: Clean Air Engineering - Maritime)

#### 4.1.9 ΦΟΡΤΗΓΙΔΕΣ ΚΑΙ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ POWERPAC POWER BARGES AND BATTERY-BASED POWERPAC

Στο λιμάνι του Αμβούργου, η AIDA Cruises και η Becker Marine Systems έχουν σχεδιάσει μια λύση για την καταπολέμηση των ατμοσφαιρικών ρύπων από τα πλοία στο λιμάνι. Πιο συγκεκριμένα, έχουν σχεδιάσει μια υβριδική φορτηγίδα που κινείται με LNG (LNG Power Barge), η οποία προμηθεύει με ηλεκτρική ενέργεια τα πλοία και είναι σχεδιασμένο ως μια ευέλικτη και φορητή λύση (Sjögren & Hüffmeier, 2020). Η φορτηγίδα παρέχει ενέργεια σε σκάφη όπως Κρουαζιερόπλοια κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου και μπορεί να λειτουργήσει ως πλωτή μονάδα ισχύος και θέρμανσης το χειμώνα (Sjögren & Hüffmeier, 2020). Η φορτηγίδα αυτή τέθηκε πρώτη φορά σε λειτουργία στο λιμάνι του Αμβούργου. Το Power Barge αναμένεται να αναπτυχθεί περαιτέρω, αξιοποιώντας και άλλες πηγές ενέργειας, όπως μπαταρίες ή κυψέλες καυσίμου (Sjögren & Hüffmeier, 2020).



Εικόνα: Υβριδική φορτηγίδα που κινείται με LNG (LNG Power Barge)

(Πηγή: Stenapowerlng)

Παράλληλα, η Becker Marine Systems έχει αναπτύξει την μπαταρία PowerPac βασίζεται σε δύο εμπορευματοκιβώτια (containers) 40 τόνων, στοιβαγμένα κατά ύψος. Ένα container περιέχει μια γεννήτρια και το άλλο μια δεξαμενή LNG, μαζί παράγουν ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να καταναλωθεί από ένα πλοίο στο λιμάνι (Sjögren & Hüffmeier, 2020). Η μπαταρία PowerPac ανυψώνεται επί του σκάφους με τον εξοπλισμό του λιμένα για τυπικό χειρισμό εμπορευματοκιβωτίων και μπορεί να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια για περίπου 30 ώρες με μέγιστη ισχύς τα 1,5 MW (Sjögren & Hüffmeier, 2020). Σύμφωνα με την Becker Marine Systems, θα μπορούσαν πολλές

μπαταρίες PowerPac να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα εάν υπάρχει διαθέσιμος χώρος επί του σκάφους (Sjögren & Hüffmeier, 2020).

Στο λιμάνι του Αμβούργου παρατηρήθηκε τα LNG Power Barges μείωσαν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 20% και NOX κατά 80%, ενώ οι εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων και θείου είναι μηδενικές (Sjögren & Hüffmeier, 2020). Επιπλέον, οι μπαταρίες PowerPac παρουσίασαν αντίστοιχα αποτελέσματα (Becker Marine Systems, 2023).



Εικόνα: Battery-Based Powerpac

(Πηγή: Becker Marine Systems)

#### *4.1.10 ΜΕΙΩΣΗ ΧΡΟΝΟΥ ΜΑΝΟΥΒΡΑΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ (TURNAROUND TIME-TAT)*

Η μείωση του χρόνου της μανούβρας των σκαφών (TAT) στα λιμάνια εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα θέσεων ελλιμενισμού και την αποτελεσματικότητα του εξοπλισμού φορτοεκφόρτωσης των πλοίων. Η μείωση του χρόνου περιστροφής των πλοίων μπορεί να επιτευχθεί με πολιτικές εναλλακτικών υπηρεσιών λιμένων. Πλέον, είναι σύνηθες τα σκάφη να ελλιμενίζονται με σειρά προτεραιότητας (First Come- First Served), το οποίο αυξάνει το συνολικό χρόνο του TAT (Alamouh et al, 2020). Ένας τρόπος για την επίτευξη του παραπάνω στόχου είναι η δημιουργία βιβλίου με κρατήσεις θέσεων ελλιμενισμού πριν από την άφιξη, το οποίο ονομάζεται «εγγυημένη θέση ελλιμενισμού κατά την άφιξη» όπου θα πραγματοποιείται μέσω ραντεβού. Επιπρόσθετα, η μείωση του TAT μπορεί να επιτευχθεί μέσω διάφορων διαδικασιών (Alamouh et al, 2020),

όπως η διπλοκυκλική μέθοδος (Double Cycling), η επίσπευση προετοιμασίας εγγράφων, η ενοικίαση επιπλέον εξοπλισμού και ο προγραμματισμός βαρδιών (Goodchild & Daganzo, 2006). Πιο αναλυτικά, οι γερανοί στην αποβάθρα του λιμένα αντί να εφαρμόζουν την μονοκυκλική μέθοδο όπου το πλοίο πρώτα εκφορτώνεται από το φορτίο του και μετά φορτώνεται το νέο φορτίο, έχουν την δυνατότητα να αξιοποιήσουν την μέθοδο Double Cycling, όπου τα εμπορευματοκιβώτια φορτώνονται και εκφορτώνονται ταυτόχρονα (Goodchild & Daganzo, 2006). Το γεγονός αυτό επιτρέπει στον γερανό να μεταφέρει εμπορευματοκιβώτια ενώ μετακινεί τα φορτία από την αποβάθρα στο πλοίο με μία κίνηση, και το αντίστροφο, διπλασιάζοντας έτσι τον αριθμό των εμπορευματοκιβωτίων που μεταφέρονται (Goodchild & Daganzo, 2006). Τα λιμάνια μπορούν να χρησιμοποιήσουν επιπλέον γερανούς με την μορφή μίσθωσης (leasing) για να αποφευχθεί η πιθανότητα έλλειψης εξοπλισμού. Από την στιγμή που ο εξοπλισμός αγοράζεται με μίσθωση δεν εμφανίζονται πολλά κόστη για το λιμάνι (Kokila & Abijath, 2017). Επίσης, πρέπει οι λιμενικές αρχές να δώσουν βάση και στην ορθή προληπτική συντήρηση σε τακτά χρονικά διαστήματα για να αποφευχθεί η οποιαδήποτε φθορά του εξοπλισμού. Επιπλέον, ο προγραμματισμός των βαρδιών των λιμενεργατών είναι εξίσου σημαντικός, οι υπεύθυνοι της διαχείρισης ανθρωπίνου δυναμικού των λιμένων θα πρέπει να διασφαλίζουν ότι πάντα υπάρχει διαθεσιμότητα εργατών και όλες οι βάρδιες να είναι έτσι προγραμματισμένες ώστε να μην υπάρχουν χρονικά κενά (Kokila & Abijath, 2017). Τέλος, η διαδικασία προετοιμασίας των εγγράφων για εξαγωγή των αγαθών πρέπει να γίνεται από το τελωνείο, το οποίο αποτελεί μια χρονοβόρα διαδικασία και δημιουργεί καθυστερήσεις στην αποχώρηση του πλοίου από το λιμάνι. Έτσι προτείνεται η εγκαθίδρυση ενός εξωτερικού τμήματος για τελωνειακή σύνδεση στο λιμάνι (Kokila & Abijath, 2017). Αυτό δίνει την δυνατότητα για πιο γρήγορη προετοιμασία εγγραφών, αφού οι υπάλληλοι θα είναι εξειδικευμένοι με τις διαδικασίες και θα μπορούν να ξεκινήσουν την εργασία, μόλις το πλοίο ελλιμενιστεί (Kokila & Abijath, 2017). Τα παραπάνω μέτρα μείωσης TAT, μπορούν να επιφέρουν σημαντικές μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub> αλλά και άλλων ατμοσφαιρών ρύπων στα λιμάνια (Alamouh et al, 2020).

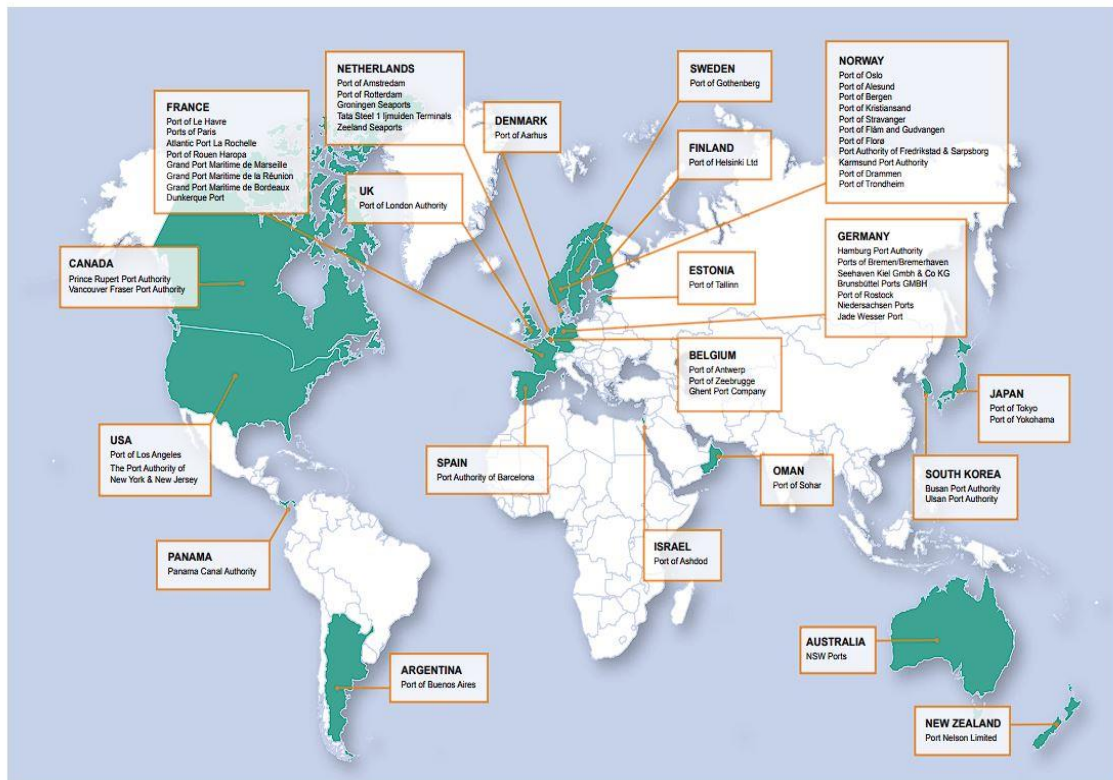
## 4.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΠΟ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΖΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΛΙΜΕΝΕΣ ΣΕ ΤΟΠΙΚΟ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί ειδικά προγράμματα από λιμένες, μέσω προνομιακών κινήτρων που βασίζονται στα λιμενικά τέλη ή σε παροχές υπηρεσιών ώστε να ενθαρρύνουν τα πλοία να πραγματοποιούν περιβαλλοντικά φιλικότερες δραστηριότητες. Αποτελούν ουσιαστικά μια θέσπιση πράσινων τελών ή «πράσινων διαβατηρίων» σε συνεργασία με τις λιμενικές αρχές, παρέχοντας δικαίωμα εισόδου, μειωμένα λιμενικά τέλη ή προνομιακές υπηρεσίες στα σκάφη που πληρούν τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις (Gibbs et al, 2014). Η χρήση πράσινων τελών για την προώθηση της πράσινης ναυτιλίας είναι ένα καλό παράδειγμα πρωτοβουλίας που ακολουθείται σύγχρονα λιμάνια, αν και η υιοθέτησή τους τα επιβαρύνει αρκετά και κάποιες φορές, απαιτείται χρόνος και παρακίνηση για συνεργαστούν οι ναυτιλιακές εταιρίες με αυτά (Gibbs et al, 2014). Μερικά από αυτά προγράμματα παρουσιάζονται παρακάτω.

### *4.2.1 Ο ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΟΙΩΝ (ENVIRONMENTAL SHIP INDEX - ESI)*

Ο ESI ξεκίνησε από την World Port Climate Initiative (WPCI) και τον Διεθνή Οργανισμό Λιμένων (IAPH). Οποιαδήποτε αρχή ενός λιμένα έχει την δυνατότητα να εγγραφεί στο πρόγραμμα ως πάροχος κινήτρων σε πλοία, τα οποία έχουν λάβει πιστοποίηση, εφόσον έχουν καταγράψει την κατανάλωση καυσίμου και τις ατμοσφαιρικές εκπομπές που έχουν παράγει (Alamoush et al, 2022). Μέσω του ESI, τα λιμάνια παροτρύνουν τα πλοία να χρησιμοποιούν κινητήρες και καύσιμα, φιλικότερα στο περιβάλλον. Συνάμα, ο ESI περιλαμβάνει τέσσερις ομάδες ατμοσφαιρικών εκπομπών, οι οποίες είναι τα NOx που εξαρτώνται κυρίως από τις απόδοση του κινητήρα του σκάφους, οι εκπομπές SOx εξαρτώνται κυρίως από την περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο, οι εκπομπές σωματιδίων (PM) που σχετίζονται με τις εκπομπές SOx και τις εκπομπές CO2 που βασίζονται κυρίως από την ποσότητα του καυσίμου που χρησιμοποιείται (Alamoush et al, 2022). Τα NOx, SOx και CO2

είναι τα βασικά συστατικά της μέθοδου υπολογισμού της βαθμολογίας ESI. Ταυτόχρονα, ο ESI προβλέπει μείωση των λιμενικών τελών για όσα πλοία συμμετέχουν σε αυτό και παράλληλα πληρούν τις προϋποθέσεις του. Η βαθμολογία του ESI κυμαίνεται από 0 για ένα πλοίο που πληροί τους κανονισμούς των περιβαλλοντικών επιδόσεων έως 100 πόντους (Becqué et al., 2018). Η βαθμολογία του ESI είναι το άθροισμα των βαθμών για κάθε μία από τις ομάδες εκπομπών NOx, SOx και CO2, ενώ τα PM περιλαμβάνεται σαν υποομάδα των SOx. Κατά τον υπολογισμό των ομάδων NOx και SOx μπορεί να επιτευχθεί το μέγιστο 100 πόντων, ανάλογα με το μέγεθος της δράσης τους για την μείωσή τους. Το ESI-CO2 συμβάλλει μεταξύ 5 και 15 πόντων στη βαθμολογία ενώ η αξιοποίηση συστημάτων ηλεκτροδότησης πλοίων κατά τον ελλιμενισμό (Cold Ironing) προσθέτει επιπλέον 10 πόντους. Για ένα σκάφος που έχει εγκαταστημένο κινητήρα ή χρησιμοποιεί καύσιμα που απλώς συμμορφώνονται με τους υποχρεωτικούς κανονισμούς του IMO, τόσο η ομάδα των NOx όσο και των SOx αποδίδουν μηδενική βαθμολογία. Από την άλλη πλευρά, όταν ένα σκάφος δεν εκπέμπει ούτε NOx ούτε SOx η βαθμολογία για το καθένα είναι η υψηλότερη (IAHP, 2017). Ως ανταμοιβή για την συμμετοχή στον ESI τα λιμάνια παρέχουν μείωση τελών με βάση τη συνολική βαθμολογία ενός σκάφους. Ωστόσο, οι λιμένες που συμμετέχουν στο ESI αποφασίζουν μεμονωμένα για τον ελάχιστο αριθμό πόντων που θα πληρούν τα κριτήρια για κάθε πλοίο, το μέγεθος της έκπτωσης των τελών, καθώς και ποια αξία αποδίδουν στα διάφορα στοιχεία ατμοσφαιρικών εκπομπών της βαθμολογίας του προγράμματος (Becqué et al., 2018). Τέλος, μερικά λιμάνια που αξιοποιούν το ESI ως βάση για παροχή κίνητρων είναι το Λιμάνι της Νέας Υόρκης, του Νιου Τζέρσι, του Λος Άντζελες, του Ρότερνταμ, της Αμβέρσας, του Αμβούργου, του Τόκιο και του Ντουμπάι (Alamouh et al, 2022).



Εικόνα: Λιμάνια που παρέχουν κίνητρα βάσει του δείκτη ESI

(Πηγή: WPSP, 2020)

#### 4.2.2 ΤΟ ΠΡΑΣΙΝΟ ΒΡΑΒΕΙΟ (GREEN AWARD - GA)

Το Πράσινο Βραβείο είναι μια πρωτοβουλία που πρωτοεμφανίστηκε στο λιμάνι του Ρότερνταμ με απώτερο σκοπό να παρέχει ειδικά κίνητρα και να δώσει έμφαση στην ασφάλεια της ναυτιλίας και στην προστασία του περιβάλλοντος στην Ολλανδία. Πιο αναλυτικά, το GA μετρά τον βαθμό απόδοσης πλοίων μεταφοράς πετρελαίου, χημικών και χύδην φορτίου (Alamouh et al, 2022). Το GA για σκάφη που εισέρχονται στους λιμένες χωρίζεται στα μέρη Α και Β (Gibson, 2020). Το Μέρος Α αξιολογεί τις μηχανές των πλοίων και το μέρος Β αξιολογεί περιβαλλοντικά κριτήρια, όπως τον τύπο καυσίμου, τις μεθόδους πρόωσης, δραστηριότητες εξοικονόμησης ενέργειας, πρόληψη της ρύπανσης και ασφάλεια στην θάλασσα (Alamouh et al, 2022). Επομένως, για να πιστοποιηθεί ένα σκάφος θα πρέπει να πληροί ορισμένα κριτήρια που σχετίζονται με τα μέρη Α και Β της (Gibson, 2020). Η πιστοποίηση απονέμεται ως χάλκινο, ασημί,



χρυσό ή πλατίνα, ανάλογα με το αποτέλεσμα της αξιολόγησης, για παράδειγμα μια πιστοποίηση με πλατινένια ετικέτα απονέμεται για τις δραστηριότητες ενός πλοίου που παράγει μηδενικές ατμόσφαιρες εκπομπές (Gibson, 2020). Παράλληλα, όσον αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση, οι ναυτιλιακές εταιρίες επιβάλλεται να καταγράφουν το τρέχον επίπεδο εκπομπών των σκαφών τους και στη συνέχεια να αποδείξουν ότι έχουν εφαρμόσει σχέδια καταπολέμησής τους (Alamoush et al, 2022). Τα οφέλη του GA περιλαμβάνουν βελτίωση της εικόνας των ναυτιλιακών επιχειρήσεων, προτίμησή τους από την πλευρά των ναυλωτών, μείωση λιμενικών τελών, εκπτώσεις σε υπηρεσίες πλοήγησης (pilotage) και παροχή εκπαίδευσεων (GA, 2023). Ωστόσο, λίγα είναι τα διεθνή λιμάνια που αξιοποιούν το GA όπως είναι τα Λιμάνια του Ρότερνταμ, του Αμβούργο, της Γιοκοχάμα, του Βανκούβερ και του Σοχάρ στο Ομάν (Alamoush et al, 2022).

#### *4.2.3 Ο ΔΕΙΚΤΗΣ ΤΗΣ ΚΑΘΑΡΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ (CLEAN SHIPPING INDEX - CSI)*

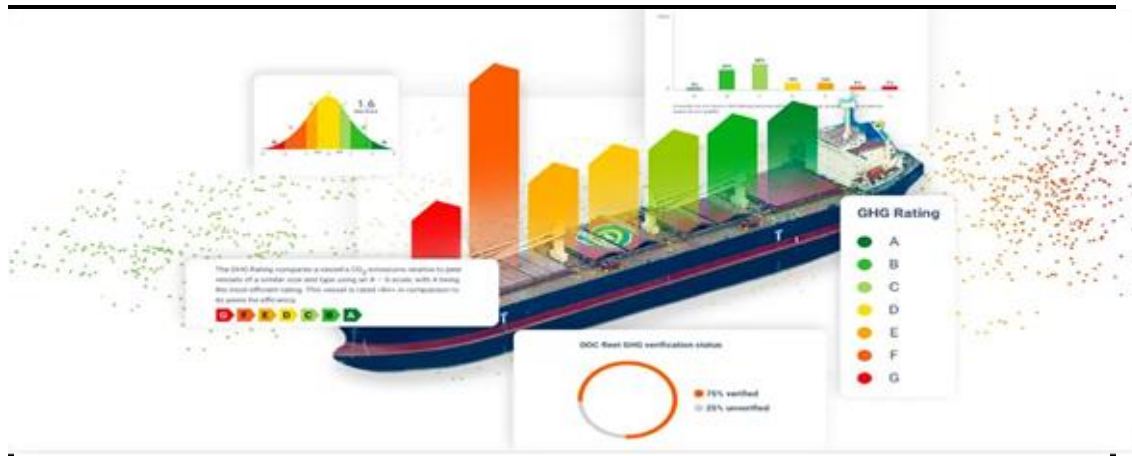
Ο Δείκτης της Καθαρής Ναυτιλίας (CSI) ιδρύθηκε από έναν αριθμό μη κερδοσκοπικών οργανισμών του ναυτιλιακού τομέα στην Σουηδία (Alamoush et al, 2022). Ο CSI αξιοποιείται κυρίως από ναυλωτές, οι οποίοι έχουν την δυνατότητα να συγκρίνουν πόσο αποδοτικά είναι τα καύσιμα των πλοίων που εκμεταλλεύονται. Ο στόχος του CSI είναι να μειώσει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα στις εφοδιαστικές αλυσίδες των εισαγωγέων και των εξαγωγέων (Alamoush et al, 2022). Αν και σε μικρό βαθμό ο CSI χρησιμοποιείται από τα λιμάνια, ο τρόπος εφαρμογής του γίνεται μέσω ενός ανοιχτού διαδικτυακού εργαλείου που βαθμολογεί τα πλοία και τις ναυτιλιακές εταιρείες μέσω μιας κλίμακας από 1 έως 5 αστερών, με βάση τον αριθμό των πόντων που επιτεύχθηκαν (Alamoush et al, 2022). Πιο αναλυτικά, μπορούν να επιτευχθούν 150 πόντοι δηλαδή 30 πόντοι σε 5 διαφορετικές κατηγορίες επιδόσεων που αφορούν τα NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> μαζί με PM, CO<sub>2</sub>, χημικές ουσίες και απόβλητα (Becqué et al., 2018), Οι βαθμολογίες για SO<sub>x</sub>, PM και NO<sub>x</sub> μπορούν να ληφθούν μόνο για μέτρα που υπερβαίνουν τους υπάρχοντες κανονισμούς του IMO (Alamoush et al, 2022), Για τις εκπομπές CO<sub>2</sub>, οι πόντοι υπολογίζονται από το ποσό αποδοτικό είναι ένα πλοίο σε σύγκριση με ένα σκάφος αναφοράς (Becqué et al., 2018). Για την μείωση των εκπομπών NO<sub>x</sub> μπορεί να δοθούν

πόντοι εάν το σκάφος συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις της Βαθμίδας III των NOx για τους κινητήρες των πλοίων (Becqué et al., 2018; Stuer-Lauridsen et al, 2014). Αντίστοιχα, για την μείωση των εκπομπών SOx αποδίδει πόντους μόνο εάν η ποιότητα του καυσίμου είναι κάτω από 0,1% σε περιεκτικότητα σε θείο για τους κύριους και βοηθητικούς κινητήρες κατά τη διάρκεια ενός έτους λειτουργίας (Becqué et al., 2018; Stuer-Lauridsen et al, 2014). Επιπλέον, η εκμετάλλευση LNG, βιοαερίου ή υγροποιημένου αερίου πετρελαίου (LPG) μπορεί να επιφέρει μηδενικές εκπομπές, και επομένως υψηλότερη βαθμολογία. Επίσης, η αντικατάσταση από ντίζελ ή βαρέως μαζούτ σε LPG, LNG ή βιοαέριο θα μειώσει αποτελεσματικά το σχηματισμό PM, το οποίο αποδίδει εξίσου πόντους (Stuer-Lauridsen et al, 2014). Ο CSI ανταμείβει τους εμπλεκόμενους με οικονομικά πλεονεκτήματα όπως μείωσης λιμενικών τελών. Τα πιο γνωστά λιμάνια που εφαρμόζουν τον CSI είναι αυτά του Βανκούβερ, του Prince Rupert στον Καναδά αλλά και του Γκέτεμποργκ και της Στοκχόλμη στην Σουηδία (Alamoush et al, 2022).

#### *4.2.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΤΗΣ RIGHTSHIP (GHG RATING – GHG R)*

Η Αξιολόγηση Εκπομπών των Αερίων του Θερμοκηπίου (GHG R) είναι μια πρωτοβουλία του οργανισμού Carbon War Room, ενός μη κερδοσκοπικού οργανισμού των ΗΠΑ, σε συνεργασία με την RightShip (Alamoush et al, 2022). Η RightShip είναι μια ανεξάρτητη εταιρεία ελέγχου που παρέχει πληροφορίες σχετικά με το σχεδιασμό και την ενεργειακή αποδοτικότητα των εμπορικών σκαφών, ενώ ταυτόχρονα τα ταξινομεί με βάση μια βαθμολογία παραγωγής εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Becqué et al., 2018).

Σύμφωνα με την επίσημη ιστοσελίδα της RightShip, η GHG R προσφέρει στα λιμάνια τη δυνατότητα να αξιολογούν το προφίλ εκπομπών οποιουδήποτε σκάφους που εισέρχεται σε αυτά. Είναι ένα εργαλείο ώστε να αναπτύξουν οι λιμένες αποτελεσματικές στρατηγικές απαλλαγής από τις ατμοσφαιρικές εκπομπές από τις δραστηριότητες των πλοίων (RightShip, 2023).



Εικόνα: Η Αξιολόγηση Εκπομπών των Αέριων του Θερμοκηπίου (GHG R)

(Πηγή: RightShip.com)

Η GHG R βαθμολογεί τα πλοία χρησιμοποιώντας μια κλίμακα από το Α έως το Ε για να συγκρίνει την ενεργειακή απόδοση σχεδιασμού ενός συγκεκριμένου σκάφους με αντίστοιχα πλοία σε μέγεθος και κατηγορία. Η κλίμακα Α αντιπροσωπεύει την πιο αποτελεσματική και η Ε τη λιγότερο αποδοτική (Alamouh et al, 2022). Περίπου 76.000 πλοία έχουν καταγραφεί από την RightShip χρησιμοποιώντας δεδομένα από το μεγαλύτερο νηολόγιο πλοίων στον κόσμο, το IHS Fairplay. Τα πλοία που καταγράφονται και αξιολογούνται είναι δεξαμενόπλοια, φορτηγά πλοία, πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και κρουαζιερόπλοια (Becqué et al., 2018). Τα σκάφη ταξινομούνται με βάση τον δείκτη σχεδίασης σκαφών Existing Vessel Design Index (EVDI) που είναι παρόμοιος με τον EEDI. Ωστόσο, η GHG R δεν περιμένει τους διαχειριστές των πλοίων να αναφέρουν στο σύστημα, αντιθέτως, τα σκάφη βαθμολογούνται αυτόματα εάν τα στοιχεία τους είναι καταχωρημένα στο μητρώο πλοίων της IHS Fairplay (Becqué et al., 2018). Δύο μεγάλα λιμάνια του Καναδά έχουν υιοθετήσει την αξιολόγηση αυτή, του Βανκούβερ και του Prince Rupert (Becqué et al., 2018).

#### *4.2.5 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΠΡΑΣΙΝΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ» (GREEN MARINE - GM)*

Το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα Πράσινη Ναυτιλία (GM) είναι ένα σύστημα περιβαλλοντικής πιστοποίησης που αφορά τον ναυτιλιακό κλάδο των ΗΠΑ και του Καναδά. Αυτό το πρόγραμμα οικολογικού χαρακτήρα πιστοποιεί πλοία, λιμάνια, τερματικούς σταθμούς και ναυπηγεία που επιδιώκουν όλο και καλύτερες περιβαλλοντικές επιδόσεις ανά τα χρόνια, όσον αφορά την ελάττωση των ατμοσφαιρικών εκπομπών και άλλων ρύπων όπως η ηχορύπανση (GM, 2021; Sköld, 2019). Οι μειώσεις των αερίων του θερμοκηπίου στη ναυτιλία αξιολογούνται με βάση 5 Επίπεδα. Πιο αναλυτικά, το Επίπεδο 1 αφορά την κατανόηση και εφαρμογή των διεθνών κανονισμών της ναυτιλίας για το περιβάλλον, το Επίπεδο 2 αναφέρεται στην δημιουργία βέλτιστων πρακτικών, το Επίπεδο 3 είναι για την ενσωμάτωση των βέλτιστων πρακτικών και κατανόησης των επιπτώσεων που θα επιφέρουν στο περιβάλλον, το Επίπεδο 4 σχετίζεται με την εισαγωγή νέων τεχνολογιών και τέλος το Επίπεδο 5 που αφορά την αριστεία και την ηγεσία (Walker, 2016). Το κριτήριο πέντε που είναι και το υψηλότερο, επιτυγχάνεται όταν η ετήσια μέση μείωση της έντασης των αερίων του θερμοκηπίου των σκαφών, αγγίζει το 2% σε ελάττωση με βάση το έτος 2008. Το πρόγραμμα GM είναι πλέον διαθέσιμο και στην Ευρώπη μετά από συνεργασία με το Surfrider Foundation Europe (Alamouh et al, 2022). Τα λιμάνια του Βανκούβερ και του Prince Rupert στον Καναδά δίνουν εξατομικευμένα κίνητρα σε πλοία που είναι πιστοποιημένα από το GM (Alamouh et al, 2022).

#### *4.2.6 ΕΘΕΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΘΑΡΟ ΑΕΡΑ ΤΟΥ SAN PEDRO BAY (CLEAN AIR ACTION PLAN - CAAP)*

Το Σχέδιο Δράσης για Καθαρό Αέρα (CAAP) είναι ένα πρόγραμμα των λιμενικών αρχών στο San Pedro Bay των ΗΠΑ που συμπεριλαμβάνει πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων που μειώνουν εθελοντικά την ταχύτητά τους κατά 18 με 25 κόμβους, με μέσο όρο τους 12 κόμβους εντός 20 ναυτικών μιλίων από το Σημείο

Fermin που αφορά τα λιμάνια του Los Angeles και του Long Beach (Gibbs et al, 2014). Το CAAP κατά συνέπεια επιφέρει μειώσεις εκπομπών CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> και PM. Παράλληλα, σχεδόν το 90% των πλοίων που συμμετείχαν στο πρόγραμμα, μείωσαν εθελοντικά την ταχύτητα το έτος του 2009, καταπολεμώντας την ατμοσφαιρική ρύπανση με αντάλλαγμα μειωμένα λιμενικά τέλη της τάξης του 15% (Gibbs et al, 2014). Η τελευταία αναβάθμιση του του CAAP δίνει περισσότερα κίνητρα για μείωση της ταχύτητας των σκαφών. Οι διαχειριστές των πλοίων που συμμετέχουν κερδίζουν επιπλέον μειώσεις λιμενικών τελών με βάση το ποσοστό της ταχύτητας που επιθυμούν να θυσιάσουν. Συγκεκριμένα, γίνεται έκπτωση λιμενικών τελών έως και 25% εάν επιβραδύνουν τα πλοία την ταχύτητά τους στους 12 κόμβους από τα 40 ναυτικά μίλια προς το λιμάνι και αντίστοιχα μείωση 15% των τελών εάν επιβραδύνουν σε απόσταση 20 ναυτικών μιλίων. Τα στοιχεία από το λιμάνι του Long Beach αναφέρουν περίπου το 90% των σκαφών συμμορφώνονται με την υιοθέτηση της εθελοντικής ελάττωσης ταχύτητας των 20 ναυτικών μιλίων και το 10% αυτών με το όριο των 40 ναυτικών μιλίων (Gibbs et al, 2014). Το λιμάνι του Long Beach είχε προβλέψει την ανταμοιβή των ναυτιλιακών εταιριών που συμμετέχουν στο πρόγραμμα στα 4 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ σε εξοικονόμηση τελών το 2011 και το 40% αυτών δηλώνει ότι το οφείλει στο πρόγραμμα CAAP (Gibbs et al, 2014).

#### *4.2.7 ΠΡΟΝΟΜΙΑΚΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ (ENVIRONMENTAL PREMIUM RANKING - EPR)*

Οι αρχές της Διώρυγας του Παναμά δημιούργησαν και εφάρμοσαν το 2017 την Προνομιακή Περιβαλλοντική Κατάταξη (EPR), μια πρωτοβουλία που έχει ως σκοπό να ανταμείψει πλοία ναυτιλιακών εταιριών που επιδεικνύουν υψηλή περιβαλλοντική διαχείριση και ενθαρρύνει άλλους να εφαρμόσουν τεχνολογίες και πρότυπα για τη μείωση των ατμοσφαιρών εκπομπών στην διώρυγα του Παναμά. Η EPR θα απονέμει στους πελάτες ποσοστιαίους πόντους με βάση τέσσερεις προδιάγραφες κατά τον υπολογισμό της κατάταξης των πλοίων στο πρόγραμμα (Pancanal, 2017). Πιο αναλυτικά, τα κριτήρια χωρίζονται όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Pancanal, 2017):

	Δείκτες	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2
1	Δείκτης Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI)	Τουλάχιστον 20% κάτω από το όριο αναφοράς.	Τουλάχιστον 30% κάτω από το όριο αναφοράς.
2	Περιβαλλοντικός Δείκτης Πλοίων (ESI)	Τουλάχιστον 35 πόντους.	Τουλάχιστον 80 πόντους.
3	Κανονισμός 13 για NOx του IMO	Τουλάχιστον 10% κάτω από το όριο της Βαθμίδας II.	Τουλάχιστον 20% κάτω από το όριο της Βαθμίδας II.
4	Χρήση Κινητήρων με LNG	-	Κινητήρας με χρήση LNG ως καύσιμο.

(Πηγή: Pancanal, 2017)

Τα πλοία που πληρούν τις προϋποθέσεις του Επίπεδου 1 θα διεκδικήσουν επιπλέον 10 ποσοστιαίες μονάδες για κάθε διέλευση μέσω της Διώρυγας για την συνολική τους κατάταξη στο EPR, ενώ τα πλοία που πληρούν τις προϋποθέσεις του Επίπεδου 2 θα λαμβάνουν επιπλέον 20 ποσοστιαίες μονάδες ανά διέλευση για τη βελτίωση της κατάταξής τους (Pancanal, 2017). Όσο περισσότερες ποσοστιαίες μονάδες διαθέτει ένα πλοίο τόσο υψηλότερα θα είναι κατάταξη και αφετέρου θα έχει προτεραιότητα στο σύστημα κρατήσεων για διαθεσιμότητα σημείων ελλιμενισμού στο κανάλι χωρίς περαιτέρω καθυστέρηση (Pancanal, 2017).

#### 4.2.8 ΕΘΝΙΚΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΛΟΙΑ

**Κίνα:** Η Κίνα από την 1η Ιουλίου 2019 έχει επισημάνει όσα πλοία πλέουν στα χωρικά της ύδατα έχουν τη δυνατότητα να λάβουν εγκαταστάσεις ηλεκτρικής τροφοδοσίας από τα λιμάνια εάν ελλιμενιστούν για περισσότερες από 3 ώρες (NEPIA, 2020). Από την 1η Ιανουαρίου 2021, τα κρουαζιερόπλοια θα πρέπει να χρησιμοποιούν παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από την ξηρά όταν ελλιμενίζονται για περισσότερες από 3 ώρες (NEPIA, 2020).

Η χώρα ήδη από το 2015 έχει δημοσιεύσει τρεις περιφερειακές περιοχές ελέγχου εκπομπών (DECAs) για τον έλεγχο των εκπομπών οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) και οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) από τα πλοία (ICCT, 2020). Οι τρεις περιφερειακές DECA που διαμορφώνουν το εθνικό DECA που έχει έκταση περίπου 12 ναυτικά μίλια από τις ακτές. Το εθνικό DECA περιλαμβάνει επίσης τους ποταμούς Yangtze και Pearl. Η Κίνα μέσω των DECA εφαρμόζει ανώτατο όριο θείου 0,5% που εισάχθηκε το 2020 (ICCT, 2020). Επιπλέον έχει εφαρμόσει από το 2019 για όλα τα πλοία που πλέουν στους ποταμούς Yangtze και Pearl και στα 12 ναυτικά μίλια γύρω από την νήσο Hainan, ανώτατο όριο θείου 0,1% (ICCT, 2020).

**Πολιτεία της Καλιφόρνια των ΗΠΑ:** Ο κανονισμός «At-Berth» της Πολιτείας της Καλιφόρνια, απαιτεί από τα πλοία να συνδέονται σε συστήματα ηλεκτρικής τροφοδοσίας της ξηράς (IMO, 2015). Ο σκοπός αυτού του κανονισμού είναι να μειώσει τις εκπομπές από βοηθητικούς κινητήρες ντίζελ σε πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και επιβατηγά πλοία ενώ ελλιμενίζονται σε έξι λιμάνια της Καλιφόρνια: του Λος Άντζελες, Λονγκ Μπιτς, Όκλαντ, Σαν Ντιέγκο, Σαν Φρανσίσκο και Χουενέμ (IMO, 2015).

Ο κανονισμός αυτός παρέχει στους φορείς εκμετάλλευσης των πλοίων που επισκέπτονται αυτά τα λιμάνια δύο επιλογές για τη μείωση των εκπομπών από βοηθητικούς κινητήρες κατά την ελλιμενισμό: α) να απενεργοποιήσουν τα σκάφη τους βοηθητικούς κινητήρες τους και να συνδέονται με κάποια άλλη πηγή ενέργειας, όπως σύστημα ηλεκτρικής τροφοδοσίας από το δίκτυο του λιμένα (IMO, 2015). β) Εναλλακτικά, δινόταν η επιλογή να χρησιμοποιούνται εναλλακτικές τεχνικές ελέγχου που επιτυγχάνουν ισοδύναμες μειώσεις εκπομπών όπως τα Scrubbers. Όμως από το 2020 και μετά οι η Πολιτεία απέρριψε την δεύτερη εναλλακτική και ειδικά τα scrubbers λόγω των επιπτώσεων που έχουν στα θαλάσσια οικοσυστήματα (Hassellön, 2022 ; Miranda & López Sagástegui, 2022). Από την 1η Ιανουαρίου 2014, τουλάχιστον το 50% των επισκέψεων των πλοίων σε ένα λιμάνι της Πολιτείας πρέπει να συνδεθεί σε σύστημα τροφοδοσία από την ξηρά και η συνολική παραγωγή ισχύος βοηθητικού κινητήρα επί του σκάφους πρέπει να μειωθεί τουλάχιστον κατά 50%. Η απαίτηση αυξήθηκε σε 70% το 2018 και σε 80% το 2020 (IMO, 2015).

Η Πολιτεία υιοθέτησε τον κανονισμό «Low-Sulphur Fuel Requirements» που απαιτεί τη χρήση καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο σε κύριους, βοηθητικούς κινητήρες και σε λέβητες σε πλοία που λειτουργούν εντός 24 ναυτικών μιλίων από τα λιμάνια και γενικότερα από την ακτογραμμή της Καλιφόρνια και τα νησιά Leeward (IMO, 2015). Ο κανονισμός εφαρμόζεται σε δύο φάσεις: η πρώτη φάση απαιτούσε τη χρήση ναυτιλιακών καυσίμων (MGO) με περιεκτικότητα σε θείο μικρότερη από 1,5% ή καυσίμων ντίζελ (MDO) με περιεκτικότητα σε θείο ίση ή μικρότερη από 0,5%. Η δεύτερη φάση, που τέθηκε σε εφαρμογή από τον Ιανουάριο του 2014, απαιτεί τη χρήση MGO ή MDO με περιεκτικότητα σε θείο ίση ή μικρότερη από 0,1% (IMO, 2015).

**Σιγκαπούρη:** Το 2011 η Σιγκαπούρη αποφάσισε στο πλαίσιο του προγράμματος «Πρωτοβουλία για Πράσινη Ναυτιλία στην Σιγκαπούρη» (MSGI) να δώσει κίνητρα στα διάφορα πλοία που επισκέπτονται το λιμάνι της χώρας, με σκοπό την μείωση των ατμοσφαιρικών εκπομπών από την ναυτιλία. Με γνώμονα τα παραπάνω δημιούργησε το πρόγραμμα «Πράσινο Λιμάνι» (GPP), το οποίο δίνει την ευκαιρία στις ναυτιλιακές εταιρίες να έχουν μείωση λιμενικών τελών για τα πλοία τους (Maritime and Port Authority of Singapore, 2016 & 2022). Πιο συγκεκριμένα, η μείωση των λιμενικών τελών κατά 25% θα ισχύει για ποντοπόρα πλοία που θα αξιοποιούν ως καύσιμο το LNG ή καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο μικρότερη ή ίση με 0,50% ή εγκεκριμένη τεχνολογία από την οποία παράγονται ισοδύναμα επίπεδα οξειδίου του θείου (Maritime and Port Authority of Singapore, 2016 & 2022). Στην συνέχεια, οι αρχές του λιμανιού της Σιγκαπούρης αποφάσισαν να κάνουν εντονότερη την μείωση τελών κατά 30% για όσα πλοία έχουν πέτυχει μείωση του Δείκτη Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI) που υπερβαίνει την απαίτηση της Φάσης 3 (30% αποτελεσματικότερη έως το 2025) κατά 10% ή περισσότερο και καταναλώνουν καύσιμα χαμηλών ή μηδενικών εκπομπών άνθρακα. Τέλος, κάθε πλοίο θα πρέπει να δηλώνετε στο πρόγραμμα μέσω της ηλεκτρονικής πλατφόρμας «PAN» πριν την άφιξη του στο λιμάνι και κατά την είσοδο να επιδεικνύεται το κατάλληλο έγγραφο με την συμμόρφωση στους κανόνες του λιμανιού, ώστε να παραχωρείτε η έκπτωση των λιμενικών τελών με επιτυχία (Maritime and Port Authority of Singapore, 2016 & 2022).



**Νότια Κορέα:** Η Νότια Κορέα σκοπεύει μέσω του «Εθνικού Σχέδιου Ανάπτυξης Λιμένα» να κατασκευάσει λιμένες με εγκαταστάσεις για υποδοχή καύσιμων επόμενης γενιάς, όπως η μεθανόλη, το LNG, η αμμωνία και το υδρογόνο (MOFK, 2023). Παράλληλα, η χώρα έχει υιοθετήσει το πρόγραμμα «Vessel Speed Reduction» (VSR). Το πρόγραμμα έχει οριστεί για τα πέντε μεγάλα λιμάνια της Νότιας Κορέας - το λιμάνι του Busan, το λιμάνι του Ulsan, το λιμάνι του Yeosu-Gwangyang και το λιμάνι του Incheon, τα οποία διακινούν τα υψηλότερα νούμερα εισερχόμενων και εξερχόμενων σκαφών (MOFK, 2023). Το πρόγραμμα VSR το οποίο παρέχει κίνητρα με τη μορφή μειωμένων τελών λιμενικής εγκατάστασης όταν τα σκάφη διατηρούν ταχύτητες κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο (MOFK, 2023). Σύμφωνα με το Υπουργείο Ναυτιλίας της Κορέας τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, τα οποία συνήθως προσεγγίζουν λιμάνια με υψηλότερες ταχύτητες και επομένως επιφέρουν σημαντικά επίπεδα εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων, μπορούν να επωφεληθούν από μειώσεις έως και 40% (MOFK, 2023).

Επίσης, η Νότια Κορέα έχει θεσπίσει δικές της ECA που καλύπτουν τις πέντε μεγάλες λιμενικές περιοχές της χώρας, της Incheon, Pyeongtaek-Dangjin, Yeosu-Gwangyang, Busan και Ulsan (Omholt-Jensen, 2021). Από την 1η Σεπτεμβρίου 2020 έχει καθιερώσει για όλα τα πλοία που ελλιμενίζονται ή αγκυροβολούν στις ECA της χώρας, να αξιοποιούν καύσιμα με μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο της τάξης του 0,10% (Omholt-Jensen, 2021). Τέλος, η Νότια Κορέα στοχεύει στην αντικατάσταση όλων της των παλαιών της πλοίων με φιλικότερα στο περιβάλλον έως το 2050. Όσον αφορά την ναυπήγηση νέων πλοίων, μιας και η Κορέα έχει μεγάλο αριθμό ναυπηγείων θα γίνει προσπάθεια μέχρι το 2030 για μετατροπή των νεότευκτων πλοίων ώστε να είναι διπλού καυσίμου για να μπορούν να χρησιμοποιούν καύσιμα φιλικότερα στο περιβάλλον, όπως η μεθανόλη και το LNG (MOFK, 2023).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα τελευταία χρόνια η κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις της γίνονται όλο και περισσότερο έντονες για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Σύμφωνα με την Έκτη Έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) που πραγματοποιήθηκε το 2023, ο πλανήτης θα οδηγηθεί προς την υπερθέρμανσή του κατά 3,2°C έως το 2100, με βάση τις τωρινές δράσεις της διεθνούς κοινότητας, όπου ακόμα και να εφαρμοστούν πλήρως οι εθνικές συνεισφορές είναι ακόμη πιθανό να υπάρξει αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από το όριο των 1,5°C μέχρι και πάνω από τους 2°C. Αυτή η ανοδική πορεία έχει αυξήσει την ετήσια θερμοκρασία με αποτέλεσμα να εμφανίζονται καύσωνες, πυρκαγιές, έντονες βροχοπτώσεις που επιφέρουν καταστροφικές συνέπειες στον άνθρωπο και στο φυσικό περιβάλλον.

Κομμάτι του παραπάνω προβλήματος αποτελεί και η ναυτιλία και πιο συγκεκριμένα τα πλοία του κλάδου που εισέρχονται στα διάφορα λιμάνια ανά τον κόσμο. Φάνηκε από έρευνες ότι οι μηχανές των πλοίων παράγουν ρύπους όπως τα NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, και PMs όταν βρίσκονται εντός της περιοχής του λιμένα, με τα πλοία μεταφοράς container και τα πλοία γενικού φορτίου να εκπέμπουν σημαντικές ποσότητες ατμοσφαιρικών ρύπων σε σχέση με σκάφη άλλων κατηγοριών. Συνάμα, οι ατμοσφαιρικές εκπομπές από τα πλοία στους λιμένες όχι μόνο ενισχύουν την κλιματική αλλαγή αλλά και προκαλούν σοβαρά προβλήματα στην υγεία όσων ανθρώπων βρίσκονται κοντά στην περιοχή με τα PMs να είναι υπεύθυνα για περίπου 60.000 θανάτους από τις ναυτιλιακές δραστηριότητες στα λιμάνια.

Στην εργασία αυτή διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν σημαντικά θεσμικά μέτρα αντιμετώπισης των ατμοσφαιρικών ρύπων. Πιο αναλυτικά, ο IMO με την εισαγωγή του Παραρτήματος IV της MARPOL που καταπολεμά τα NO<sub>x</sub> και SO<sub>x</sub> από τα πλοία, μέσω των Περιοχών Ελέγχου Εκπομπών (ECAs), οι οποίες θα μπορούσαν να επεκταθούν ή να υιοθετηθούν και από άλλες χώρες, όπως έκανε η Κίνα με την καθιέρωση των DECAs και η ΕΕ με την ανακοίνωση νέας ECA στην Μεσόγειο το 2025. Αντίστοιχα και η ΕΕ έχει καθιερώσει το EU Fuel Sulphur Directive για την περιεκτικότητα του θείου στα καύσιμα των πλοίων όταν βρίσκονται στα λιμάνια της.

Επιπλέον, μια μέθοδος αντιμετώπισης των ατμοσφαιρών εκπομπών είναι τα συστήματα παρακολούθησης, αναφοράς και επαλήθευσης όπως το EU MRV που αποτελούν ένα πρώτο βήμα για την επίτευξη συνέπειας από τις ναυτιλιακές εταιρίες ως προς τα μέτρα που λαμβάνουν για την ελάττωση των ατμοσφαιρικών ρύπων στους λιμένες από τα πλοία τους, παρέχοντας αποτελέσματα αλλά και διαφάνεια ώστε να αντιμετωπίζονται γρηγορότερα τυχόν παραβιάσεις. Αυτός ο τρόπος εποπτείας θα μπορούσε να συμπεριληφθεί και σε μελλοντικά αυστηρότερα μέτρα ώστε να είναι περισσότερο αξιόπιστα και αποτελεσματικά.

Παράλληλα, η εργασία αυτή πρότεινε λύσεις, ώστε να ενισχυθεί το έργο για την ελάττωση των ατμοσφαιρικών εκπομπών από τα πλοία στους λιμένες. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρθηκαν λειτουργικά μέτρα μεταξύ λιμένων και πλοίων, όπως ο ανεφοδιασμός με εναλλακτικά καύσιμα. Ωστόσο, η αξιοποίηση τέτοιων καυσίμων έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη απόδοση, αλλά από την άλλη πλευρά έχουν υψηλή τιμή αγοράς. Η διοίκηση των ναυτιλιακών εταιρειών θα πρέπει να θεωρήσει αυτό το αυξημένο κόστος ως επένδυση για τον πλανήτη και το περιβάλλον, για ένα πιο αποδοτικό και τελικά κερδοφόρο μέλλον, συμβάλλοντας παράλληλα στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και στην ποιότητα ζωής των ανθρώπων. Ακόμη μια σημαντική λύση που εφαρμόζεται ευρέως από λιμένες είναι εκείνη του Cold Ironing όπου τα πλοία εξοικονομούν καύσιμα και άρα παράγονται λιγότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι, μειώνοντας και τα λειτουργικά τους κόστη. Η Ευρωπαϊκή Ένωση αναγνωρίζοντας την αξία του συστήματος αυτού, πρόκειται να καθιερώσει τον κανονισμό «Fuel EU Maritime Regulation» το 2025. Στο ίδιο πνεύμα θα μπορούσαν να ακολουθήσουν και άλλες χώρες ώστε να γίνει συλλογικά η προσπάθεια καταπολέμησης των ατμοσφαιρικών εκπομπών όπως έπραξε η Πολιτεία της Καλιφόρνια. Παράλληλα, η μέθοδος μείωσης ταχύτητας των πλοίων (VSR) και τα συστήματα υπολογισμού αφίξεων ακρίβειας (VVA), μπορούν να αξιοποιηθούν, αφού τα πλοία λειτουργούν σε αποδοτικές ταχύτητες, φθάνουν σε στοχευμένες ώρες και επομένως παράγουν λιγότερες εκπομπές ρύπων, λόγω αποδοτικότερων λειτουργιών αλλά και λόγω μείωσης του χρόνου παραμονής τους στα λιμάνια.

Πολλά θα μπορούσαν επίσης να επιτευχθούν από πρωτοβουλίες των ίδιων των λιμένων, όπως να συμμετέχουν σε σχέδια με ρυθμίσεις και κίνητρα που μετριάζουν τις ατμοσφαιρικές εκπομπές. Τέτοια σχέδια είναι ο Περιβαλλοντικός Δείκτης Πλοίων (ESI), η Αξιολόγηση Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου (GHG ER) και η

Προνομιακή Περιβαλλοντική Κατάταξη (EPR), τα οποία προσφέρουν κίνητρα όπως μειώσεις λιμενικών τελών ή προνομιακές κρατήσεις θέσεων ελλιμενισμού για όσες ναυτιλιακές εταιρίες ακολουθούν τις περιβαλλοντικές ρυθμίσεις που έχουν θεσπίσει. Ταυτόχρονα, φαίνεται ότι πέρα από τους διεθνείς οργανισμούς, διάφορες χώρες ατομικά, αναλαμβάνουν να δημιουργήσουν δικά τους πλάνα για την καταπολέμηση των ατμοσφαιρικών ρύπων από τα πλοία στους λιμένες τους, όπως οι περιπτώσεις της Σιγκαπούρης και της Νότιας Κορέας που ενθαρρύνουν τις ναυτιλιακές εταιρίες να χρησιμοποιούν εναλλακτικά καύσιμα ή τεχνολογίες, όταν εισέρχονται στα λιμάνια τους, με αντάλλαγμα διάφορα προνόμια.

Τα μέτρα καταπολέμησης των ατμοσφαιρικών ρύπων από τα πλοία στους λιμένες μπορεί να λειτουργήσουν, αλλά απαιτείται η συνεργασία των αρχών των λιμένων και των ναυτιλιακών εταιρειών. Αντίστοιχα πρέπει να ασκούνται εξωτερικές πιέσεις από διεθνείς και παγκόσμιους οργανισμούς. Αν και η ναυτιλία θεωρείται ένας από τους πιο φιλικούς στο περιβάλλον κλάδους, δεν παύει να αποτελεί ένα μικρό κομμάτι του προβλήματος της κλιματικής αλλαγής, του οποίου η λύση πρέπει να γίνει άμεσα. Δεδομένης της κατάστασης των πραγμάτων σήμερα θα συνεχίσει να αυξάνεται η ανάγκη για θαλάσσιες μεταφορές αγαθών. Επομένως τα λιμάνια θα πρέπει να προσαρμοστούν και να λάβουν πιο πρωτοποριακά μέτρα όπως στην περίπτωση του λιμανιού του Αμβούργου με την υιοθέτηση των φορητών μπαταριών PowerCap.

Τα λιμάνια μέσω των ειδικά διαμορφωμένων προγραμμάτων ή πολιτικών τους συμβάλουν στον μετριασμό των ατμοσφαιρικών ρύπων και επίσης θα γίνονται ακόμα και πιο προσιτά για τα πλοία εάν προσπαθήσουν να συμπεριλάβουν και άλλα προνόμια, όπως λίστες κρατήσεων με προτεραιότητα για όσα πλοία ακολουθούν «πράσινες» τακτικές. Εάν όλο και πιο πολλά λιμάνια αρχίσουν να συμμετέχουν σε ήδη υπάρχοντα ή δημιουργούν δικά τους σχέδια σε συνεργασία με τις ναυτιλιακές εταιρίες, τότε ο στόχος για την εξάλειψη των ρύπων στην ατμόσφαιρα θα γινόταν με μεγαλύτερη ευκολία αφού οι δυο πλευρές θα έβγαιναν κερδισμένες δημιουργώντας ένα καλύτερο μέλλον για όλους.

## ΠΗΓΕΣ

### ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κοτρίκλα, Άννα-Μαρία, (2015): «Ναυτιλία και Περιβάλλον». Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.

### ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anas S. Alamoush, Aykut I. Ölçer & Fabio Ballini, (2022): «Ports' role in shipping decarbonisation: A common port incentive scheme for shipping greenhouse gas emissions reduction», Cleaner Logistics and Supply Chain, Volume 3.
- Anas S. Alamoush, Fabio Ballini, Aykut I. Ölçer, (2020): «Ports' technical and operational measures to reduce greenhouse gas emission and improve energy efficiency: A review», Marine Pollution Bulletin 160.
- Anne Goodchild & Carlos F. Daganzo, (2006): «Double-Cycling Strategies for Container Ships and Their Effect on Ship Loading and Unloading Operations» Transportation Science 40.
- Aydin Tokuslu, (2021): «Estimating greenhouse gas emissions from ships on four ports of Georgia from 2010 to 2018», Environmental Monitoring and Assessment volume 193, Article number: 385.
- Bell, T. G., Yang, M., & Ussher, S. J., (2020): «Atmospheric Emissions from Ships» Environmental Impact of Ships, Chapter 2, University of Western Ontario & Cambridge University.
- Bhargav A., Bhargava S., Singhal R. & Ahuja T., (2020): «Air Pollution - Sources and Classification». Op Acc J Bio Sci & Res.
- Bruna Bacalja, Maja Krčum & Matea Videk, (2021): «Effects of Air Pollution from Ships on Human Health», University of Split, Faculty of Maritime Studies.
- Calin Zamfirescu & Ibrahim Dincer, (2009): «Ammonia as a Green Fuel for Transportation», 2nd International Conference on Energy Sustainability collocated with the Heat Transfer, Fluids Engineering, and 3rd Energy Nanotechnology Conferences.

- Chen, D., Zhao, Y., & Nelson, P. (2016): «Estimating ship emissions based on AIS data for port of Tianjin, China». *Atmospheric Environment*, 145.
- Chul-hwan Han, (2010): «Air Pollution Reduction Strategies of World Major Ports», Dongseo University.
- Concawe, (2017): «An Introduction to Air Quality».
- Congbiao Sui, Peter de Vos, Douwe Stapersma, Klaas Visser & Yu Ding, (2020): «Fuel Consumption and Emissions of Ocean-Going Cargo Ship with Hybrid Propulsion and Different Fuels over Voyage», *Special Issue Marine Engines Performance and Emissions*.
- Corbett, J. J., Fischbeck, P. S. & Pandis, S. N, (1999): «Global nitrogen and sulfur inventories for oceangoing ships», *J. Geophys. Res.*
- Corbett, J. J., Winebrake, J. J., Green, E. H. et al., (2007): «Mortality from ship emissions: a global assessment» *Environmental Science & Technology*.
- Cullinane K. & Cullinane S., (2013): «Atmospheric Emissions from Shipping: The Need for Regulation and Approaches to Compliance». East Carolina University.
- David Gibbs, Patrick Rigot-Muller, John Mangan, Chandra Lalwani, (2014): «The role of sea ports in end-to-end maritime transport chain emissions», *Energy and the Environment*.
- Domenico Toscano, (2023): «The Impact of Shipping on Air Quality in the Port Cities of the Mediterranean Area: A Review». Department of Chemical, Materials and Production Engineering, University of Naples Federico II.
- Emma Díaz, Andrés Ortega, Carlos A. Pérez-Labajos, (2018): «Reduction in CO<sub>2</sub> emissions in RoRo/Pax ports equipped with automatic mooring systems», *Environmental Pollution* 241.
- EPA, (2004): «Photochemical smog —what it means for us».
- ESHG, (2020): «Carbon Dioxide Health Hazard Information Sheet».
- EUROPARL, (2019): «Monitoring, reporting and verification of CO<sub>2</sub> emissions from maritime transport».

- EUROPARL, (2023): «Climate change: the greenhouse gases causing global warming».
- Fakhra Anwar, Fahad Nazir Chaudhry, Saiqa Nazeer, Noshila Zaman, Saba Azam, (2016): « Causes of Ozone Layer Depletion and Its Effects on Human: Review», Department of Zoology, University of Gujrat, Pakistan.
- Fatih Alver, Betül Ayhan Saraç & Ülkü Alver Şahin, (2018): «Estimating of shipping emissions in the Samsun Port from 2010 to 2015», Atmospheric Pollution Research Volume 9, Issue 5.
- Frank Stuer-Lauridsen, Monikka Bergstrøm, Svend Boes Overgaard, Ditte Kristensen, (2014): «Environmental Classifications of Ships», Environmental project No. 1579.
- GloMEEP, (2018): «Port Emissions Toolkit Guide No.1: Assessment of port emissions», GloMEEP Project Coordination Unit and International Maritime Organization.
- GloMEEP, (2018): «Ship Emissions Toolkit Guide No.1: Rapid assessment of ship emissions in the national context». GloMEEP Project Coordination Unit International Maritime Organization
- Gobbi, G. P., Liberto, L. D., & Barnaba, F. (2016): «Impact of port emissions on EU-regulated and non-regulated air quality indicators: the case of Civitavecchia (Italy)». Science of the Total Environment, 719, 134984.
- Grégoire Bongrand & Nadine Allemand, (2020): «Background informal technical document on maritime shipping emissions, reduction techniques and determination of their costs», TFTEI Background Informal Technical Document.
- Guangnian Xiao, Tian Wang, Xinqiang Chen & Lizhen Zhou, (2022): «Evaluation of Ship Pollutant Emissions in the Ports of Los Angeles and Long Beach», Journal of Marine Science and Engineering 10.
- H. Saraçoğlu, C. Deniz, A. Kılıç, (2013): «An Investigation on the Effects of Ship Sourced Emissions in Izmir Port, Turkey». Published in The Scientific World Journal.
- Hulda Winnes, Linda Styhre & Erik Fridell, (2015): «Reducing GHG emissions from ships in port areas», Research in Transportation Business & Management Volume 17.

- Hulda Winnes, Linda Styhre, & Erik Fridell, (2015) «Reducing GHG emissions from ships in port areas». Research in Transportation Business & Management.
- I.S., Arief & AZM, Fathalah, (2022): «Review of Alternative Energy Resource for The Future Ship Power», IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Ida-Maja Hassellöv, (2023): «Scrubber Technology: Bad News for the Marine Environment», Regulation of Risk, Transport, Trade and Environment in Perspective.
- Igor Shishlov, Romain Morel & Valentin Bellassen, (2016): «Compliance of the Parties to the Kyoto Protocol in the first commitment period», Climate Policy.
- IMO MEPC.176(58), (2008): «Amendments to the Annex of the Protocol of 1997 to amend the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973», Protocol of 1978, Revised MARPOL Annex VI.
- IMO, (2015): «STUDY OF EMISSION CONTROL AND ENERGY EFFICIENCY MEASURES FOR SHIPS IN THE PORT AREA».
- IMO, (2018): «Resolution MEPC.304(72), “Initial IMO Strategy on reduction of GHG emissions from shipping”, Resolution
- IMO, (2020): «MEPC 75/7/15: 4th IMO GHG Study 2020 – Final Report».
- IPCC, (2019): «Global warming of 1.5°C».
- Jamaly, A. (2012): «Introduction to Annex 6 of International MARPOL convention (Air Pollution) », ICS, Subject: Tech. Inf. 2012-01, Number: CL/90/3689.
- Jingang Han, Jean-Frederic Charpentier & Tianhao Tang, (2015): «State of the Art of Fuel Cells for Ship Applications», HAL.
- Johanna Wahlström, Niko Karvosenoja & Petri PorvariShip, (2006): «Ship emissions and technical emission reduction potential in the Northern Baltic Sea», Reports of Finnish Environment Institute.
- Kalli, J., Jalkanen, J.-P., Johansson, L. & Repka, S., (2013): «Atmospheric emissions of European SECA shipping: long-term projections», WMU J. Marit. Affairs.



- Kokila A V & Abijath V, (2017): «Reduction of Turnaround Time for Vessels at Cochin Port Trust», *International Journal of Pure and Applied Mathematics* Volume 117 No. 20.
- Laima Gerlitz, Eike Mildenstrey and Gunnar Prause, (2022): «Ammonia as Clean Shipping Fuel for the Baltic Sea Region», *Transport and Telecommunication Journal*, Volume 23 - Issue 1.
- Magdalena Klopott, Marzenna Popek & Ilona Urbanyi-Popiołek, (2023): «Seaports' Role in Ensuring the Availability of Alternative Marine Fuels-A Multi-Faceted Analysis», *Faculty of Management and Quality Science, Gdynia Maritime University*.
- Maritime Oslofjord, (2020): «Fuel consumption is a burning issue in the race for ship emissions compliance, says study»
- Martin Thomas Gibson, (2019): «A Novel Approach to Environmental Assessment of Ships – Development of a Performance Index for Ship
- Massachusetts Institute of Technology (MIT), (2023): «Greenhouse Gases».
- Maxime Sèbe, Pierre Scemama, Anne Choquet, Jean-Luc Jung, Aldo Chircop, Phénia Marras-Aït Razouk, Sylvain Michel, Valérie Stiger-Pouvreau, Laura Recuero-Virto, (2023): «Maritime transportation: Let's slow down a bit», *Science of the Total Environment*.
- Miola, V. Paccagnan, I. Mannino, A. Masarutto, A. Perujo, M. Turvani, (2009): «External costs of transportation case study: maritime transport», *JRV Scientific and Technical Reports, European Commission, Institute for Environment and Sustainability Operation, Marine Offshore and Subsea Technology, School of Engineering, Newcastle University*.
- N. Gaurav, S. Sivasankarib, GS Kiranc, A. Ninawea & J. Selvin, (2017): «Utilization of bioresources for sustainable biofuels: A Review», *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Nicolae, F., Roman, I., & Cotorcea, A. (2017): «Air pollution from the maritime transport in the Romanian Black Sea coast». *Cercetări Marine.*, 47.
- Nur Najihah, Abu Bakar, Najmeh Bazmohammadi, Juan C. Vasquez, Josep M. Guerrero, (2023): «Electrification of onshore power systems in maritime

transportation towards decarbonization of ports: A review of the cold ironing technology», *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume 178.

- Olaf Merk, (2014): «Shipping Emissions in Ports», *International Transport Forum Discussion Papers*.
- Paul Balcombe, James Brierley, Chester Lewis, Line Skatvedt, Jamie Speirs, Adam Hawkes, Iain Staffell, (2019): «How to decarbonise international shipping: options for fuels, technologies and policies», *Energy Conversion and Management* Volume 182.
- Peter Sjögren & Johannes Hüffmeier, (2020): «Emission Control Measures in Swedish Ports», *Transport Research Arena 2020: Rethinking Transport*, Helsinki.
- R. van den Berg, (2022): «Estimate vessel emissions in ports using AIS data», *Delft University of Technology*.
- R.A.O. Nunes, M.C.M. Alvim-Ferraz, F.G. Martins & S.I.V. Sousa, (2017): «Assessment of shipping emissions on four ports of Portugal», *Environmental Pollution* Volume 231, Part 2.
- Reza Karimpour, (2022): «Onshore Power Supply in northwest Italian ports to reduce ships emissions – A focus on quantifying the social-economic benefits», *Sciences and Technologies for Electrical Engineering*, University of Genova.
- Salvatore Barberi, Mariacrocetta Sambito, Larysa Neduzha & Alessandro Severino, (2021): «Pollutant Emissions in Ports: A Comprehensive Review». *Special Issue Inspection, Assessment and Retrofit of Transport Infrastructure*.
- Saraoglu, H., Deniz, C., Kilic, A. (2013): «An investigation on the effects of ship sourced emissions in Izmir port, Tur-key». *The Scientific World Journal*.
- Se-Won Kim & Jeong-On Eom, (2023): « Ship Carbon Intensity Indicator Assessment via Just-in-Time Arrival Algorithm Based on Real-Time Data: Case Study of Pusan New International Port», *Department of Intelligent Mechatronics Engineering*, Sejong University.
- Sharma, A., (2020): «Types of Air Pollutants». *Department of Environmental Studies Shivaji College (Univ of Delhi)*.
- Sköld, Sara, (2019): «Green port dues - indices and incentive schemes for shipping», Bergqvist, R., Monios, J(Eds.), *Green Ports*, Elsevier.

- Song, S. (2014): «Ship emissions inventory, social cost and eco-efficiency in Shanghai Yangshan port». *Atmospheric Environment*, 82, 288–297.
- Styhre L., Winnes H., (2019): «Emissions from Ships in Ports». IVL Swedish Environmental Research Institute, Gothenburg, Sweden.
- Tania Miranda & Catalina López Sagástegui, (2022): «A Hemispheric Analysis of Scrubber Washwater Discharge Regulations in Countries of the Americas», Institute of the Americas.
- Thalís Zís, (2019): «Prospects of cold ironing as an emissions reduction option», Department of Management Engineering, Technical University of Denmark.
- The Chamber of Commerce and Industry of WA, (1999): «The Kyoto Protocol and Greenhouse Gas Emissions», *The Kyoto Protocol and Greenhouse Gas Emissions*.
- Theo Notteboom, Athanasios Pallis and Jean-Paul Rodrigue, (2022): «Port Economics, Management and Policy», New York: Routledge.
- Thomas G. Bell, Mingxi Yang & Simon J, Ussher, (2021): «Atmospheric Emissions from Ships», University of Western Ontario.
- Tichavska, M., & Tovar, B. (2015): «Port-city exhaust emission model: an application to cruise and ferry operations in Las Palmas Port». *Transportation Research*.
- Tokuslu, A. (2020): «Analyzing the shipping emissions in port of Ereğli and examining the contribution of SOX emissions reduction to the port emissions». *Journal of Environmental and Natural Studies*, 2(1).
- Tony R. Walker, (2016): «Green Marine: An environmental program to establish sustainability in marine transportation», *Marine Pollution Bulletin*.
- Umair Shahzad, (2015): «Global Warming: Causes, Effects and Solutions»
- Ustolin, F.; Campari, A.; Taccani, R., (2022): «An Extensive Review of Liquid Hydrogen in Transportation with Focus on the Maritime Sector».

- Van Biert, Lindert & Visser, Klaas, (2022): «Fuel cells systems for sustainable ships», Sustainable Energy Systems on Ships: Novel Technologies for Low Carbon Shipping.
- Van der Hagen, M & Järnberg J., (2009): «Sulphuric, Hydrochloric, Nitric and Phosphoric Acids». The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals.
- Verma, B., (2015): «Secondary Pollutants in air». PG Department of Zoology Maharaja College Ara.
- Von Glasow, R., Jickells, T. D., Baklanov, A. et al, (2013): «Megacities and large urban agglomerations in the coastal zone: Interactions between atmosphere, land, and marine ecosystems». *Ambio*.
- Yang, D. Q., Kwan, S. H., Lu, T., Fu, Q. Y., Cheng, J. M., Streets, D. G., Wu, Y. M., & Li, J. J. (2007): «An emission inventory of marine vessels in Shanghai in 2003». *Environmental Science and Technology*, 41, 5183–5190.
- Young-Tae Chang, Hyoso (Kevin) Park, Suhyung Lee, Eunsoo Kim, (2018): «Have Emission Control Areas (ECAs) harmed port efficiency in Europe? ». *Transportation Research Part D* 58.

## ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

- ABS, (2021): «Understanding Your Decarbonization Options: Just-In-Time Shipping»(<https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/publications/whitepapers/understanding-your-decarbonization-options-jan21.pdf>)
- ABS, (2023): «Fuel EU Maritime» (<https://ww2.eagle.org/en/rules-and-resources/regulatory-updates/fuel-eu-maritime.html>)
- ABS,(2021):([https://safety4sea.com/wpcontent/uploads/2021/01/Ammonia\\_as\\_Marine\\_Fuel\\_Whitepaper\\_2018.pdf](https://safety4sea.com/wpcontent/uploads/2021/01/Ammonia_as_Marine_Fuel_Whitepaper_2018.pdf))
- Alfalaval, (2020): «The Fuels of The Low-Sulfur Era» ([https://www.alfalaval.com/globalassets/documents/industries/marine-and-transportation/marine/refuel/alfalaval\\_article\\_marine-fuels.pdf](https://www.alfalaval.com/globalassets/documents/industries/marine-and-transportation/marine/refuel/alfalaval_article_marine-fuels.pdf))
- Australian Maritime Safety Authority (AMSA), (2023): «Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)»([https://www.amsa.gov.au/marine\\_environment/air-pollution/ship-energy-efficiency-management-plan-seemp](https://www.amsa.gov.au/marine_environment/air-pollution/ship-energy-efficiency-management-plan-seemp))

- Axel Michaelowa & Karsten Krause, (2000): «International Maritime Transport and Climate Policy», Intereconomics(<https://www.intereconomics.eu/pdf-download/year/2000/number/3/article/international-maritime-transport-and-climate-policy.html>)
- BAFU, (2023) (<https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/climate/info-specialists/climate--international-affairs/the-paris-agreement.html>)
- Becqué, R., Fung, F., Zhu, Z., (2018): «Incentive Schemes for Promoting Green Shipping», NRDC(<https://globalmaritimehub.com/wpcontent/uploads/2018/06/incentive-schemes-promoting-green-shipping-ip.pdf>)
- Christina Nunez, (2019): «Acid rain, explained», National Geographic. (<https://www.nationalgeographic.com/environment/article/acid-rain>)
- Costa Hilary, Erin Sprout, Santani Teng, Melissa McDaniel, Jeff Hunt, Diane Boudreau, Tara Ramroop, Kim Rutledge, Hilary Hall, (2023): «Greenhouse Effect» (<https://education.nationalgeographic.org/resource/greenhouse-effect/>)
- Dimitrios Dalaklis, (2018): «Exploring the New Policy Framework of Environmental Performance Management for Shipping», Harbours Review Spotlight: Greenhouse Gas Emissions in Shipping Conference([https://www.academia.edu/38243256/Exploring\\_the\\_New\\_Policy\\_Framework\\_of\\_Environmental\\_Performance\\_Management\\_for\\_Shipping](https://www.academia.edu/38243256/Exploring_the_New_Policy_Framework_of_Environmental_Performance_Management_for_Shipping))
- DNV, (2023). «Frequently asked questions (FAQs)» (<https://www.dnv.com/maritime/insights/topics/CII-carbon-intensity-indicator/answers-to-frequent-questions.html>)
- DNV, (2023): «Emissions control in the European Union» (<https://www.dnv.com/maritime/hub/decarbonize-shipping/key-drivers/regulations/regional-developments/eu.html>)
- DNV, (2023): «Emissions control in the USA»(<https://www.dnv.com/maritime/hub/decarbonize-shipping/key-drivers/regulations/regional-developments/us.html>)
- DNV, (2023): «Mediterranean SOx ECA, and heavy fuel oil ban in the Arctic» (<https://www.dnv.com/news/mediterranean-sox-eca-and-heavy-fuel-oil-ban-in-the-arctic-249948>)

- EMSA, (2021): «Facts and figures: the EMTER report»
- EPA, (2021): «Port Operational Strategies: Vessel Speed Reduction»(<https://nepis.epa.gov/Exec/ZyPDF.cgi?Dockkey=P10119QQ.pdf>)
- EPA, (2023): «Virtual Vessel Arrival Systems at Ports Improves Air Quality and Saves Fuel»(<https://www.epa.gov/ports-initiative/virtual-vessel-arrival-systems-ports-improves-air-quality-and-saves-fuel>)
- EUR-LEX,(2015)(<https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=celex%3A32015R0757>)
- Eur-Lex,(2023)(<https://eur-lex.europa.eu/EL/legal-content/glossary/eu-emissions-trading-system-eu-ets.html>)
- European Commission, (2021): (<https://european-accreditation.org/wp-content/uploads/2022/06/2020-Annual-report-from-the-Commission.pdf>)
- European Commission, (2023)([https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en))
- European Commission, (2023)([https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/reducing-emissions-shipping-sector\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/reducing-emissions-shipping-sector_en))
- Gard, (2013): «Shipping emissions regulations»,([https://www.gard.no/web/updates/content/20734079/shipping-emissions-regulations?fbclid=IwAR2E5G\\_Sog40gn7-v-SwZqiZMt79ZKCZo0cyqhd4P3ReuzYxmBSge\\_SDIXI](https://www.gard.no/web/updates/content/20734079/shipping-emissions-regulations?fbclid=IwAR2E5G_Sog40gn7-v-SwZqiZMt79ZKCZo0cyqhd4P3ReuzYxmBSge_SDIXI))
- Hill Dickinson, (2018): «Part one: The IMO fuel consumption data collection system (IMO DCS) »(<https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=95c2b3e7-1980-4217-8ee5-df8713c4eb84>)
- TOCPRO, (2015): «International Convention for the Prevention of Pollution from Ships». (<https://maddenmaritime.files.wordpress.com/2015/08/marpol-practical-guide.pdf>)
- Ender Keskin, (2011): «VAPOR EMISSION CONTROL SYSTEM MANUAL». (<https://maritimeexpert.files.wordpress.com/2016/08/vcs-manual.pdf>)
- <https://bladeair.com/blog/secondary-pollutants-and-indoor-air-quality/>

- <https://education.nationalgeographic.org/resource/climate-change/>
- <https://education.nationalgeographic.org/resource/global-warming/>
- <https://enviscecb.org/>
- <https://caemaritime.com/>
- <https://greeneration.org/en/publication/green-info/photochemical-smog/>
- <https://home.kuehne-nagel.com/en/-/knowledge/emission-control-areas>
- <https://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0937.pdf>
- <https://rightship.com/solutions/ports-terminals/ghg-rating>
- <https://theicct.org/silent-but-deadly-the-case-of-shipping-emissions/>
- [https://www.aquametro-oil-marine.com/files/aquametro/downloads/7620e\\_wfe.pdf](https://www.aquametro-oil-marine.com/files/aquametro/downloads/7620e_wfe.pdf)
- [https://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/chem\\_profiles/methane.html](https://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/methane.html)
- [https://www.co2web.info/NIPCC-Final\\_080303.pdf](https://www.co2web.info/NIPCC-Final_080303.pdf)
- [https://www.becker-marine-systems.com/files/content/pdf/product\\_pdf/Becker\\_LNG\\_PowerPac\\_HPE.pdf](https://www.becker-marine-systems.com/files/content/pdf/product_pdf/Becker_LNG_PowerPac_HPE.pdf)
- <https://www.daera-ni.gov.uk/articles/fluorinated-greenhouse-gases>
- <https://www.eionet.europa.eu/gemet/el/concept/6128>
- [https://www.emcdda.europa.eu/spotlights/spotlight-recreational-use-nitrous-oxide-laughing-gas\\_en](https://www.emcdda.europa.eu/spotlights/spotlight-recreational-use-nitrous-oxide-laughing-gas_en)

- <https://rightship.com/insights/rightships-ghg-rating-become-industrys-first-vessel-focused-rating-include-eexi-evdi-and>
- [https://www.enviscecb.org/air\\_pollu.htm](https://www.enviscecb.org/air_pollu.htm)
- <https://www.epa.gov/acdrain/what-acid-rain>
- <https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2>
- <https://www.greenaward.org/sea-shipping/>
- <https://www.imo.org/>
- <https://www.eslshipping.com/en/services/virtual-arrival>
- <https://www.nasa.gov/>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780126398557500417>
- <https://www.wartsila.com/>
- <https://yaramarine.com/sox-scrubbers/what-is-a-scrubber/>
- <https://stenapowerlng.com/services/integrated-power-barge/>
- [https://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/en/indoor-air-pollution/glossary/pqrs/primary-pollutant-secondary-pollutant.htm](https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/en/indoor-air-pollution/glossary/pqrs/primary-pollutant-secondary-pollutant.htm)
- <https://www.ics-shipping.org/shipping-fact/environmental-performance-environmental-performance/>
- <https://www.nepia.com/industry-news/china-fuel-sulphur-cap-and-emission-control-areas/>
- AMPERE, (2020): «Comprehensive IMO Initiative for Onshore Power Supply» ([https://www.imo-contest.org/images/award/2020/01\\_2020\\_AMPERE.pdf](https://www.imo-contest.org/images/award/2020/01_2020_AMPERE.pdf))
- <https://safety4sea.com/cm-cold-ironing-the-role-of-ports-in-reducing-shipping-emissions/>
- <https://sustainableworldports.org/wp-content/uploads/WORLD-PORTS-SUSTAINABILITY-REPORT-2020-FIN.pdf>



- IAHP, (2017): «The Environmental Ship Index»([https://safety4sea.com/wp-content/uploads/2023/11/IAPH-White-paper-about-ESI\\_2023\\_11.pdf](https://safety4sea.com/wp-content/uploads/2023/11/IAPH-White-paper-about-ESI_2023_11.pdf))
- ICCT, (2011): «The Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships»([https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTpolicyupdate15\\_EEDI\\_final.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTpolicyupdate15_EEDI_final.pdf))
- ICCT, (2017): «BLACK CARBON EMISSIONS AND FUEL USE IN GLOBAL SHIPPING»(<https://theicct.org/publication/black-carbon-emissions-and-fuel-use-in-global-shipping-2015/>)
- ICCT, (2019): «ACTION PLAN FOR ESTABLISHING CHINA’S NATIONAL EMISSION CONTROL AREA»(<https://theicct.org/publication/action-plan-for-establishing-chinas-national-emission-control-area/>)
- IMO, (2018) «MARPOL amendments enter into force - ship fuel oil reporting requirements, garbage classification and IOPP certificate»(<https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/04MARPOLamendments.aspx>)
- IMO, (2020) «Energy Efficiency Measures»(<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx>)
- IMO, (2020): (<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/IMO-GHG-studies.aspx>)
- IMO, (2020): «Just In Time Arrival Guide Barriers and Potential Solutions»(<https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/PartnershipsProjects/Documents/GIA-just-in-time-hires.pdf>)
- IMO, (2023)(<https://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx>)
- IMO, (2023): «Data collection system for fuel oil consumption of ships»(<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Data-Collection-System.aspx>)
- IMO,(2023)([https://www.imo.org/en/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/en/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx))
- IRENA, (2021): «A Pathway to Decarbonise the Shipping Sector»([https://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Oct/IRENA\\_Decarbonising\\_Shipping\\_2021.pdf](https://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Oct/IRENA_Decarbonising_Shipping_2021.pdf))

- Jacob Damgaard, (2020): «LOW SULPHUR REGULATIONS AFTER 1 JANUARY 2020» (<https://britanniapandi.com/2020/01/low-sulphur-regulations-after-1-january-2020/>)
- Julia Hansson & Erik Fridell, (2020): «On the potential of ammonia as fuel for shipping» Selma Brynolf, Chalmers University of Technology(<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1747278/FULLTEXT01.pdf>)
- Kristin Omholt-Jensen, (2021): «Global Sulphur regulations / ECA / SECA Zones», (<https://www.maritimeoptima.com/insights/global-sulphur-regulations-eca-seca-zones>)
- Lloyd's Register, (2023): «What is the FuelEU Maritime Regulation» (<https://www.lr.org/en/services/statutory-compliance/fit-for-55/fueleu-regulation/>)
- Maritime and Port Authority of Singapore, (2016)(<https://www.mpa.gov.sg/regulations-advisory/maritime-singapore/sustainability/maritime-singapore-green-initiative>)
- Maritime and Port Authority of Singapore, (2022)(<https://www.mpa.gov.sg/media-centre/details/no.-7-of-2022---revised-green-ship-programme-under-the-maritime-singapore-green-initiative>)
- MARPOL ANNEX VI, (2023)(<https://www.marpol-annex-vi.com/eedi-seemp/>)
- MEPC.304»([https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Resolution%20MEPC.304\(72\)\\_E.pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Resolution%20MEPC.304(72)_E.pdf))
- MOFK, (2023): «Toward Green Shipping by 2050 2023 National Action Plan»(<https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/NAP/R.O.K%20National%20Action%20Plan%20%20Toward%20Green%20Shipping%20by%202050.pdf>)
- Norton Rose Fullbright, (2023): (<https://www.nortonrosefulbright.com/en/knowledge/publications/ed884a12/new-regulation-on-the-fueleu-initiative-adopted-by-the-european-council-following-scrutiny>)

- OECD, (2016): «REDUCING SULPHUR EMISSIONS FROM SHIPS»(<https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/sulphur-emissions-shipping.pdf>)
- OECD/ITF, (2018): «Reducing Shipping Greenhouse Gas Emissions: Lessons from Port-Based Incentives». (<https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/reducing-shipping-greenhouse-gas-emissions.pdf>)
- PANCANAL (Panama Canal), (2017): «Environmental Premium Ranking to Recognize Ships with High Environmental Efficiency» (<https://pancanal.com/en/panama-canal-launches-environmental-premium-ranking-to-recognize-ships-with-high-environmental-efficiency/>)
- Panos Zachariadis, (2016): «MRV: Another unnecessary regulation»([https://www.academia.edu/34965943/MRV\\_Another\\_unnecessary\\_regulation](https://www.academia.edu/34965943/MRV_Another_unnecessary_regulation))
- PEMA, (2021): «Automated Ship Mooring»(<https://www.pema.org/wp-content/uploads/2022/09/PemaAutomatedMooring.pdf>)
- PlanBleu, (2022): «Costs and benefits of establishing a low Sulphur emission zone in the Mediterranean»(<https://planbleu.org/wp-content/uploads/2022/02/ZOOM-ON-Med-SOX-ECA-English.pdf>)
- Princeton University, (2000): «Marine Applications for Fuel Cell Technology» (<https://www.princeton.edu/~ota/disk2/1986/8612/861205.PDF>)
- Stormgeo, (2020): «Sustainability in Shipping: How the IMO DCS is Encouraging Companies to Go Greener»(<https://www.stormgeo.com/solutions/shipping/articles/sustainability-in-shipping-how-the-imo-dcs-is-encouraging-companies-to-go-greener/>)
- Sustainable-Ships, (2023): «NOx Tiers» (<https://www.sustainable-ships.org/rules-regulations/nox>)
- Union of Greek Ship-owners – UGS (2021): « Survey of Alternative Fuels - Technologies for Shipping», ([https://www.ugs.gr/media/13685/survey-of-alternative-fuels-technologies-for-shipping\\_may21.pdf](https://www.ugs.gr/media/13685/survey-of-alternative-fuels-technologies-for-shipping_may21.pdf))
- Verifavia Shipping, (2023): (<https://www.verifavia-shipping.com/shipping-carbon-emissions-verification/shipping-mrv-regulation-the-imo-data-collection-system-dcs-106.php>)

- Verifavia Shipping, (2023): (<https://www.verifavia-shipping.com/shipping-carbon-emissions-verification/maritime-industry-shipping-and-carbon-eu-and-imo-systems-to-align-193.php>)