



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής  
Σχεδίασης και Παραγωγής

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
& ΑΙΓΑΙΟΥ**

Τμήμα Ναυτιλίας και  
Επιχειρηματικών Υπηρεσιών



**ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ»**

**ΤΙΤΛΟΣ**

*Περιβαλλοντική διαχείριση των λιμενικών δραστηριοτήτων*

**ΤΙΤΛΟΣ ΑΓΓΛΙΚΑ**

*Environmental management of port activities*

**Όνοματεπώνυμο Σπουδαστή:**

*Τσαουσίδης Αλέξιος*

**Όνοματεπώνυμο Υπεύθυνου Καθηγητή:**

**Κορρές Άλκης**

**ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΜΑΡΤΙΟΣ 2024**

**Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής**

**Κορρές Άλκης**

**Παπουτσιδάκης Μιχαήλ**

**Δρόσος Χρήστος**

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Τσαουσιδής Αλέξιος του Αντωνίου, με αριθμό μητρώου. 8066279 φοιτητής του Διϋδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Νέες Τεχνολογίες στη Ναυτιλία και τις Μεταφορές» του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής της Σχολής Μηχανικών Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Ο δηλών



Ημερομηνία  
18/03/2024

**ΤΙΤΛΟΣ**

**Περιβαλλοντική διαχείριση των λιμενικών δραστηριοτήτων**

**ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ**

**Τσαουσίδης Αλέξιος**

**Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για την μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Διδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Νέες Τεχνολογίες στη Ναυτιλία και τις Μεταφορές» του Τμήματος Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών του Πανεπιστημίου Αιγαίου και του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.**

## Περίληψη

Αντικείμενο της εργασίας αυτής συνιστά η διερεύνηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της λειτουργίας των σύγχρονων λιμένων, καθώς και των πολιτικών και των εργαλείων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον περιορισμό του. Πρωταρχικό στόχο της έρευνας αποτελεί, αφενός η διεξοδική παρουσίαση των επιπτώσεων της λιμενικής δραστηριότητας στο φυσικό περιβάλλον και αφετέρου η προσεκτική αναζήτηση των στρατηγικών και των μεθόδων που προτείνονται σήμερα για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων αυτών, με την υιοθέτηση επιτυχημένων πρακτικών, αλλά και τη συνδρομή νέων καινοτόμων τεχνολογιών. Στο πλαίσιο αυτό, αναδεικνύονται οι προσπάθειες που καταβάλλονται και οι πρωτοβουλίες που αναλαμβάνονται τόσο από διεθνείς και περιφερειακούς φορείς, όσο και από μεμονωμένους λιμένες, για τη θέσπιση αποτελεσματικών κανόνων, που θα εφαρμόζονται από το σύνολο των εμπλεκόμενων παραγόντων. Επιπλέον, επιχειρείται η μελέτη συγκεκριμένων περιπτώσεων μεγάλων εμπορικών λιμένων που μέσω του σχεδιασμού και της υλοποίησης πρωτοποριακών προγραμμάτων επιδιώκουν να συνδυάσουν την οικονομική τους ευημερία με την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος. Συνολικά, η παρούσα εργασία αποσκοπεί στο να εντοπίσει και να προβάλει τα περιβαλλοντικά ζητήματα που ανακύπτουν από τη λειτουργία των λιμένων και τις λύσεις που αυτοί καλούνται να αναζητήσουν στην κατεύθυνση της μετάβασης προς μία πιο «πράσινη» και βιώσιμη ανάπτυξη του παγκόσμιου λιμενικού τομέα.

Λέξεις - Κλειδιά: Λιμενικές δραστηριότητες, πηγές ρύπανσης, ρυθμιστικό πλαίσιο, πρωτοβουλίες λιμένων

## Abstract

The object of this thesis is to investigate the environmental footprint of the operation of modern ports, as well as the policies and tools that can be used to limit it. Through the review of an extensive sample of the relevant literature, a thorough presentation of the effects of port activity on the natural environment, as well as a research on the strategies and policies currently proposed to deal with these effects are attempted. In this context, the efforts made by international and regional regulatory bodies to establish effective rules and the initiatives undertaken by port associations to design and adopt successful environmental programs, are highlighted. Moreover, a wide range of innovative policies and practices developed and implemented by individual ports seeking to combine their economic prosperity with high environmental performance are presented. Finally, the cases of three of the largest ports in the world that pioneer in the formation of an effective environmental management are carefully studied. Overall, this paper aims to identify and present the environmental issues arising from the operation of ports and the solutions they are required to invent for the transition towards a more "green" and sustainable development of the global port sector.

Key words: Port activities, sources of pollution, regulatory framework, port initiatives

## Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή.....	- 1 -
2.	Εντοπισμός προβλημάτων .....	- 3 -
2.1	Ατμοσφαιρική ρύπανση .....	- 4 -
2.2	Ρύπανση των υδάτων.....	- 8 -
2.3	Ρύπανση του εδάφους.....	- 11 -
2.4	Ηχορύπανση και οπτική ρύπανση .....	- 11 -
2.5	Λοιπά ζητήματα.....	- 12 -
3.	Αναζήτηση λύσεων.....	- 13 -
3.1	Διεθνές και περιφερειακό ρυθμιστικό πλαίσιο .....	- 14 -
3.1.1	Ο Ι.Μ.Ο. ....	- 14 -
3.1.2	Η Ευρωπαϊκή Ένωση .....	- 19 -
3.2	Διεθνείς σύνδεσμοι λιμένων .....	- 20 -
3.2.1	Ευρώπη.....	- 20 -
3.2.2	Αμερική .....	- 24 -
3.2.3	Κόσμος.....	- 25 -
3.3	Πρωτοβουλίες λιμένων .....	- 27 -
3.3.1	Περιβαλλοντική διαχείριση της ναυτιλιακής δραστηριότητας.....	- 27 -
3.3.2	Περιβαλλοντική διαχείριση της λιμενικής δραστηριότητας .....	- 38 -
3.3.3	Περιβαλλοντική διαχείριση της μετακίνησης φορτίων στην ενδοχώρα .....	- 42 -
4.	Μελέτες περιπτώσεων.....	- 44 -
4.1	Ο λιμένας του Ρότερνταμ .....	- 44 -
4.2	Ο λιμένας του Long Beach.....	- 46 -
4.3	Ο λιμένας της Σιγκαπούρης.....	- 51 -
5.	Συμπεράσματα .....	- 56 -
6.	Βιβλιογραφία .....	- 58 -

## 1. Εισαγωγή

Ανατρέχοντας κανείς στην τελευταία ανασκόπηση της UNCTAD για τις θαλάσσιες μεταφορές, διαπιστώνει ότι μέσα στην τελευταία πεντηκονταετία, οι συνολικές ετήσιες ποσότητες αγαθών που διακινούνται μέσω της ναυτιλίας έχουν υπερτετραπλασιαστεί. Η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού και η μεγέθυνση των διεθνών οικονομικών μεγεθών, η παγκοσμιοποίηση της οικονομίας, αλλά και οι μεγάλες διαφορές στο εργατικό κόστος μεταξύ των αναπτυγμένων και των αναπτυσσόμενων κρατών, η ταχεία οικονομική και βιομηχανική ανάπτυξη συγκεκριμένων περιοχών και το άνοιγμα νέων αγορών στο παγκόσμιο εμπόριο, η επικράτηση των εμπορευματοκιβωτίων για τη μεταφορά γενικού φορτίου και η επίτευξη οικονομικών κλίμακας είναι ορισμένοι μόνο από τους παράγοντες που συνέτειναν στην εντυπωσιακή αυτή διόγκωση του θαλάσσιου εμπορίου.

Η ανάγκη για την ικανοποίηση των διαρκώς αυξανόμενων απαιτήσεων που θέτει η γιγάντωση της ναυτιλιακής βιομηχανίας, οδήγησε στην επέκταση των ήδη υπάρχοντων λιμένων και στην κατασκευή πολλών νέων σε ολόκληρο τον κόσμο. Αναμφισβήτητα, η ανάπτυξη μιας μεγάλης λιμενικής εγκατάστασης σε μία περιοχή συμβάλλει σημαντικά στην άμεση και έμμεση οικονομική ανάπτυξη της περιοχής αυτής, μέσω της προσέλκυσης επενδύσεων, της βελτίωσης των δεικτών απασχόλησης, της αύξησης των φορολογικών εσόδων κ.λπ. (Acciario et al, 2014b). Την ίδια όμως στιγμή, η μεγέθυνση των λιμενικών δραστηριοτήτων συνοδεύεται συνήθως από σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, με δυσμενείς συνέπειες για τις τοπικές κοινωνίες.

Η πρόκληση μιας περιβαλλοντικής βλάβης από τη ναυτιλιακή δραστηριότητα μπορεί να είναι αποτέλεσμα είτε ενός ατυχήματος είτε της ίδιας της λειτουργικής διαχείρισης των πλοίων και των λιμενικών υποδομών. Οπωσδήποτε, οι δραματικές περιβαλλοντικές συνέπειες μεγάλων ναυτικών ατυχημάτων είναι εκείνες που γίνονται άμεσα ορατές και αποκτούν μεγάλη δημοσιότητα, χάρη και στην εκτεταμένη προβολή που συνήθως τυγχάνουν από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης, ενώ συχνά ακολουθούνται από την επιβολή νέων διεθνών ή περιφερειακών κανονισμών (οι περιπτώσεις των Torrey Canyon, Amoco Cadiz, Exxon Valdez,



Erika και Prestige αποτελούν μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα). Παρόλα αυτά, οι τεράστιες αυτές οικολογικές καταστροφές δεν αποτελούν την κύρια πηγή της θαλάσσιας ρύπανσης. Αντίθετα, η λειτουργική ρύπανση είναι αυτή που συνιστά τη σπουδαιότερη απειλή για το περιβάλλον (Ng και Song, 2010).

Στο χώρο των λιμανιών η λειτουργική διαχείριση αφορά στις κινήσεις των πλοίων από και προς τις προβλήτες και την παραμονή τους σε αυτές, στη διαχείριση και αποθήκευση των φορτίων, στη μεταφόρτωσή τους σε άλλα μέσα για την προώθησή τους από και προς την ενδοχώρα, στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις που ενδεχομένως λειτουργούν εντός των ορίων του λιμένα, καθώς και στις εργασίες συντήρησης ή και επέκτασης των υφιστάμενων λιμενικών υποδομών. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των δραστηριοτήτων αυτών έχει τεθεί την τελευταία δεκαετία στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος πολλών ρυθμιστικών φορέων, οικονομικών παραγόντων, μελών της επιστημονικής κοινότητας, αλλά και συλλογικοτήτων των τοπικών κοινωνιών.

Το αυξανόμενο αυτό ενδιαφέρον και η εντεινόμενη ανησυχία για την επίδραση της λειτουργίας των λιμένων τόσο στο φυσικό περιβάλλον, όσο και στην υγεία των τοπικών πληθυσμών, σηματοδοτεί το τέλος της εποχής που οι εκάστοτε λιμενικές αρχές μπορούσαν να θεωρούν την ευρεία υποστήριξη στη λειτουργία και ανάπτυξη των λιμανιών δεδομένη. Η σύγχρονη λιμενική διαχείριση οφείλει να βασίζεται στην αναζήτηση της βιωσιμότητας, θέτοντας ταυτόχρονα στόχους οικονομικούς, περιβαλλοντικούς και κοινωνικούς, για την επίτευξη της κερδοφορίας παράλληλα με την ασφάλεια, την ενεργειακή απόδοση, τη φιλικότητα προς το περιβάλλον και την κοινωνική αποδοχή. Ως εκ τούτου, η υιοθέτηση και εφαρμογή των κατάλληλων εργαλείων και πολιτικών για μία αποτελεσματική περιβαλλοντική διαχείριση των λιμένων, αποκτά τεράστια σημασία.

## 2. Εντοπισμός προβλημάτων

Από το στάδιο της κατασκευής, μέχρι και τη φάση της πλήρως λειτουργικής της κατάστασης, η ανάπτυξη και λειτουργία μιας λιμενικής εγκατάστασης συνεπάγεται τη συγκέντρωση ενός πλήθους διαφόρων πηγών ρύπανσης σε ένα συγκεκριμένο γεωγραφικό χώρο (Barberi et al., 2021). Με τη βοήθεια της μελέτης ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος της πλούσιας πρόσφατης βιβλιογραφίας και αρθρογραφίας σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των λιμενικών δραστηριοτήτων, στην ενότητα αυτή θα επιχειρηθεί ο εντοπισμός και η ανάλυση όλων εκείνων των ζητημάτων που συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με τη λειτουργία των λιμένων και συντείνουν στην υποβάθμιση του φυσικού και οικιστικού τους περιβάλλοντος.

Αρχικά, κρίνεται σκόπιμο να γίνει ένας διαχωρισμός των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα στα πλαίσια της λειτουργίας ενός λιμένα, σε τέσσερις βασικές κατηγορίες:

- I. Κινήσεις των πλοίων εντός του λιμένα, για την προσέγγιση και απομάκρυνσή τους από τις προβλήτες, καθώς και η λειτουργία τους κατά την παραμονή τους σε αυτές. Σε αυτήν περιλαμβάνονται οι εργασίες φορτοεκφόρτωσης με μέσα του πλοίου, ο ερματισμός ή αφερματισμός του πλοίου, η λειτουργία ηλεκτρογεννητριών και βοηθητικών μηχανημάτων για την ασφάλεια του πλοίου και την εξυπηρέτηση των αναγκών των επιβαινόντων, όπως φωτισμός, κλιματισμός, εξαερισμός κ.α.
- II. Λειτουργία της λιμενικής εγκατάστασης, στην οποία συγκαταλέγονται οι κινήσεις των ρυμουλκών λιμένος, ο χειρισμός των λιμενικών μέσω φορτοεκφόρτωσης, η διαχείριση και αποθήκευση των φορτίων, η συντήρηση και εκβάθυνση των διαύλων για την προσέγγιση των πλοίων, αλλά και οι εργασίες συντήρησης ή και επέκτασης των λιμενικών υποδομών και ανωδομών.
- III. Κίνηση φορτηγών, τρένων και πλοιαρίων ή ρυμουλκούμενων φορτηγίδων, για τη μεταφορά των φορτίων στην ενδοχώρα.

IV. Λειτουργία βιομηχανικών μονάδων που αναπτύσσονται εντός ή πέριξ των ορίων του λιμένα, προκειμένου να επωφεληθούν από την εγγύτητα στα σημεία φόρτωσης και εκφόρτωσης των φορτίων στα πλοία.

Οι παραπάνω δραστηριότητες, που είναι άμεσα συνυφασμένες με την καθημερινή λειτουργία των λιμένων, μπορούν να αποβούν εξαιρετικά επιβλαβείς, τόσο για την υγεία των γύρω πληθυσμών, όσο και για το ευρύτερο φυσικό περιβάλλον (Siroka et al., 2020). Από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας που επιλέχθηκε, προκύπτει ότι τα περιβαλλοντικά ζητήματα που ανακύπτουν από τη λιμενική δραστηριότητα εντοπίζονται κατά βάση στην ατμοσφαιρική ρύπανση, στη ρύπανση των υδάτων και του εδάφους, στην ηχορύπανση, στην οπτική ρύπανση και τη συσσώρευση απορριμμάτων, στην κατανάλωση τεράστιων ποσοτήτων ενέργειας, αλλά και στην εκτεταμένη χρήση γης και τις συνεπακόλουθες βλάβες στα τοπικά οικοσυστήματα.

## **2.1 Ατμοσφαιρική ρύπανση**

Εστιάζοντας στη ρύπανση του αέρα, ο κυριότερος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη δεν είναι άλλος από το γεγονός ότι η λειτουργία των λιμένων εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τη χρήση του πετρελαίου ως βασικού καυσίμου για κάθε μία από τις δραστηριότητες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Η αδιάκοπη κίνηση πλοίων και λιμενικών σκαφών, τρένων και φορτηγών, εξοπλισμού διαχείρισης φορτίων και συντήρησης υποδομών, τροφοδοτείται κατά κύριο λόγο από πετρελαιοκινητήρες, η λειτουργία των οποίων συνεπάγεται την εκπομπή μιας σειράς από ατμοσφαιρικούς ρύπους, με εξαιρετικά δυσμενείς επιπτώσεις, τόσο σε τοπικό, όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο (Miola et al., 2010). Από τη μία πλευρά, οι ρύποι που σχετίζονται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, με κυριότερο το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), συντελούν στην αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας και στην κλιματική αλλαγή και από την άλλη, ουσίες όπως οξείδια του θείου ( $\text{SO}_x$ ) και του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ), αιωρούμενα σωματίδια (PM) και πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) αποδεικνύονται ιδιαίτερα επιβλαβείς για την υγεία τόσο των εργαζομένων στα λιμάνια, όσο και των κατοίκων των γύρω περιοχών (Gutierrez-Romero et al., 2019).

Αναφορικά με τους ρύπους που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή, πλήθος ερευνών αναδεικνύουν την ανησυχητική αύξηση των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), αερίου που συνδέεται άμεσα με το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι δραματικές επιπτώσεις του φαινομένου αυτού, όπως η άνοδος της θερμοκρασίας του πλανήτη και η ανύψωση της στάθμης των θαλασσών, είναι ήδη εμφανείς και συγκαταλέγονται μεταξύ των σημαντικότερων και επιτακτικότερων προκλήσεων που η διεθνής κοινότητα οφείλει άμεσα να αντιμετωπίσει (Romano και Yang, 2021).

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να διευκρινισθεί ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου δεν είναι πάρα ένα φυσικό και κατ' αρχήν απολύτως ευεργετικό φαινόμενο, που οφείλεται στην έκλυση αερίων από φυσικές πηγές, όπως το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται μέσω της φωτοσύνθεσης των φυτών. Τα αέρια αυτά απορροφούν σημαντικό μέρος της θερμικής υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τον Ήλιο και αντανακλάται από τη Γη, αυξάνοντας έτσι τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και συμβάλλοντας καταλυτικά στη δημιουργία των ευνοϊκών συνθηκών που είναι απαραίτητες για την εμφάνιση και τη διατήρηση της ζωής στη Γη. Ωστόσο, η ραγδαία αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα εξαιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, σε επίπεδα πολύ πάνω από τα φυσιολογικά, συντελεί στην υπερβολική αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και κατ' επέκταση στην υπερθέρμανση του πλανήτη (Kweku et al., 2018).

Σύμφωνα με τα ευρήματα της τέταρτης μελέτης του IMO για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (greenhouse gas - GHG) που δημοσιεύθηκε το 2020, το ποσοστό των εκπομπών της παγκόσμιας ναυτιλίας επί του συνόλου των ανθρωπογενών εκπομπών αγγίζει το 3%. Μάλιστα, η ίδια έρευνα διαπιστώνει, ότι κατά την εξαετία 2012 - 2018 οι συνολικές ναυτιλιακές εκπομπές των παραπάνω αερίων (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> & N<sub>2</sub>O) αυξήθηκαν κατά σχεδόν 10%, με το διοξείδιο του άνθρακα να αποτελεί το 98% των αερίων αυτών (IMO, 2020).

Πέρα όμως από το παραπάνω μερίδιο συμμετοχής τους στην επιδείνωση των επιπτώσεων του φαινομένου του θερμοκηπίου σε παγκόσμια κλίμακα, τα ναυτιλιακά καύσιμα είναι σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό υπεύθυνα για την εκπομπή ορισμένων ατμοσφαιρικών ρύπων με εξαιρετικά επιβαρυντικές συνέπειες σε πιο τοπικό επίπεδο.

Συγκεκριμένα, στη ναυτιλιακή βιομηχανία αποδίδεται περίπου το 15% των παγκόσμιων εκπομπών οξειδίων του θείου και του αζώτου (IAPH, 2022). Στη φύση τα οξείδια του θείου ( $SO_x$ ) εκλύονται σε τεράστιες ποσότητες κατά την έκρηξη των ηφαιστειών. Στη ναυτιλία όμως, η εκπομπή οξειδίων του θείου, με κυρίαρχο το διοξείδιο του θείου ( $SO_2$ ), προκύπτει από την καύση των ναυτιλιακών ορυκτών καυσίμων. Την ίδια στιγμή, τα οξείδια του αζώτου ( $NO_x$ ) παράγονται από τη χημική ένωση οξυγόνου και αζώτου λόγω των πολύ υψηλών πιέσεων και θερμοκρασιών που αναπτύσσονται εντός των κυλίνδρων των πετρελαιομηχανών. Επιπλέον, στα ρυπογόνα υποπροϊόντα της καύσης των πετρελαιοειδών καυσίμων που συνιστούν σοβαρή περιβαλλοντική απειλή, περιλαμβάνονται οι πτητικές οργανικές ενώσεις (Volatile Organic Compounds - VOCs) και τα αιωρούμενα σωματίδια (Particulate Matter - PM). Τα τελευταία, ταξινομούνται βάσει του μεγέθους τους σε  $PM_{2.5}$  και  $PM_{10}$ , ανάλογα με το αν η διάμετρός τους είναι μικρότερη ή ίση από  $2.5\mu m$  ή  $10\mu m$  αντίστοιχα (Barberi et al., 2021).

Η έκθεση του ανθρώπινου οργανισμού σε υψηλές συγκεντρώσεις των παραπάνω ρύπων συνδέεται με μία σειρά από πολύ σοβαρές βλάβες στην υγεία των πληθυσμών που ζουν και εργάζονται σε περιοχές με πυκνή ναυτιλιακή κίνηση, όπως αυτές που γειτνιάζουν με μεγάλες λιμενικές εγκαταστάσεις. Πιο συγκεκριμένα, οι ατμοσφαιρικοί αυτοί ρύποι θεωρούνται υπεύθυνοι για πλήθος αναπνευστικών και καρδιαγγειακών νόσων, όπως δύσπνοια, άσθμα, βρογχίτιδα, βλάβες στους πνευμονικούς ιστούς, αποδυνάμωση του ανοσοποιητικού συστήματος και της φυσικής άμυνας του οργανισμού σε βακτήρια και ιούς, καρδιακή ανεπάρκεια, καρκίνο των πνευμόνων και πρόωρη θνησιμότητα (Corbett et al., 2007; Lam και Notteboom, 2014; Soni et al., 2018). Σε ετήσια βάση, εκτιμάται ότι οι εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων από τη ναυτιλιακή βιομηχανία προκαλούν περί τους 60.000 πρόωρους θανάτους παγκοσμίως (IAPH, 2022; Winkel et al., 2015), ενώ έρευνες που αφορούν στις μακροχρόνιες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, αναφέρονται σε πιθανή σύνδεση των ατμοσφαιρικών αυτών ρύπων με γενετικές ανωμαλίες και καρκινογενέσεις (Miola et al., 2010).

Παράλληλα με τη δυσμενή επίδραση τους στην υγεία των τοπικών πληθυσμών, η εκπομπή οξειδίων του θείου και του αζώτου προξενεί και ορισμένα οξεία περιβαλλοντικά προβλήματα σε ευρύτερη γεωγραφική κλίμακα. Η οξείδωση

ενώσεων του θείου και του αζώτου στην ατμόσφαιρα μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό της όξινης βροχής, με καταστροφικές συνέπειες για τα χερσαία και υδάτινα περιβάλλοντα (δάση, καλλιέργειες, λίμνες, ποτάμια), καθώς και για τη γλωρίδα και πανίδα που διαβιεί σε αυτά (Barberi et al., 2021). Επιπλέον, οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου μπορούν να προκαλέσουν περίσσεια θρεπτικών συστατικών σε υδάτινους όγκους, παράγοντας το φαινόμενο του ευτροφισμού. Το φαινόμενο αυτό επηρεάζει έντονα τη βιοποικιλότητα και αποβαίνει εξαιρετικά επιζήμιο για την εύθραυστη ισορροπία των οικοσυστημάτων (Miola et al., 2010).

Τέλος, στα αιωρούμενα σωματίδια (PM) που εκπέμπονται κατά την ατελή καύση ορυκτών καυσίμων, περιλαμβάνεται επίσης ο μαύρος άνθρακας (Black Carbon - BC). Πέρα από το γεγονός ότι αποτελεί ιδιαίτερα επιβλαβές παράγοντα για την ανθρώπινη υγεία, ο μαύρος άνθρακας παρουσιάζει τη δεύτερη ισχυρότερη επίδραση των ναυτιλιακών ατμοσφαιρικών ρύπων στην υπερθέρμανση του πλανήτη, μετά το διοξείδιο του άνθρακα (Serra και Fancello, 2020). Για το λόγο αυτό, και παρότι δε συγκαταλέγεται μεταξύ των αερίων του θερμοκηπίου, η τέταρτη μελέτη του IMO για τα GHG αναφέρεται για πρώτη φορά στις εκπομπές μαύρου άνθρακα, διαπιστώνοντας μάλιστα μία σημαντική αύξησή τους της τάξης του 12% στην εξαετία 2012 - 2018 (Psaraftis και Kontovas, 2021).

Στις προηγούμενες παραγράφους περιγράφηκαν αναλυτικά οι επιπτώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων που εκπέμπονται από τις προωστήριες μηχανές και τα βοηθητικά μηχανήματα των πλοίων που κινούνται και ελλιμενίζονται εντός των ορίων των λιμένων. Εκτός όμως από τα μεγάλα κρουαζιερόπλοια, δεξαμενόπλοια και φορτηγά που καταπλέουν στις προβλήτες, η εύρυθμη λειτουργία των ίδιων των λιμενικών εγκαταστάσεων απαιτεί τη χρήση ενός επιπλέον πλήθους από ιδιαίτερος ρυπογόνα σκάφη, οχήματα και μηχανήματα. Τα ρυμουλκά, που είναι απολύτως απαραίτητα για το χειρισμό και τους ελιγμούς των ποντοπόρων πλοίων στους στενούς διαύλους και τις λεκάνες των λιμανιών, διαθέτουν κινητήρες πολύ μεγάλης ιπποδύναμης και παράγουν υψηλά επίπεδα ρύπων. Την ίδια στιγμή, το σύνολο του χερσαίου εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για τη φορτοεκφόρτωση, τη διαχείριση και τη μετακίνηση των φορτίων σε αποθηκευτικές εγκαταστάσεις, όπως διάφορα είδη γερανών, conveyors, μπουλντόζες, ανυψωτικά οχήματα, συστήματα αντλιών κ.λπ., λειτουργεί επίσης σε πολύ μεγάλο βαθμό με τη χρήση ορυκτών καυσίμων.

Ακόμη, τα καυσαέρια που εκλύονται κατά τη φορτοεκφόρτωση οχηματαγωγών πλοίων, η σκόνη που παράγεται από τη διαχείριση των ξηρών χύδην φορτίων και από εργασίες καθαρισμού των χώρων του λιμανιού, οι ρύποι που εκπέμπονται κατά τη διάρκεια των εργασιών συντήρησης των υπαρχόντων υποδομών ή κατασκευής νέων, καθώς και από τη λειτουργία των ναυπηγοεπισκευαστικών ζωνών, είναι ορισμένες μόνο από τις πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης που οφείλονται στις δραστηριότητες των ίδιων των λιμανιών.

Σε ό,τι αφορά τη σύνδεση των λιμένων με την ενδοχώρα, οι εμπορευματικές αμαξοστοιχίες, τα σκάφη ώθησης ή ρυμούλκησης φορτηγίδων, αλλά κυρίως οι τεράστιοι και συχνά γερασμένοι στόλοι των βαρέων φορτηγών αυτοκινήτων που συρρέουν από και προς τα λιμάνια, είναι οι βασικοί ρυπαντές, τόσο με τα καυσαέρια που εκπέμπουν, όσο και με τη σκόνη που δημιουργεί η κίνησή τους. Το πρόβλημα αυτό είναι ιδιαίτερα οξύμενο στις πύλες εισόδου και εξόδου των λιμένων, όπου παρατηρείται συνήθως έντονη κυκλοφοριακή συμφόρηση (Zis, 2019).

Τέλος, σημαντικό παράγοντα της περεταίρω περιβαλλοντικής υποβάθμισης μιας ήδη επιβαρυσμένης περιοχής έρχονται να διαδραματίσουν οι βιομηχανίες μεγάλης κλίμακας, όπως διυλιστήρια και μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα, που συχνά λειτουργούν μέσα ή γύρω από τις λιμενικές εγκαταστάσεις. Η βαριά αυτή βιομηχανική δραστηριότητα συνοδεύεται συνήθως από υψηλή συγκέντρωση ατμοσφαιρικών ρύπων και έκλυση δυσάρεστων οσμών, ενώ ενέχει πάντα και τον περιορισμένο έστω κίνδυνο πρόκλησης ενός ατυχήματος που μπορεί να οδηγήσει στη διαρροή βλαβερών ή και τοξικών ουσιών.

## **2.2 Ρύπανση των υδάτων**

Μεταξύ των διαφόρων μορφών θαλάσσιας ρύπανσης που προξενούνται από τα πλοία που προσεγγίζουν και καταπλέουν σε ένα λιμάνι, εκείνη που ίσως τραβάει περισσότερο την προσοχή του ευρέος κοινού και τυγχάνει μεγαλύτερης προβολής είναι η ατυχηματική διαρροή μεγάλων ποσοτήτων πετρελαιοειδών ή χημικών ουσιών από δεξαμενόπλοια κατόπιν κάποιας σύγκρουσης, έκρηξης, προσάραξης ή οποιουδήποτε άλλου ατυχήματος που καταλήγει σε διαρροή φορτίου στη θάλασσα. Αντίστοιχα ατυχηματικού χαρακτήρα χαρακτηρίζονται και οι μικρότερης έκτασης

πετρελαιοκηλίδες που μπορεί να προκληθούν κατά τη φόρτωση ή εκφόρτωση δεξαμενοπλοίων, όπως και κατά τη διάρκεια εργασιών πετρέλευσης ή διάθεσης ελαιοειδών αποβλήτων, λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών, αστοχίας υλικών ή ανθρώπινου λάθους (Verbeeck και Hens, 2004). Ωστόσο, χάρη και στην ουσιαστική ενίσχυση του διεθνούς κανονιστικού πλαισίου που συντελέστηκε τις τελευταίες δεκαετίες, τόσο ως προς την κατασκευή των πλοίων, όσο και ως προς τις διαδικασίες ασφαλούς λειτουργίας τους, τα περιστατικά αυτά δεν είναι πλέον τόσο συχνά όσο άλλοτε.

Αντίθετα με ό,τι θα περίμενε κανείς και παρόλη τη δημοσιότητα που κερδίζουν τα μεγάλα ναυτικά ατυχήματα, αυτή που προκαλεί την κύρια και σταθερή υποβάθμιση του υδάτινου περιβάλλοντος μέσα και γύρω από τα λιμάνια, δεν είναι η ατυχηματική, αλλά η λειτουργική ρύπανση. Σε αυτήν περιλαμβάνεται η απόρριψη στη θάλασσα υδάτων αναμεμιγμένων με ελαιώδη κατάλοιπα από τους υδροσυλλέκτες (σεντίνες) των πλοίων, υπολειμμάτων των χύδην ξηρών φορτίων, στερεών απορριμμάτων (σκουπίδια), αλλά και λυμάτων από τις αποχετεύσεις των πλοίων. Οι απορρίψεις αυτές ενδέχεται να περιλαμβάνουν οργανικά, βιολογικά, χημικά ή και τοξικά απόβλητα (Cusano, 2013).

Μία ακόμη πολύ σοβαρή μορφή ρύπανσης της θαλάσσιας περιοχής των λιμένων που οφείλεται στη λειτουργία των πλοίων, αποτελεί η μεταφορά μικροοργανισμών από τα λιμάνια εκφόρτωσης στα λιμάνια φόρτωσης μέσω του θαλάσσιου έρματος. Προκειμένου να επιτύχουν το απαιτούμενο βύθισμα και την επιθυμητή διαγωγή, έτσι ώστε να εξασφαλίσουν την απαραίτητη ευστάθεια για το θαλάσσιο ταξίδι τους, τα πλοία κατά τη διάρκεια της εκφόρτωσης γεμίζουν τις δεξαμενές έρματος με θαλασσινό νερό από το λιμάνι που βρίσκονται. Αντίστοιχα, το νερό αυτό απορρίπτεται κατά τη φόρτωση του πλοίου στον επόμενο λιμένα. Αυτή η απαραίτητη για την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας διαδικασία ρουτίνας αποβαίνει εξαιρετικά επιβλαβής για το τοπικό θαλάσσιο περιβάλλον. Ο αφερματισμός μεγάλων ποσοτήτων θαλάσσιου ύδατος, που έχει αντληθεί σε πολύ μακρινές γεωγραφικές περιοχές, έχει σαν αποτέλεσμα την εισβολή χιλιάδων αλλόχθονων ειδών, που με τη σειρά τους διαταράσσουν την ισορροπία των τοπικών θαλάσσιων οικοσυστημάτων προκαλώντας εκτεταμένες καταστροφές, με τεράστιο οικολογικό και οικονομικό αντίκτυπο (Bergqvist και Monios, 2019).



Επιπλέον, σε πολλά λιμάνια εντοπίζονται ακόμη υψηλές συγκεντρώσεις τοξικών ουσιών (όπως TBT) που μέχρι πρόσφατα χρησιμοποιούνταν ευρέως ως συστατικά των υφαλοχρωμάτων (Ng και Song, 2010). Πρόκειται για ειδικά χρώματα με τα οποία επικαλύπτεται ολόκληρη η επιφάνεια της γάστρας του πλοίου που μπορεί να βρεθεί κάτω από την ίσαλο γραμμή (κάτω από τις γραμμές φόρτωσης), με σκοπό την αποτροπή της προσκόλλησης θαλάσσιας χλωρίδας και πανίδας στα ύφαλα του πλοίου. Με τη χρήση υφαλοχρωμάτων εξασφαλίζεται η καθαρότητα της γάστρας και επιτυγχάνεται βελτίωση της ταχύτητας του πλοίου, εξοικονόμηση καυσίμων, μείωση των εξόδων δεξαμενισμού, αλλά και πρόληψη της μεταφοράς θαλάσσιων ειδών σε νέες περιοχές. Ωστόσο, η ουσία TBT, που χρησιμοποιήθηκε ευρέως για την κατασκευή υφαλοχρωμάτων καθ' όλο το δεύτερο μισό του 20<sup>ου</sup> αιώνα, αναγνωρίστηκε ως ένα από τα πλέον τοξικά και δηλητηριώδη υλικά που εισάγονται εκούσια στη θάλασσα, καταστρέφοντας πλήθος θαλάσσιων οργανισμών (Panigada et al., 2008). Το πρόβλημα αυτό έχει περιοριστεί σημαντικά μετά την υιοθέτηση της σχετικής σύμβασης από τον IMO το 2001, που απαγορεύει τη χρήση βλαβερών ουσιών στη σύνθεση των υφαλοχρωμάτων.

Πέρα όμως από τα προβλήματα που δημιουργεί η παρουσία των πλοίων, οι δραστηριότητες των ίδιων των λιμένων δεν είναι λιγότερο επιβαρυντικές για το θαλάσσιο περιβάλλον. Προκειμένου να διατηρούν τη δυνατότητα εξυπηρέτησης όλο και μεγαλύτερων πλοίων, τα λιμάνια χρειάζεται να προβαίνουν τακτικά σε εργασίες εκβάθυνσης ή και συντήρησης του βάθους και του πλάτους των διαύλων ναυσιπλοΐας, μέσω των οποίων τα πλοία με μεγάλο βύθισμα εισέρχονται και εξέρχονται από το λιμάνι. Οι εργασίες αυτές προκαλούν σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας και της καθαρότητας του νερού (Gupta et al., 2005).

Τη θαλάσσια ρύπανση που προέρχεται αποκλειστικά από τις λιμενικές δραστηριότητες συμπληρώνουν φυσικά οι κάθε είδους ατυχηματικές ή λειτουργικές διαρροές και απορρίψεις βλαβερών υλικών από τις προβλήτες φορτοεκφόρτωσης, τις ναυπηγοεπισκευαστικές ζώνες και τις κατασκευαστικές εργασίες συντήρησης και επέκτασης των υποδομών. Τα λύματα από τις βιομηχανικές μονάδες που λειτουργούν κοντά ή μέσα στις λιμενικές εγκαταστάσεις, επιδεινώνουν την ήδη επιβαρυσμένη κατάσταση.

### **2.3 Ρύπανση του εδάφους**

Η ρύπανση τόσο του εδάφους, όσο και του πυθμένα στην περιοχή του λιμένα, αποδίδεται επίσης στην διαρροή και απόρριψη ελαιωδών μιγμάτων και στερεών απορριμμάτων, που παράγονται είτε από τα πλοία είτε από τις λιμενικές εγκαταστάσεις και τον εξοπλισμό διαχείρισης των φορτίων. Όπως είναι φυσικό, τα υλικά αυτά, όπως και τα υπολείμματα χύδην ξηρών φορτίων στις προβλήτες, προκαλούν μόλυνση του εδάφους, καταστροφή της τοπικής χλωρίδας και δυσάρεστες οσμές στην ευρύτερη περιοχή (Lam και Notteboom, 2014).

Επιπλέον, η μόλυνση της εξωτερικής επιφάνειας του πυθμένα της θάλασσας, δημιουργεί το πρόβλημα της αναζήτησης κατάλληλων χώρων για την εναπόθεση της λάσπης που ανασύρεται από το βυθό κατά τις εργασίες εκβάθυνσης και διαπλάτυνσης των διαύλων ναυσιπλοΐας. Το ζήτημα αυτό αποδεικνύεται αρκετά σοβαρό, καθώς πρόκειται για ιδιαίτερα επιβαρυμένα ιζήματα, που απαιτούν πολύ προσεκτική διαχείριση (Gupta et al., 2005).

Τέλος, την υποβάθμιση της ποιότητας του εδάφους και του πυθμένα από την καθημερινή λειτουργία των πλοίων και των λιμενικών εγκαταστάσεων έρχονται να συμπληρώσουν, η απόρριψη ακατέργαστων υδάτων και επικίνδυνων αποβλήτων από τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, η ρύπανση με υλικά από εργασίες κατασκευών και επεκτάσεων υποδομών και ανωδομών, καθώς και η διαρροή λιπαντικών ή και φορτίων από τα φορτηγά και τα βυτιοφόρα που κινούνται από και προς την ενδοχώρα (Notteboom και Pallis, 2022).

### **2.4 Ηχορύπανση και οπτική ρύπανση**

Η ποιότητα της ζωής τόσο των εργαζομένων στους λιμένες, όσο και των κατοίκων των γύρω αστικών περιοχών, επηρεάζεται σημαντικά και από μία συχνά υποτιμημένη μορφή ρύπανσης: τον έντονο και διαρκή θόρυβο που προκαλεί η ακατάπαυστη λιμενική δραστηριότητα (Trozzi και Vaccaro, 2000). Μεταξύ των πιο συνηθισμένων και καθημερινών πηγών ηχορύπανσης περιλαμβάνονται η γενική κυκλοφορία των πλοίων και η λειτουργία των βοηθητικών τους μηχανημάτων όταν παραμένουν στις προβλήτες, η δραστηριότητα των μηχανημάτων και του

εξοπλισμού του λιμένας για τη διαχείριση των φορτίων, η κίνηση των σιδηροδρομικών συρμών και ακόμη περισσότερο η κυκλοφορία των βαρέων οχημάτων στους δρόμους μέσα και γύρω από το λιμάνι, η λειτουργία των μεγάλων βιομηχανικών μονάδων και των ναυπηγοεπισκευαστικών ζωνών, η πραγματοποίηση διαφόρων κατασκευαστικών εργασιών κ.α. (Cusano, 2013).

Την ίδια στιγμή, η βιομηχανική όψη των τεράστιων ανωδομών και των γιγαντιαίων γερανών, η αποκαρδιωτική εικόνα των καυσαερίων, των απορριμμάτων και των συσσωρευμένων φορτίων και εμπορευματοκιβωτίων, αλλά και η αυξημένη φωτορύπανση που επικρατεί κατά τις νυχτερινές ώρες, συνδιαμορφώνει μια εξαιρετικά δυσάρεστη πραγματικότητα για τους γύρω πληθυσμούς. Συνολικά, η συνεχής αυτή οπτική και ακουστική ρύπανση συνεπάγεται για τους εργαζόμενους στα λιμάνια και τους κατοίκους των πλησιέστερων συνοικιών μία έντονα αγχωτική καθημερινότητα, ικανή να προξενήσει από απλή ενόχληση, μέχρι και σοβαρά προβλήματα σωματικής και ψυχικής υγείας, όπως διαταραχές ακοής, υπέρταση, απώλεια ύπνου, μειωμένη απόδοση, έντονο στρες ή ακόμη και επιθετικές συμπεριφορές (Zis, 2019).

## **2.5 Λοιπά ζητήματα**

Ολοκληρώνοντας αυτήν την αναφορά στις διάφορες μορφές ρύπανσης που σχετίζονται με τη συνολική λειτουργία των λιμένων, αξίζει να γίνει μία σύντομη αναφορά σε δύο ακόμη ζητήματα που δεν είναι λιγότερο σοβαρά από όσα έχουν ήδη περιγραφεί.

Το πρώτο αφορά στην απειλή που συνιστούν οι λιμενικές δραστηριότητες για τη διατήρηση της τοπικής βιοποικιλότητας. Οι εργασίες εκβάθυνσης των διαύλων ναυσιπλοΐας και οι επεκτάσεις ή κατασκευές νέων λιμενικών υποδομών αλλοιώνουν τη μορφολογία της ακτογραμμής και του βυθού, καταστρέφοντας υδροβιότοπους, ιχθυοκαλλιέργειες και παραλίες αναψυχής (Gupta et al., 2005). Επιπλέον, οι δραστηριότητες αυτές δημιουργούν στάσιμα ύδατα, που σε συνδυασμό με ορισμένους τύπους θαλάσσιας και ατμοσφαιρικής ρύπανσης που αναφέρθηκαν παραπάνω παράγουν το φαινόμενο του ευτροφισμού, προξενώντας ανεπανόρθωτες βλάβες στα τοπικά οικοσυστήματα.

Ανάλογες επιπτώσεις στη θαλάσσια χλωρίδα και πανίδα προκαλεί και η παρουσία των πλοίων. Πέρα από τις διάφορες μορφές λειτουργικής ρύπανσης που ήδη αναπτύχθηκαν, οι κινήσεις και μόνο των πλοίων, όπως οι διάφοροι ελιγμοί και η αγκυροβόλησή τους επηρεάζουν με ποικίλους τρόπους την υποβρύχια ζωή. Οι Panigada et al. (2008) για παράδειγμα εστιάζουν στην υποβάθμιση των υδροβιότοπων εξαιτίας της υποθαλάσσιας ηχορύπανσης. Δεδομένου ότι ο ήχος ταξιδεύει στο νερό πολύ ταχύτερα από ό,τι στον αέρα και μεταδίδεται σε πολύ μεγαλύτερες αποστάσεις, ο έντονος υποβρύχιος θόρυβος που παράγεται από την κυκλοφορία των πλοίων, σε περιοχές με αυξημένη θαλάσσια κυκλοφορία, μπορεί να αποτελέσει σοβαρή απειλή για ολόκληρους πληθυσμούς θαλασσιών ειδών, αναγκάζοντάς τα να εγκαταλείψουν τους βιότοπούς τους ή να παρεκκλίνουν από τις συνήθεις μεταναστευτικές τους διαδρομές.

Το δεύτερο θέμα που δεν έχει ακόμα αναφερθεί και συνδέεται με τρόπο έμμεσο, αλλά επιτακτικό με την περιβαλλοντική διαχείριση των λιμενικών δραστηριοτήτων, είναι οι τεράστιες ποσότητες ενέργειας που απαιτούνται για τη λειτουργία των λιμένων και η ανεξέλεγκτη κατανάλωση των φυσικών πόρων (Sogut και Erdogan, 2022). Τα λιμάνια χαρακτηρίζονται συνήθως από τη γεωγραφική συγκέντρωση δραστηριοτήτων πολύ υψηλής ενεργειακής ζήτησης. Το γεγονός ότι στην πλειονότητα των περιπτώσεων η ενέργεια αυτή παράγεται από ορυκτά καύσιμα, επιτείνει τόσο το πρόβλημα της υπερθέρμανσης του πλανήτη, όσο και εκείνο της σταδιακής εξάντλησής τους (Acciaro et al., 2014a).

### **3. Αναζήτηση λύσεων**

Η αναγνώριση της σοβαρότητας των προβλημάτων που γεννά η λειτουργία των λιμένων οδήγησε τη διεθνή ναυτιλιακή κοινότητα στην αναζήτηση των κατάλληλων προσεγγίσεων για την αποτελεσματική αντιμετώπισή τους. Οι στρατηγικές και οι πρακτικές που προτάθηκαν και εφαρμόζονται μέχρι σήμερα, παρουσιάζονται στην ενότητα αυτή, οργανωμένες σε τρεις άξονες. Αρχικά, περιγράφονται οι προσπάθειες διεθνών και περιφερειακών οργανισμών να θέσουν και να επιβάλουν ένα πλαίσιο υποχρεωτικών κανόνων, εν συνεχεία παρατίθεται μια

σειρά από διεθνείς συνδέσμους λιμένων που συνεργάζονται στην ανάπτυξη περιβαλλοντικών προγραμμάτων και πρωτοβουλιών και εν τέλει απαριθμούνται οι μέθοδοι και τα εργαλεία που υιοθετούνται και χρησιμοποιούνται ήδη από πολλές λιμενικές αρχές για την επίτευξη των περιβαλλοντικών τους στόχων.

### **3.1 Διεθνές και περιφερειακό ρυθμιστικό πλαίσιο**

Λόγω της ιδιαίτερης φύσης τους, οι θαλάσσιες μεταφορές αποτελούν τον πλέον παγκοσμιοποιημένο τομέα της οικονομίας, αφού μία απλή εμπορική συναλλαγή μπορεί να εμπλέκει ανθρώπους και κεφάλαια από πάρα πολλές χώρες. Ας φανταστούμε για παράδειγμα ένα ελληνόκτητο πλοίο χτισμένο στην Κορέα, νηολογημένο στον Παναμά και ασφαλισμένο στο Ηνωμένο Βασίλειο, το οποίο διαχειρίζεται μία εταιρεία από τη Δανία, που απασχολεί Φιλιππινέζους ναυτικούς μέσω ενός κυπριακού πρακτορείου πληρωμάτων και έχει ναυλωθεί από μία ελβετική εταιρεία για τη μεταφορά γερμανικών προϊόντων από την Ολλανδία στην Αργεντινή, μέσω λιμανιών, η διαχείριση των οποίων έχει παραχωρηθεί σε εταιρείες από το Χονγκ Κονγκ και την Αυστραλία (Hoffman και Kumar, 2010). Γίνεται λοιπόν φανερό ότι η ευθύνη για τη θέσπιση και εφαρμογή ενός κανονιστικού πλαισίου για την ασφαλή και βιώσιμη λειτουργία της ναυτιλιακής βιομηχανίας δε θα μπορούσε να περιορίζεται σε μεμονωμένα κράτη, αλλά απαιτεί τη διεθνή συνεργασία κυβερνήσεων και εμπλεκόμενων φορέων για τη σύσταση και ενεργοποίηση διακρατικών μηχανισμών επιβολής κανόνων και πολιτικών.

#### **3.1.1 Ο Ι.Μ.Ο.**

Σε παγκόσμιο λοιπόν επίπεδο, ο οργανισμός που έχει από την ίδρυσή του αναλάβει το ρόλο της υιοθέτησης διεθνών προτύπων για την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας και την πρόληψη της θαλάσσιας και ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία, δεν είναι άλλος από το Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (ΙΜΟ). Μέσω του σχεδιασμού και της ψήφισης συμβάσεων που τα κράτη - μέλη του καλούνται να κυρώσουν, ο ΙΜΟ είναι αυτός που καθορίζει το ρυθμιστικό πλαίσιο, εντός του οποίου οφείλει να λειτουργεί η παγκόσμια ναυτιλία. Μία από τις πέντε κύριες

επιτροπές του IMO είναι η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (Marine Environmental Protection Committee - MEPC) που ασχολείται με θέματα πρόληψης της ρύπανσης από τα πλοία. Από την επιτροπή αυτή αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1970 η Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από τα Πλοία (MARPOL), με σκοπό τη ρύθμιση ζητημάτων σχετικά με τη λειτουργική και ατυχηματική ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος από τη ναυτιλιακή δραστηριότητα (Serra και Fancello, 2020).

Με την ενεργοποίησή της το 1983 και την προσθήκη επιπλέον παραρτημάτων τα επόμενα χρόνια, η διεθνής αυτή σύμβαση εισήγαγε μια ολοκληρωμένη σειρά μέτρων για τον περιορισμό της θαλάσσιας ρύπανσης από την απόρριψη πετρελαιοειδών (Annex I), υγρών και συσκευασμένων επιβλαβών ουσιών (Annex II & III), λυμάτων (Annex IV) και στερεών απορριμμάτων (Annex V), ενώ ο έλεγχος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα καυσαέρια των πλοίων επιχειρείται με την επέκταση του πεδίου εφαρμογής της μέσω ενός πρόσθετου παραρτήματος (Annex VI), που τέθηκε σε ισχύ το 2005. Σε αυτό το έκτο παράρτημα της MARPOL καθιερώθηκαν τα πρότυπα για τη σταδιακή ελάττωση των εκπομπών οξειδίων του θείου ( $SO_x$ ), οξειδίων του αζώτου ( $NO_x$ ) και σωματιδίων (PM) από τα ποντοπόρα πλοία. Ειδικότερα, επιλέχθηκε η προοδευτική μείωση της μέγιστης επιτρεπόμενης περιεκτικότητας των ναυτιλιακών καυσίμων σε θείο, στο 3,5% από 01/01/2012 και στο 0,5% από 01/01/2020 (Bergqvist και Monios, 2019). Επιπλέον, καθορίστηκε ένα υψηλότερο επίπεδο προστασίας συγκεκριμένων περιοχών ελέγχου εκπομπών (Emission Control Areas - ECA), εντός των οποίων το ανώτατο όριο περιεκτικότητας θείου τέθηκε στο 1% από 01/07/2010 και στο 0,1% από 01/01/2015. Οι ειδικές αυτές ζώνες καλύπτουν τη Βόρεια και τη Βαλτική θάλασσα, καθώς και τις ακτές της βόρειας Αμερικής (Ashrafi et al., 2020).

Η συμμόρφωση με τους παραπάνω κανονισμούς υποχρέωσε τις ναυτιλιακές εταιρείες να επιλέξουν μεταξύ είτε της χρήσης ακριβότερου καυσίμου χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, όπως το Marine Gas Oil (MGO), είτε της επένδυσης στην εγκατάσταση συστημάτων επεξεργασίας των καυσαερίων για την αφαίρεση των εκπομπών  $SO_x$  και PM (Scrubber), είτε της ναυπήγησης πλοίων που κινούνται με LNG ή άλλα εναλλακτικά καύσιμα (ITF/OECD, 2016). Η επιβολή των μέτρων αυτών αναμένεται να έχει πολύ σημαντικά οφέλη στην υγεία των πληθυσμών

περιοχών με μεγάλη ναυτιλιακή κίνηση, όπως είναι τα λιμάνια. Οι Sofiev et al. (2018) εκτιμούν ότι η εφαρμογή των παραπάνω προτύπων θα επιφέρει μείωση των εκπομπών διοξειδίου του θείου από την παγκόσμια ναυτιλία κατά 75%, ενώ η πρόωρη θνησιμότητα και η νοσηρότητα που σχετίζονται με τις εκπομπές αυτές θα ελαττωθούν κατά 34% και 54% αντίστοιχα. Ωστόσο, και παρά τα ενθαρρυντικά αυτά αποτελέσματα, η ναυτιλιακή δραστηριότητα εξακολουθεί να αποτελεί σημαντική πηγή ατμοσφαιρικών ρύπων και η αναζήτηση μέτρων για την περαιτέρω μείωσή τους κρίνεται επιτακτική.

Σε ό,τι αφορά τον έλεγχο των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), κατά την 62<sup>η</sup> συνεδρίαση της Επιτροπής Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) τον Ιούλιο του 2011, ο IMO προχώρησε στην εισαγωγή ενός νέου κεφαλαίου (Chapter 4) στο έκτο παράρτημα της MARPOL, που χαρακτηρίστηκε ως η πρώτη παγκοσμίως δέσμη υποχρεωτικών κανονισμών, με στόχο τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG). Πρόκειται για την υιοθέτηση του Δείκτη Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (Energy Efficiency Design Index - EEDI) για κάθε νεότευκτο πλοίο και του Σχεδίου Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης Πλοίων (Ship Energy Efficiency Management Plan - SEEMP) για όλα τα πλοία, με ισχύ από 01/01/2013 (Psaraftis και Kontovas, 2021).

Ο Energy Efficiency Design Index (EEDI) είναι ένας δείκτης που μετράει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ενός πλοίου ανά απόσταση ταξιδιού σε μίλια και χωρητικότητα πλοίου σε τόνους (γραμμάρια CO<sub>2</sub> ανά τονο-μίλια). Ουσιαστικά ο EEDI παρέχει ένα ελάχιστο επίπεδο ενεργειακής απόδοσης που απαιτείται για κάθε πλοίο, ανάλογα με το μέγεθος και τον τύπο του, και το οποίο μπορεί να επιτευχθεί με τεχνικά και σχεδιαστικά μέσα, όπως η βελτίωση της απόδοσης των προωστήριων μηχανών ή ο καλύτερος σχεδιασμός της γάστρας. Το ελάχιστο αυτό απαιτούμενο όριο αυστηροποιείται προοδευτικά κάθε πέντε χρόνια, αναγκάζοντας έτσι τη ναυτιλιακή βιομηχανία να αναζητήσει και να αναπτύξει νέες τεχνολογικές και σχεδιαστικές καινοτομίες, που θα συμβάλλουν στη βελτίωση της ενεργειακής και περιβαλλοντικής απόδοσης ενός πλοίου (Bouman et al., 2017). Ο δείκτης EEDI δεν είναι δεσμευτικός ως προς τα μέσα και τις τεχνολογίες που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για κάθε πλοίο. Αντίθετα, οι ναυπηγοί και οι πλοιοκτήτες είναι ελεύθεροι να επιλέξουν τις πιο συμφέρουσες οικονομικά λύσεις για την επίτευξη

υψηλότερων επιπέδων απόδοσης και τη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις (Shi, 2016). Συνολικά, στόχο του EEDI αποτελεί η ενθάρρυνση της συνεχούς βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων και κατά συνέπεια η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου.

Παράλληλα με τον EEDI, ο IMO επέβαλε την υποχρεωτική τήρηση από όλα τα υπάρχοντα και νέα πλοία άνω των 400 τόνων ολικής χωρητικότητας του Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP). Πρόκειται για έναν ευέλικτο επιχειρησιακό μηχανισμό που αποσκοπεί στην ενεργειακή αναβάθμιση των πλοίων μέσω της εφαρμογής οικονομικά αποδοτικών μέτρων και πολιτικών διαχείρισης. Με τη βοήθεια του SEEMP παρέχεται στους πλοιοκτήτες και τις διαχειρίστριες εταιρείες η δυνατότητα να παρακολουθούν την ενεργειακή απόδοση των πλοίων του στόλου τους με το πέρασμα του χρόνου, έτσι ώστε να είναι σε θέση να λαμβάνουν τις βέλτιστες αποφάσεις, επιλέγοντας τις οικονομικά αποδοτικότερες λύσεις. Το Σχέδιο οργανώνεται σε τέσσερα διακριτά στάδια: του σχεδιασμού, της εφαρμογής, της παρακολούθησης και της αυτοαξιολόγησης. Προτείνοντας συγκεκριμένα μέτρα, διαδικασίες και πρακτικές για κάθε ένα από τα στάδια αυτά, το SEEMP υποχρεώνει τις ναυτιλιακές εταιρείες να αξιολογήσουν και να επιλέξουν τις καταλληλότερες νέες τεχνολογίες και πολιτικές για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων που διαχειρίζονται (Shi, 2017). Όπως γίνεται αντιληπτό, βασική επιδίωξη και αυτού του εργαλείου αποτελεί ο περιορισμός των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, μέσω της μείωσης της κατανάλωσης καυσίμου.

Επόμενο σταθμό στην προσπάθεια του IMO να ελέγξει τις εκπομπές ρύπων που συνδέονται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, αποτέλεσε η υιοθέτηση το 2018 της αρχικής στρατηγικής για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία (Initial IMO GHG Strategy). Λίγα χρόνια νωρίτερα, το Δεκέμβριο του 2015, 196 κράτη κατέληξαν στη συμφωνία του Παρισιού για την κλιματική αλλαγή, που έθεσε ως στόχο τη συγκράτηση της ανόδου της παγκόσμιας θερμοκρασίας αρκετά κάτω από τους 2 βαθμούς Κελσίου, σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα. Αποσκοπώντας στην ουσιαστική συμβολή της ναυτιλιακής βιομηχανίας στην επίτευξη των στόχων της συμφωνίας του Παρισιού, ο IMO καθόρισε με την αρχική στρατηγική του 2018 τους δικούς του ανάλογους στόχους. Θέτοντας ως έτος αναφοράς το 2008, η αρχική στρατηγική προέβλεπε την ελάττωση των συνολικών



ετήσιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την παγκόσμια ναυτιλία κατά 50% μέχρι το 2050 (Serra και Fancello, 2020). Πηγαίνοντας ένα βήμα παραπέρα, η αναθεωρημένη στρατηγική που υιοθετήθηκε από την 80<sup>η</sup> συνεδρίαση της MEPC τον Ιούλιο του 2023, έθεσε ως νέο στόχο την επίτευξη μηδενικών εκπομπών ρύπων GHG από τη ναυτιλία έως ή περί το 2050, ορίζοντας μάλιστα ως ενδεικτικά χρονικά ορόσημα, τη μείωση των ετήσιων ναυτιλιακών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% με 30% ως το 2030 και κατά 70% με 80% ως το 2040, σε σύγκριση πάντα με το 2008 (IMO, 2023).

Για την υλοποίηση των παραπάνω φιλόδοξων στόχων, η αρχική στρατηγική του IMO πρότεινε μία σειρά από τεχνικά και επιχειρησιακά μέτρα με εφαρμογή σε βραχυπρόθεσμο (2018 - 2023), μεσοπρόθεσμο (2023 - 2030) και μακροπρόθεσμο (2030 - 2050) ορίζοντα. Στο πλαίσιο των βραχυπρόθεσμων μέτρων, το 2021 υιοθετήθηκε από την 76<sup>η</sup> MEPC η εισαγωγή δύο νέων εργαλείων, του Δείκτη Ενεργειακής Απόδοσης Υπαρχόντων πλοίων (Energy Efficiency Existing Ship Index - EEXI) και του Δείκτη Έντασης Άνθρακα (Carbon Intensity Indicator - CII), που τέθηκαν σε εφαρμογή από 01/01/2023. Ο δείκτης EEXI αντικατοπτρίζει την ενεργειακή απόδοση των πλοίων μέσω της εφαρμογής τεχνικών και σχεδιαστικών μέτρων, τη στιγμή που ο CII παρέχει κίνητρα για τη βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης με λειτουργικά μέσα (Alamoush et al., 2022). Οι δύο παραπάνω δείκτες βασίζονται στη επιδίωξη στόχων, χωρίς να επιβάλλουν συγκεκριμένα μέτρα για την επίτευξή τους, αφήνοντας στους πλοιοκτήτες και τις διαχειρίστριες εταιρίες τη διακριτική ευχέρεια να επιλέγουν όποια μέτρα κρίνουν εκείνοι αποτελεσματικότερα και οικονομικά αποδοτικότερα για τα πλοία τους (Psaraftis και Zis, 2021).

Αναφορικά με το ρυθμιστικό πλαίσιο που έχει αναπτύξει ο IMO για την αντιμετώπιση της ρύπανσης των υδάτων, τα πέντε πρώτα παραρτήματα της MARPOL, όπως έχει ήδη αναφερθεί, θέτουν τους κανόνες για τον έλεγχο της απόρριψης πετρελαιοειδών, χημικών ουσιών, λυμάτων και στερεών απορριμμάτων από τα πλοία, επιβάλλοντας παράλληλα υποχρεώσεις για την παροχή των ανάλογων ευκολιών υποδοχής στα λιμάνια και τους τερματικούς σταθμούς (Notteboom και Pallis, 2022). Εκτός όμως από την ψήφιση της MARPOL και των παρατημάτων της, ο IMO έχει προχωρήσει στην υιοθέτηση και άλλων συμβάσεων και πρωτοκόλλων για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών ζητημάτων που παρουσιάστηκαν στην

προηγούμενη ενότητα. Ενδεικτικά αξίζει να αναφερθούν η υιοθέτηση της σύμβασης για τον έλεγχο των επιβλαβών ουσιών στη σύσταση των υφαλοχρωμάτων το 2001, καθώς και της σύμβασης για τον έλεγχο και τη διαχείριση του θαλάσσιου έρματος το 2004 (Barberi et al., 2021).

### **3.1.2 Η Ευρωπαϊκή Ένωση**

Το διεθνές κανονιστικό πλαίσιο για τη λειτουργία της ναυτιλιακής βιομηχανίας που καθορίζεται από τον IMO, συμπληρώνεται σε περιφερειακό επίπεδο από διάφορους κυβερνητικούς και διακυβερνητικούς φορείς, που επιβάλλουν τους δικούς τους κανονισμούς και πολιτικές για την περιβαλλοντική απόδοση των λιμένων της περιοχής τους, καθώς και των πλοίων που καταπλέουν και ελλιμενίζονται σε αυτούς. Χαρακτηριστικότερο παράδειγμα τέτοιου διακρατικού ρυθμιστικού φορέα που επηρεάζει άμεσα την περιβαλλοντική διαχείριση πλοίων και λιμένων αποτελεί η Ευρωπαϊκή Ένωση. Πρωτοστατώντας στον καθορισμό υψηλών περιβαλλοντικών στόχων, υιοθετεί και αναθεωρεί όποτε κρίνεται απαραίτητο, ποικίλες οδηγίες (directives), για την επίτευξή τους. Ενδεικτικά, αξίζει να γίνει αναφορά στην Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία (European Green Deal), ένα σύνολο πολιτικών πρωτοβουλιών με διακηρυγμένο στόχο να γίνει η Ευρώπη η πρώτη κλιματικά ουδέτερη ήπειρος στον κόσμο. Στην κατεύθυνση αυτή, έχει τεθεί ο ενδιάμεσος στόχος της μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 55% μέχρι το 2030, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Λαμβάνοντας υπόψη την αναφορά της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά την τριετία 2018 - 2021, σύμφωνα με την οποία οι θαλάσσιες μεταφορές αντιπροσωπεύουν το 3% με 4% των εκπομπών αυτών στην Ευρωπαϊκή Ένωση (European Commission, 2023), γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η συμμετοχή τόσο του ναυτιλιακού, όσο και του λιμενικού τομέα στην προσπάθεια υλοποίησης των στόχων του European Green Deal είναι αποφασιστικής σημασίας.

Σε αυτό το πλαίσιο, οι πλέον πρόσφατες εξελίξεις περιλαμβάνουν την απόφαση για την ένταξη της διεθνούς ναυτιλίας στο ευρωπαϊκό σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (EU ETS) από τον Ιανουάριο του 2024, καθώς και την έγκριση το Μάρτιο του 2023 του κανονισμού Fuel EU Maritime, ο οποίος

θεσπίζοντας ανώτατα όρια στην περιεκτικότητα των ναυτιλιακών καυσίμων σε αέρια του θερμοκηπίου για πλοία που καταπλέουν σε ευρωπαϊκά λιμάνια, διασφαλίζει την προοδευτική μείωση των εκπομπών αυτών και την προώθηση της χρήσης καθαρότερων καυσίμων και μορφών ενέργειας. Στην ίδια προσπάθεια εντάσσεται και η αναθεώρηση του κανονισμού MRV Maritime, που προβλέπει διαδικασίες για την παρακολούθηση, αναφορά και επαλήθευση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από πλοία άνω των 5000 τόνων ολικής χωρητικότητας που ελλιμενίζονται σε λιμάνια της ευρωπαϊκής οικονομικής ζώνης. Τέλος, στην επιτάχυνση της προσπάθειας μετάβασης σε εναλλακτικά καύσιμα και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποσκοπούν και οι προτάσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για αναθεώρηση τόσο της οδηγίας για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων, όσο και της οδηγίας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Renewable Energy Directive - Red) (European Commission, 2023).

## **3.2 Διεθνείς σύνδεσμοι λιμένων**

Πέρα από τους κανονισμούς και τις πολιτικές που επιβάλλουν ο IMO, η Ευρωπαϊκή Ένωση και άλλοι εθνικοί και περιφερειακοί ρυθμιστικοί φορείς, μία σειρά από συνδέσμους λιμένων που μοιράζονται κοινές επιδιώξεις και οράματα, έχουν σχηματιστεί και αναπτύσσουν σχέδια και πρωτοβουλίες με στόχο τη μετάβαση σε πιο βιώσιμα μοντέλα ανάπτυξης.

### **3.2.1 Ευρώπη**

Στην Ευρώπη, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Λιμένων (European Sea Ports Organisation - ESPO), από την ίδρυσή του το 1993, προωθεί στα ευρωπαϊκά θεσμικά όργανα πολιτικές και κατευθύνσεις για την επίτευξη ενός ασφαλούς, αποδοτικού και περιβαλλοντικά βιώσιμου ευρωπαϊκού λιμενικού τομέα. Η τελευταία έκδοση του Πράσινου Οδηγού (Green Guide) του ESPO αποτελεί ένα πρακτικό, επεξηγηματικό εγχειρίδιο, που αναλύοντας ξεχωριστά τις ευθύνες της λιμενικής αρχής, των εμπλεκόμενων φορέων που δραστηριοποιούνται στην περιοχή του λιμένα, αλλά και της κοινότητας που τον περιβάλλει, αναζητά και αναδεικνύει τρόπους θετικής

συνεισφοράς του λιμενικού τομέα στην πορεία της ευρύτερης οικονομίας προς ένα πιο πράσινο μέλλον, ενώ συνοδεύεται και από μια εκτενή βάση δεδομένων με περισσότερα από 60 παραδείγματα πράσινων πρακτικών από ευρωπαϊκά λιμάνια (ESPO, 2021).

Στον κορμό του ESPO ενσωματώθηκε πλήρως το 2011 η EcoPorts, μία περιβαλλοντική πρωτοβουλία που ξεκίνησε το 1997 με στόχο την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των ευρωπαϊκών λιμένων και τη συνεχή βελτίωση της περιβαλλοντικής τους απόδοσης. Αριθμώντας σήμερα 91 μέλη από 26 διαφορετικές χώρες της Ευρώπης (EcoPorts, 2023a), το δίκτυο EcoPorts καταφέρνει να επιδεικνύει υψηλά επίπεδα περιβαλλοντικής διαχείρισης, μέσω της μεταξύ τους συνεργασίας και ανταλλαγής γνώσης και εμπειρίας. Τα δύο βασικά εργαλεία που έχει αναπτύξει και καθιερώσει η πρωτοβουλία EcoPorts είναι το Self Diagnosis Method (SDM) και το Port Environmental Review System (PERS) (Lim et al, 2019). Πρόκειται για δύο εργαλεία που μπορούν να προσαρμόζονται σε κάθε λιμάνι, ανεξάρτητα από το μέγεθός του και το στάδιο ανάπτυξης των περιβαλλοντικών του προτεραιοτήτων.

Το Self Diagnosis Method αποτελεί ένα εργαλείο που επιτρέπει στους διαχειριστές των λιμένων να αξιολογούν σε τακτά χρονικά διαστήματα την ποιότητα της περιβαλλοντικής διαχείρισης που επιτυγχάνουν, ενώ συγκρίνοντας τα τελευταία αποτελέσματα με εκείνα των προηγούμενων ετών, μπορούν να εντοπίζουν περιοχές που επιδέχονται βελτίωσης. Το SDM παρέχει ουσιαστικά μία λίστα ελέγχου (checklist), που χρησιμοποιείται για την αυτοαξιολόγηση των διαδικασιών και δραστηριοτήτων με τις οποίες αντιμετωπίζονται επί του παρόντος οι διάφορες περιβαλλοντικές προκλήσεις (Darbra et al., 2004). Αφού συμπληρώσει το ερωτηματολόγιο του SDM, η κάθε λιμενική αρχή μπορεί να συγκρίνει τις επιδόσεις της με τον αντίστοιχο ευρωπαϊκό μέσο όρο, καθώς και να λάβει αναλυτικές συμβουλές και εξειδικευμένες προτάσεις για τη βελτίωσή τους. Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου αυτού αποτελεί προαπαιτούμενο για την ένταξη ενός λιμένα στο δίκτυο EcoPorts και έχει ισχύ για δύο χρόνια (Puig et al., 2022). Τα οφέλη που έχει να αποκομίσει ένα λιμάνι από τη χρήση του SDM περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων την ένταξή του σε ένα ευρύ δίκτυο λιμένων και την πρόσβασή του στα υπόλοιπα διαθέσιμα εργαλεία, το διαμερισμό εμπειριών και καλών πρακτικών με τα υπόλοιπα

μέλη του δικτύου, την ευαισθητοποίηση των εμπλεκόμενων στη λειτουργία του φορέων στην προστασία του περιβάλλοντος, την ενίσχυση της προβολής και της φήμης του, τον εντοπισμό των δυνατών και των αδύναμων σημείων του σε σχέση με τον ευρωπαϊκό μέσο όρο, καθώς και τον καθορισμό προτεραιοτήτων για τις περεταίρω δράσεις του (EcoPorts, 2023b).

Το δεύτερο εργαλείο που παρέχεται από το δίκτυο EcoPorts προκειμένου να συμβάλει στην εφαρμογή αποτελεσματικών προγραμμάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης από τα λιμάνια, είναι το Port Environmental Review System (PERS). Έχοντας αναπτυχθεί από τα ίδια τα λιμάνια, το PERS έχει καθιερωθεί ως το μοναδικό πρότυπο περιβαλλοντικής διαχείρισης που έχει σχεδιαστεί ειδικά για το λιμενικό τομέα. Πέρα από την ενσωμάτωση των γενικών απαιτήσεων των διεθνώς αναγνωρισμένων προτύπων περιβαλλοντικής διαχείρισης, όπως το ISO 14.001, το PERS λαμβάνει επιπλέον υπόψη του τις ιδιαιτερότητες των λιμενικών δραστηριοτήτων και παρέχει στους διαχειριστές των λιμένων σαφείς στόχους που οφείλουν να επιδιώξουν. Η εφαρμογή του PERS ελέγχεται από αναγνωρισμένο ανεξάρτητο φορέα (Lloyd's Register), ο οποίος και εκδίδει πιστοποιητικό με ισχύ για δύο έτη (Housni et al., 2022). Η επιλογή του PERS από μία λιμενική αρχή προσφέρει μια σειρά από σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως η υποστήριξη στην επίτευξη στόχων βιώσιμης ανάπτυξης, η εναρμόνισή του τόσο με τα αντίστοιχα πρότυπα του ISO 14.001, όσο και με τις συστάσεις του ESPO, η παροχή πιστοποίησης κατόπιν αξιολόγησης από ανεξάρτητο φορέα και βέβαια η ενίσχυση του περιβαλλοντικού προφίλ και της καλής φήμης του λιμένα (EcoPorts, 2023c).

Στα δεδομένα που συλλέγονται από τα δύο εργαλεία του δικτύου EcoPorts, δηλαδή το SDM και το PERS, βασίζεται και η ετήσια περιβαλλοντική έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Λιμένων (ESPO Environmental Report). Η έκδοση της έκθεσης αυτής ξεκίνησε το 2016 με σκοπό να ενημερώνει τους φορείς χάραξης της ευρωπαϊκής πολιτικής για τα περιβαλλοντικά ζητήματα που αντιμετωπίζουν τα λιμάνια της Ευρώπης και τις πρωτοβουλίες που αναπτύσσει ο ESPO για την επίλυσή τους. Παράλληλα, εξυπηρετεί την ενίσχυση της διαφάνειας και της λογοδοσίας του ευρωπαϊκού λιμενικού τομέα και την εμβάθυνση της σχέσης του με τις τοπικές κοινότητες. Με άλλα λόγια, η ετήσια περιβαλλοντική έκθεση του ESPO αποτελεί μία αξιόπιστη ανάλυση των περιβαλλοντικών επιδόσεων των ευρωπαϊκών λιμανιών,

διαθέσιμη τόσο στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, όσο και στο ευρύ κοινό (ESPO, 2023a).

Ανατρέχοντας στην τελευταία της έκδοση που δόθηκε στη δημοσιότητα τον Οκτώβριο του 2023 και βασίζεται στις απαντήσεις 90 λιμένων από 20 ευρωπαϊκά κράτη, μπορεί κανείς να αντλήσει μια σειρά από πολύ ενδιαφέροντα στοιχεία. Επισημαίνουμε για παράδειγμα ότι η συντριπτική πλειοψηφία (92%) των λιμένων που συμμετείχαν στην έρευνα διαθέτει περιβαλλοντική πολιτική, ενώ ανάλογα υψηλό (90%) είναι και το ποσοστό εκείνων που έχουν καθορισμένους στόχους για τη βελτίωση της περιβαλλοντικής τους απόδοσης. Ακόμη, παρατηρούμε ότι πάνω από τα δύο τρίτα (69%) των λιμένων διαθέτουν τουλάχιστον ένα πιστοποιημένο Σύστημα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (EMS), με σχεδόν το ήμισυ εξ αυτών (49%) να κατέχουν πιστοποίηση PERS. Αναφορικά με τη διαφάνεια της λειτουργίας τους, σημαντικό (76%) είναι το ποσοστό των λιμένων που έχουν επιλέξει να δημοσιοποιούν τις περιβαλλοντικές τους αναφορές. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης το γεγονός, ότι περισσότεροι από εννέα στους δέκα λιμένες που ρωτήθηκαν (92%), διαθέτουν κάποιο πρόγραμμα παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων, με την ποιότητα των υδάτων (82%), τα λιμενικά απορρίμματα (81%) και την ενεργειακή απόδοση (76%) να αποτελούν τους πλέον παρακολουθούμενους δείκτες. Σχετικά με τις υπηρεσίες που προσφέρουν οι λιμένες στα πλοία που καταπλέουν σε αυτούς, η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από τη στεριά σε τουλάχιστον μία προβλήτα καταγράφεται στο 57% των περιπτώσεων, ενώ σε πάνω από το ένα τρίτο (42%) των λιμανιών παρέχεται η δυνατότητα τροφοδοσίας των πλοίων με καύσιμο LNG. Τέλος, σε ό,τι αφορά τα κυριότερα περιβαλλοντικά ζητήματα που αντιμετωπίζει ο ευρωπαϊκός λιμενικός τομέας, σύμφωνα με την τελευταία περιβαλλοντική έκθεση του ESPO, στην κορυφή της ιεράρχησης των προτεραιοτήτων που θέτουν οι ευρωπαϊκοί λιμένες την τελευταία πενταετία βρίσκονται σταθερά η κλιματική αλλαγή, η ποιότητα του αέρα, η ενεργειακή απόδοση, η ηχορύπανση, η ποιότητα του νερού, αλλά και οι σχέσεις με τις τοπικές κοινότητες (ESPO, 2023a).

Κλείνοντας την παρουσίαση των βασικών περιβαλλοντικών δράσεων και πρωτοβουλιών του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Λιμένων, αξίζει να γίνει μία πολύ σύντομη αναφορά στο ετήσιο βραβείο “ESPO Award”, το οποίο απονέμεται στις

λιμενικές αρχές που διακρίνονται στην προώθηση καινοτόμων προγραμμάτων, για την ανάπτυξη συνεργειών με τις πόλεις και τις ευρύτερες κοινότητες των περιοχών στις οποίες δραστηριοποιούνται. Κάθε χρόνο, από το 2009 μέχρι και σήμερα, επιλέγεται μία διαφορετική θεματική, σχετική με την κοινωνική ενσωμάτωση των λιμένων, με σκοπό την ενθάρρυνση και επιβράβευση των λιμενικών αρχών που αναπτύσσουν καινοτόμες πρωτοβουλίες προς την κατεύθυνση αυτή. Για το 2023, παράλληλα με τους εορτασμούς για τη συμπλήρωση 30 χρόνων λειτουργίας του οργανισμού, το 15<sup>ο</sup> βραβείο ESPO με θέμα: “Nature restoration projects in ports benefiting the local community” απονεμήθηκε στο λιμένα του Βελγίου και της Ολλανδίας: North Sea Port (ESPO, 2023b).

### **3.2.2 Αμερική**

Εντωμεταξύ στην άλλη πλευρά του Ατλαντικού, η American Association of Port Authorities (AAPA), εκπροσωπεί σήμερα πάνω από 130 λιμενικές αρχές από τις Η.Π.Α., τον Καναδά, την Κεντρική και τη Νότια Αμερική. Από την ίδρυσή της το μακρινό 1912, η AAPA προωθεί τα κοινά συμφέροντα των μελών της, με διακηρυγμένο στόχο να αποτελεί την επίσημη φωνή της λιμενικής βιομηχανίας ολόκληρης της αμερικάνικης ηπείρου, διαδραματίζοντας ηγετικό και συντονιστικό ρόλο στην αντιμετώπιση μια σειράς από κρίσιμα ζητήματα που σχετίζονται με τη λιμενική δραστηριότητα. Το 1998, αναγνωρίζοντας την ανάγκη προστασίας και βελτίωσης των περιβαλλοντικών συνθηκών εντός και πέριξ των λιμενικών εγκαταστάσεων, η AAPA εξέδωσε έναν περιεκτικό οδηγό διαχείρισης περιβαλλοντικών ζητημάτων, το Environmental Management Handbook (AAPA, 2023a). Στοχεύοντας στην ουσιαστική υποστήριξη πολιτικών για την ενεργειακή απόδοση και τη βιωσιμότητα του αμερικανικού λιμενικού τομέα, τον Ιούλιο του 2022 η AAPA ανακοίνωσε την έναρξη του προγράμματος “Port Opportunities With Energy Resilience and Sustainability” – POWERS. Μεταξύ των βασικών πυλώνων του προγράμματος POWERS περιλαμβάνονται η ενίσχυση της χρήσης και παραγωγής εναλλακτικών καυσίμων, η αντικατάσταση παλαιών οχημάτων και εξοπλισμού διαχείρισης φορτίων με ηλεκτροκίνητα, καθώς και η κατασκευή νέων υπεράκτιων ανεμογεννητριών (AAPA, 2023b).

Μία ακόμη πρωτοβουλία που έχει αναπτυχθεί σε περιφερειακό επίπεδο, ανάλογη της ευρωπαϊκής EcoPorts, είναι και η Green Marine, στην οποία συμμετέχουν εθελοντικά πάνω από 460 λιμενικές αρχές, ναυτιλιακές εταιρείες και ναυπηγεία της Βόρειας Αμερικής. Εδώ και 15 χρόνια η πρωτοβουλία Green Marine συμβάλλει στη συνεχή βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης των μελών του δικτύου της, στοχεύοντας σταθερά στην αντιμετώπιση κρίσιμων ζητημάτων, που σχετίζονται με την ποιότητα του αέρα, των υδάτων και του εδάφους, αλλά και με τις σχέσεις με τις τοπικές κοινότητες. Βασικότερο εργαλείο στην προσπάθεια μείωσης του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και καταγραφής της προόδου που επιτυγχάνει το κάθε μέλος του δικτύου, αποτελεί το πρόγραμμα πιστοποίησης που παρέχει η Green Marine, μέσω της αξιολόγησης 15 διαφορετικών δεικτών περιβαλλοντικής απόδοσης. Πρόκειται για μία αυστηρή και διαφανή διαδικασία που περιλαμβάνει την ετήσια αυτοαξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιδόσεων σε κλίμακα από 1 έως 5, την επιβεβαίωση της αυτοαξιολόγησης από διαπιστευμένο εξωτερικό επιθεωρητή ανά διετία, τη δημοσιοποίηση των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης αυτής και τέλος, την υποχρέωση βελτίωσης κάθε χρόνο τουλάχιστον ενός από τους δείκτες απόδοσης, κατά τουλάχιστον μία μονάδα της πενταβάθμιας κλίμακας (Green Marine, 2023).

### **3.2.3 Κόσμος**

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η μη κυβερνητική οργάνωση International Association of Ports and Harbors (IAPH) έχει από την ίδρυσή της το 1955 αναπτυχθεί σε μία παγκόσμια συμμαχία λιμένων, που σήμερα αντιπροσωπεύει πάνω από 300 λιμενικές αρχές και επιχειρήσεις που σχετίζονται με τη λιμενική δραστηριότητα, από 84 χώρες. Η IAPH, τα λιμάνια - μέλη της οποίας διαχειρίζονται περισσότερο από το 60% του παγκόσμιου θαλάσσιου εμπορίου, αντιπροσωπεύει τα συμφέροντα του παγκόσμιου λιμενικού τομέα σε διεθνείς οργανισμούς, όπως οι IMO, World Customs Organization, International Standards Organization, Global Maritime Forum και World Economic Forum, ενώ συμμετέχει με συμβουλευτικό καθεστώς και σε όργανα του Ο.Η.Ε., όπως η UNCTAD και η UNEP (UN Environmental Program). Μέσω των πρωτοβουλιών και των προγραμμάτων που εκπονεί, η IAPH στοχεύει μεταξύ άλλων, στην προώθηση πρωτοποριακών καινοτομιών για το δραστικό



περιορισμό των λιμενικών ατμοσφαιρικών ρύπων, την απανθρακοποίηση και τη μετάβαση σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας (IAPH, 2023a).

Το 2008 η IAPH προώθησε την πρωτοβουλία World Port Climate Initiative (WPCI) με στόχο την ευαισθητοποίηση και ενεργοποίηση της λιμενικής και ναυτιλιακής κοινότητας για το ζήτημα της κλιματικής αλλαγής, την εκπόνηση μελετών και το σχεδιασμό στρατηγικών για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και λοιπών ατμοσφαιρικών ρύπων, καθώς και την παροχή μίας πλατφόρμας για την ανταλλαγή σχετικών πληροφοριών και εμπειριών μεταξύ των λιμένων. Στα πλαίσια της πρωτοβουλίας WPCI, το 2011 δημιουργήθηκε από την IAPH ο περιβαλλοντικός δείκτης πλοίων (Environmental Ship Index - ESI) για τη διάκριση των πλοίων εκείνων που επιτυγχάνουν υψηλότερες επιδόσεις μείωσης ατμοσφαιρικών ρύπων, σε σχέση με αυτές που απαιτούνται από τους τρέχοντες κανονισμούς του IMO. Ο δείκτης ESI αποτελεί ουσιαστικά ένα σύστημα μέτρησης του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των πλοίων και κατάταξής τους ανάλογα με την περιβαλλοντική τους απόδοση. Με βάση την εισαγωγή μιας σειράς από στοιχεία, όπως η κατανάλωση καυσίμου και οι εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων, κάθε πλοίο βαθμολογείται σε μία κλίμακα από το μηδέν, για τα πλέον ρυπογόνα πλοία, έως το εκατό, για τα μη ρυπογόνα (Notteboom, 2022). Την ίδια στιγμή, οι λιμένες μπορούν να εγγραφούν στο σύστημα ως πάροχοι κινήτρων, όπως η ποσοστιαία μείωση των λιμενικών τελών, για την οικονομική επιβράβευση των πλοίων που επιτυγχάνουν υψηλές περιβαλλοντικές επιδόσεις. Την 1<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2023 στον κατάλογο των συμμετεχόντων στο δείκτη ESI ήταν εγγεγραμμένα κάτι λιγότερο από 7.000 πλοία και 61 λιμένες - πάροχοι κινήτρων (ESI, 2023).

Η συνεργασία της IAPH με τον ESPO, την AAPA, το Global Network of Cities and Ports (AIVP) και την World Association for Waterborne Transport Infrastructure (PIANC), οδήγησε στην από κοινού υπογραφή το 2018 του World Ports Sustainability Program (WPSP). Στόχο του προγράμματος WPSP αποτελεί ο συντονισμός των προσπαθειών της παγκόσμιας λιμενικής βιομηχανίας, η ενίσχυση της συνεργασίας της με κυβερνητικούς, επιχειρηματικούς και κοινωνικούς φορείς και η ανάδειξη του κομβικού της ρόλου στην πορεία προς την επίτευξη των 17 στόχων που έχει θέσει ο Ο.Η.Ε. για τη βιώσιμη ανάπτυξη. Παράλληλα με την εκδήλωση δράσεων και εκδηλώσεων, το πρόγραμμα WPSP έχει αναπτύξει και μία

παγκόσμια βάση δεδομένων, όπου παρουσιάζονται καινοτόμα προγράμματα διαφόρων λιμένων από όλον τον κόσμο, με σκοπό την ελεύθερη ανταλλαγή γνώσης και εμπειρίας, αλλά και την ενθάρρυνση και άλλων λιμένων να υιοθετήσουν ανάλογες πολιτικές (Notteboom et al., 2020).

### **3.3 Πρωτοβουλίες λιμένων**

Τη στιγμή που πολλές λιμενικές αρχές αρκούνται στη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις των διαφόρων ρυθμιστικών φορέων, κάποιες άλλες προχωρούν στην αναζήτηση μεθόδων και την ανάληψη πρωτοβουλιών για την περαιτέρω μείωση του περιβαλλοντικού τους αποτυπώματος, αναγνωρίζοντας τη βιωσιμότητα ως το κυρίαρχο στοιχείο της λειτουργικής τους στρατηγικής (Hua et al., 2020). Στην ενότητα που ακολουθεί συγκεντρώνονται και παρουσιάζονται, οργανωμένες σε τρεις υποενότητες, ορισμένες από τις σημαντικότερες και αποτελεσματικότερες πολιτικές που υιοθετούνται και εφαρμόζονται σήμερα από πολλά σύγχρονα λιμάνια, για τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της λειτουργίας τους. Στην πρώτη υποενότητα αναλύονται πρακτικές και εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την διαχείριση της ρύπανσης που προκαλεί η παρουσία των πλοίων που καταπλέουν σε ένα λιμάνι, στη δεύτερη περιγράφονται στρατηγικές που αναπτύσσονται για την περιβαλλοντική διαχείριση των δραστηριοτήτων των ίδιων των λιμενικών εγκαταστάσεων, ενώ στην τελευταία αναφέρονται τρόποι αντιμετώπισης περιβαλλοντικών ζητημάτων που αφορούν στη μετακίνηση των φορτίων από και προς την ενδοχώρα.

#### **3.3.1 Περιβαλλοντική διαχείριση της ναυτιλιακής δραστηριότητας**

##### **3.3.1.1 Οικονομικά κίνητρα**

Απέναντι στην ατμοσφαιρική και τη θαλάσσια ρύπανση που οφείλονται στις κινήσεις και τη λειτουργία των ελλιμενιζόμενων πλοίων, πολλές λιμενικές αρχές επιλέγουν να εφαρμόσουν πολιτικές διαφοροποιημένης τιμολόγησης, με σκοπό την παροχή οικονομικών κινήτρων προς τους χρήστες των λιμενικών εγκαταστάσεων που υιοθετούν τις προτεινόμενες πρακτικές βελτίωσης των περιβαλλοντικών τους

επιδόσεων, άλλα και την επιβολή ποινών σε εκείνους που επιδεικνύουν ρυπαντικές συμπεριφορές (Hossain et al, 2020). Στις περισσότερες περιπτώσεις τα κίνητρα που δίνονται, περιλαμβάνουν μειωμένες χρεώσεις υπηρεσιών και εκπτώσεις στα λιμενικά τέλη, για τα πλοία που πληρούν συγκεκριμένα περιβαλλοντικά κριτήρια. Αντιστοίχως, πρόστιμα και προσαυξήσεις επιβάλλονται ως αντικίνητρα σε εταιρίες που διαχειρίζονται πλοία με χαμηλές περιβαλλοντικές επιδόσεις (Munim et al, 2020). Οι ειδικές αυτές τιμολογιακές πολιτικές βασίζονται συνήθως σε έναν ή περισσότερους περιβαλλοντικούς δείκτες ή προγράμματα πιστοποίησης, που αντικατοπτρίζουν την περιβαλλοντική απόδοση του εκάστοτε πλοίου. Οι δείκτες αυτοί δεν εστιάζουν όλοι στα ίδια κριτήρια, ούτε χρησιμοποιούν τις ίδιες μεθόδους συλλογής των πληροφοριών που αξιολογούν, ενώ διαφέρουν μεταξύ τους και ως προς τους φορείς για τους οποίους προορίζονται (ITF/OECD, 2018). Οι πέντε κυριότεροι δείκτες και προγράμματα πιστοποίησης που χρησιμοποιούνται ευρέως από λιμενικές αρχές για την επιβολή πολιτικών διαφοροποιημένης τιμολόγησης, είναι: ο δείκτης Environmental Ship Index (ESI), η πρωτοβουλία Green Award, ο δείκτης Clean Shipping Index (CSI), η πρωτοβουλία GHG Emissions Rating (GHG ER) και το περιβαλλοντικό πρόγραμμα Green Marine.

Ο δείκτης Environmental Ship Index (ESI), που αναπτύχθηκε από τον IAPH στα πλαίσια της πρωτοβουλίας WPCI, παρουσιάστηκε αναλυτικά στην προηγούμενη ενότητα. Μεταξύ των δεκάδων λιμένων που προσφέρουν μειώσεις των λιμενικών τους τελών ανάλογα με τη βαθμολόγηση των πλοίων από τον ESI, συγκαταλέγονται τα λιμάνια της Αμβέρσας, του Αμβούργου, του Άμστερνταμ και του Ρότερνταμ, της Νέας Υόρκης και του Λος Άντζελες, του Βανκούβερ και του Χάλιφαξ, του Τόκιο και της Γιοκοχάμα κ.α. (IAPH, 2023b).

Η πρωτοβουλία Green Award ιδρύθηκε το 1994 στο Ρότερνταμ της Ολλανδίας και σήμερα αποτελεί ένα ανεξάρτητο εθελοντικό πρόγραμμα πιστοποίησης ποιότητας, που παρέχει διεθνή αναγνώριση για καθαρά και ασφαλή πλοία. Την πιστοποίηση αυτή μπορούν να αποκτήσουν κατόπιν επιθεώρησης και αξιολόγησης, πλοία που υπερβαίνουν τους ισχύοντες διεθνείς κανονισμούς και πρότυπα σε ό,τι αφορά την ασφάλεια και τις περιβαλλοντικές επιδόσεις. Το πιστοποιητικό Green Award λειτουργεί ως σήμα υψηλής ποιότητας που εξασφαλίζει σημαντικά οφέλη και προνόμια στους κατόχους του. Σήμερα, περισσότερα από 1000 πλοία φέρουν την

πιστοποίηση της Green Award, ενώ στο σύστημα συμμετέχουν παρέχοντας διάφορους τύπους κινήτρων γύρω στα 40 λιμάνια σε όλες τις ηπείρους, από τον Καναδά μέχρι τη Μέση Ανατολή και την Ιαπωνία και από την Αργεντινή μέχρι την Νότια Αφρική, και τη Νέα Ζηλανδία (Green Award, 2023).

Ο δείκτης Clean Shipping Index (CSI) αποτελεί ένα ανοιχτό εθελοντικό εργαλείο, που αξιολογώντας μια σειρά από περιβαλλοντικά κριτήρια, βαθμολογεί πλοία και ναυτιλιακές εταιρείες. Πληροφορίες που σχετίζονται με τις λειτουργικές επιπτώσεις κάθε πλοίου στο περιβάλλον, συλλέγονται και παρουσιάζονται σε μία διαδικτυακή βάση δεδομένων, στην οποία έχουν πρόσβαση όλα τα μέλη. Με βάση τα καταχωρημένα στοιχεία, υπολογίζεται ο δείκτης CSI, που κατατάσσει τα πλοία αναλόγως των περιβαλλοντικών τους επιδόσεων. Ο δείκτης CSI χρησιμοποιείται από πολλούς ιδιοκτήτες φορτίου και ναυλωτές ως μέτρο σύγκρισης των ναυτιλιακών εταιριών, καθώς και από ορισμένα λιμάνια στη Σκανδιναβία και στον Καναδά για την προσφορά μειωμένων λιμενικών τελών σε πλοία με υψηλές περιβαλλοντικές επιδόσεις (CSI/IVL, 2023).

Η πρωτοβουλία GHG Emissions Rating αναπτύχθηκε από την Carbon War Room, μία μη κερδοσκοπική οργάνωση με έδρα τις Η.Π.Α. σε συνεργασία με την RightShip, μια ανεξάρτητη εταιρεία παροχής τεχνογνωσίας, για την προώθηση μιας ασφαλούς, βιώσιμης και κοινωνικά υπεύθυνης ναυτιλιακής βιομηχανίας. Αναγνωρίζοντας την αντικειμενική δυσκολία της διάκρισης μεταξύ των λιγότερο και των περισσότερο περιβαλλοντικά αποδοτικών πλοίων, η Carbon War Room και η RightShip δημιούργησαν ένα εργαλείο που επιτρέπει στους πλοιοκτήτες, στους ναυλωτές, στους φορτωτές και στους λοιπούς εμπλεκόμενους στη ναυτιλιακή δραστηριότητα φορείς, να συγκρίνουν την περιβαλλοντική απόδοση πλοίων της ίδιας κατηγορίας, διευκολύνοντάς τους έτσι στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Η GHG Emissions Rating ουσιαστικά ταξινομεί τα ποντοπόρα πλοία ανάλογα με τις ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου που εκπέμπουν, σε μια βαθμολογική κλίμακα από το A, για τα καθαρότερα, έως το G, για τα πιο ρυπογόνα. Η βαθμολόγηση αυτή είναι συγκριτική και μεταβάλλεται ακόμη και με την είσοδο στο σύστημα νέων πλοίων της ίδιας κατηγορίας. Σήμερα, η GHG Emissions Rating χρησιμοποιείται από 39 ναυλωτές, που ελέγχουν περί τις 26.000 κινήσεις πλοίων, άνω των δύο δισεκατομμυρίων τόνων ετησίως, αντιπροσωπεύοντας το 20% του φορτίου που

διακινείται παγκοσμίως (RMI, 2023). Επιπλέον, την GHG Emissions Rating χρησιμοποιούν ορισμένοι πρωτοποριακοί λιμένες, όπως οι καναδικοί Quebec και Prince Rupert, για την παροχή οικονομικών κινήτρων στα πλοία που καταπλέουν σε αυτούς (RightShip, 2023).

Τέλος, το πρόγραμμα Green Marine, που περιεγράφηκε με λεπτομέρεια στην προηγούμενη ενότητα, αποτελεί ακόμη μία περίπτωση συστήματος περιβαλλοντικής πιστοποίησης που χρησιμοποιείται από δεκάδες λιμενικές αρχές των Η.Π.Α. και του Καναδά, για την εφαρμογή πολιτικών διαφοροποιημένης τιμολόγησης λιμενικών τελών.

Πέρα από την επιβράβευση των περιβαλλοντικών επιδόσεων των πλοίων που προκύπτουν από τη χρήση των παραπάνω δεικτών και προγραμμάτων πιστοποίησης, μερικές ακόμα πρακτικές παροχής οικονομικών κινήτρων εφαρμόζονται, αν και λιγότερο συχνά, από ορισμένες λιμενικές αρχές που πρωτοστατούν στην αναζήτηση και υιοθέτηση τέτοιων στρατηγικών. Στοχεύοντας στη χρήση καθαρότερων καυσίμων, κάποιοι λιμένες παρέχουν εκπτώσεις στα λιμενικά τέλη σε πλοία που καίνε πετρέλαιο χαμηλότερης περιεκτικότητας σε θείο, ενώ άλλες προχωρούν στη μείωση τελών των πλοίων που κινούνται με υδροποιημένο φυσικό αέριο (LNG). Στο ίδιο πλαίσιο εντάσσεται και η επιλογή πολλών λιμενικών αρχών, να παρέχουν οικονομικά κίνητρα στα πλοία που χρησιμοποιούν τα διαθέσιμα συστήματα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από την ξηρά. Σε αυτήν την περίπτωση, προσφέρονται είτε εκπτώσεις στα λιμενικά τέλη είτε μειωμένες τιμές στο κόστος της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Εστιάζοντας στον περιορισμό των ατμοσφαιρικών ρύπων, μέσω της μείωσης των στροφών των προωστήριων μηχανών, ορισμένοι λιμένες επιβραβεύουν με εκπτώσεις πλοία που καταπλέουν με χαμηλές ταχύτητες. Τέλος, μία εναλλακτική μορφή οικονομικού, μη χρηματικού κινήτρου αποτελεί και ο προκαθορισμός θέσεων ελλιμενισμού (berth allocation) για την άμεση εξυπηρέτηση των πλοίων που πληρούν συγκεκριμένα περιβαλλοντικά κριτήρια (ITF/OECD, 2018).

Η πολιτική της παροχής κινήτρων, σαν αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω, αποδεικνύεται συχνά αποδοτικότερη από αυτήν της επιβολής κανονισμών. Είναι περισσότερο εύελικτη, καθώς επιτρέπει στους χρήστες των λιμενικών

εγκαταστάσεων να επιλέγουν εκείνοι το βαθμό συμμετοχής τους στο εκάστοτε πρόγραμμα και να ανταμείβονται αναλόγως, απαιτεί λιγότερους μηχανισμούς ελέγχου συμμόρφωσης με τους κανονισμούς, ενώ τα έσοδα από τα διάφορα τέλη και πρόστιμα που καταβάλλουν τα πλοία, χρησιμοποιούνται για την κάλυψη του κόστους κατασκευής νέων υποδομών και υιοθέτησης καινοτόμων τεχνολογιών. Σύμφωνα με την έρευνα των Christodoulou et al. (2019), η παροχή οικονομικών κινήτρων και αντικινήτρων αντιπροσωπεύει σχεδόν το ήμισυ (48%) των πρωτοβουλιών που αναλαμβάνονται παγκοσμίως από τις λιμενικές αρχές για τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των πλοίων και την ενθάρρυνση της ναυτιλιακής βιομηχανίας, να επενδύσει στη χρήση καθαρότερων καυσίμων και πιο πράσινων τεχνολογιών.

### 3.3.1.2 Shore Side Electricity

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που εκπέμπουν οι μηχανές πρόωσης των πλοίων κατά την άφιξη και την αναχώρησή τους από το λιμάνι, όπως και κατά τους ελιγμούς προσέγγισης και απομάκρυνσής τους προς και από την προβλήτα φορτοεκφόρτωσης, αποτελούν ένα μέρος μόνο του προβλήματος. Οι κύριες μηχανές του κάθε πλοίου μένουν φυσικά εκτός λειτουργίας, όσο αυτό παραμένει παραβεβλημένο και προσδεμένο με ασφάλεια στην προβλήτα του. Την ίδια όμως στιγμή, οι ηλεκτρογεννήτριές του λειτουργούν κανονικά, προκειμένου να τροφοδοτούν με ηλεκτρική ενέργεια τα βοηθητικά μηχανήματα που είναι απαραίτητα για την εξυπηρέτηση μιας σειράς από λειτουργίες. Σε αυτές περιλαμβάνονται η φόρτωση και η εκφόρτωση με μέσα του πλοίου (αντλίες, γερανοί κ.λπ.), ο χειρισμός των μέσων πρόσδεσης (κάβοι και συρματόσχοινα), η λειτουργία των ναυτικών ηλεκτρονικών οργάνων και του εξοπλισμού επικοινωνιών, ο ερματισμός και ο αφερματισμός του πλοίου, οι απαιτήσεις ψύξης ή θέρμανσης του φορτίου, ανάλογα με τον τύπο του πλοίου, η παραγωγή αδρανούς αερίου για τα δεξαμενόπλοια, η διατήρηση της θερμοκρασίας των καυσίμων και των μηχανών στα κατάλληλα επίπεδα και βέβαια τα αναγκαία για την ασφαλή και άνετη διαβίωση του πληρώματος και των επιβατών, όπως ο φωτισμός, ο εξαερισμός, ο κλιματισμός, η ύδρευση και η αποχέτευση, η λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών κ.λπ. Η κάλυψη όλων των παραπάνω ενεργειακών αναγκών από τις ηλεκτρογεννήτριες των ίδιων των ποντοπόρων πλοίων, συνεπάγεται τη συνέχιση της εκπομπής μεγάλων ποσοτήτων ανεπιθύμητων ρύπων καθ' όλο το

χρόνο παραμονής τους στο λιμάνι. Όπως εύκολα μπορεί κανείς να αντιληφθεί, το πρόβλημα αυτό είναι ιδιαίτερα οξύ στα μεγάλα κρουαζιερόπλοια, που οι ενεργειακές τους ανάγκες παρομοιάζονται συχνά - και όχι άδικα - με αυτές μιας ολόκληρης πόλης. Για την αντιμετώπιση του ζητήματος αυτού, πολλές λιμενικές αρχές έχουν επενδύσει στην ανάπτυξη ενός συστήματος, που προσφέρει στα παραβεβλημένα πλοία τη δυνατότητα σύνδεσης στα χερσαία δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, επιτρέποντάς τα να διατηρούν απενεργοποιημένες τις ηλεκτρογεννήτριές τους. Στη διεθνή βιβλιογραφία η τεχνολογία αυτή απαντάται με τους όρους Cold Ironing (CI), Shore Side Electricity (SSE), Alternative Marine Power (AMP), Onshore Power Supply (OPS) κ.α.

Τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη από την εγκατάσταση και χρήση ενός συστήματος τροφοδότησης των ελλιμενισμένων πλοίων με ηλεκτρική ενέργεια από την ξηρά είναι προφανή. Σε τοπικό επίπεδο, η απενεργοποίηση των μηχανών και των ηλεκτρογεννητριών των πλοίων μεταφράζεται σε δραστική μείωση των εκπομπών οξειδίων του θείου ( $\text{SO}_x$ ) και του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ), καθώς και αιωρούμενων σωματιδίων (PM) και ως εκ τούτου στον περιορισμό των συνδεδόμενων με τους ρύπους αυτούς νόσων και πρόωρων θανάτων, μεταξύ των κατοίκων των γύρω περιοχών. Επιπλέον, η εξάλειψη του θορύβου που συνοδεύει τη λειτουργία των μηχανών των πλοίων, συντελεί στη σημαντική μείωση της ηχορύπανσης. Σε ευρύτερο επίπεδο, δεν είναι διόλου αμελητέα η συμβολή της εφαρμογής της τεχνολογίας Cold Ironing και στην επίτευξη των στόχων που έχουν θέσει, τόσο περιφερειακοί οργανισμοί, όπως η Ευρωπαϊκή Ένωση, όσο και η παγκόσμια ναυτιλιακή κοινότητα, μέσω του IMO, για τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ). Σύμφωνα με την έρευνα των Stolz, Held & Boulouchos (2021), που αξιολόγησαν δεδομένα από 714 μεγάλους λιμένες της ευρωπαϊκής οικονομικής ζώνης και του Ηνωμένου Βασιλείου, τουλάχιστον το 2,2% των συνολικών εκπομπών  $\text{CO}_2$  της ναυτιλίας θα μπορούσε να αποφευχθεί με την ανάπτυξη της τεχνολογίας Shore Side Electricity. Μάλιστα το ποσοστό αυτό θα μπορούσε να ανέλθει στο 3,7%, εάν η παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια παραγόταν εξ ολοκλήρου από πηγές που δεν εκλύουν διοξείδιο του άνθρακα. Σε γενικές γραμμές, τα προσδοκώμενα οφέλη, τόσο ως προς τον περιορισμό της τοπικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όσο και ως προς τη μείωση των παγκόσμιων εκπομπών  $\text{CO}_2$  εξαρτώνται σε πολύ μεγάλο

βαθμό από τον τρόπο παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχεται από τα εθνικά δίκτυα. Είναι φανερό ότι, όσο υψηλότερο είναι το ποσοστό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, τόσο μεγαλύτερα είναι και τα οφέλη για το φυσικό περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία (Winkel et al., 2015). Σε ό,τι αφορά στην πλευρά των πλοιοκτητών, το οικονομικό όφελος της χρήσης της τεχνολογίας Cold Ironing συνίσταται στην εξοικονόμηση καυσίμου, καθώς και στην πιο αργή φθορά, και επομένως στο μειωμένο κόστος συντήρησης, των ηλεκτρογεννητριών.

Παρά τα εξαιρετικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει, ιδιαίτερα για τους πληθυσμούς των πόλεων που φιλοξενούν λιμένες, η ευρεία υιοθέτηση και εφαρμογή της τεχνολογίας Shore Side Electricity έχει ακόμη να αντιμετωπίσει μια σειρά από σημαντικές προκλήσεις και περιορισμούς, που εξακολουθούν να θέτουν εμπόδια και να καθυστερούν την εξάπλωση της χρήσης της. Μία πρώτη πρόκληση αποτελεί η διασφάλιση της δυνατότητας παροχής της απαιτούμενης ισχύος από τα ήδη υπάρχοντα ηλεκτρικά δίκτυα. Η ενέργεια που απαιτείται για την τροφοδότηση των ελλιμενισμένων πλοίων, αντιπροσωπεύει ένα πολύ μεγάλο μέρος της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται από ολόκληρη τη λιμενική εγκατάσταση (Acciario et al., 2014a). Αυτό από μόνο του σημαίνει, ότι η ανάπτυξη και εφαρμογή του Cold Ironing προϋποθέτει στις περισσότερες περιπτώσεις τη διεύρυνση και αναβάθμιση του διαθέσιμου δικτύου, κάτι που συνήθως αποδεικνύεται ιδιαίτερα δαπανηρό (Gutierrez-Romero et al., 2019).

Το υψηλό αυτό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης του εξοπλισμού που απαιτείται για τη λειτουργία της τεχνολογίας Shore Side Electricity, τόσο για τις λιμενικές αρχές, όσο και για τις ναυτιλιακές εταιρείες που υποχρεώνονται να προβούν σε πολυδάπανες εργασίες μετασκευών στα πλοία που διαχειρίζονται, αποτελεί έναν ιδιαίτερα αποθαρρυντικό παράγοντα και για τις δύο πλευρές. Σύμφωνα με τα στοιχεία των Lai et al. (2019), το κόστος της επένδυσης για την εγκατάσταση του απαραίτητου εξοπλισμού σε ένα μεγάλο πλοίο μεταφοράς χύδην ξηρού φορτίου είναι τόσο μεγάλο που απαιτούνται περί τα δέκα χρόνια για την απόσβεσή της. Όπως εύκολα μπορεί κανείς να αντιληφθεί, η ανάληψη ενός τέτοιου κόστους έχει νόημα μόνο για τα νεότερα πλοία, που έχουν αρκετά χρόνια υπηρεσίας μπροστά τους και δεν αποτελεί καθόλου ελκυστική λύση για τους διαχειριστές



μεγαλύτερων σε ηλικία πλοίων (Zis, 2018). Επιπλέον, στην αρνητική αντιμετώπιση του Cold Ironing από μέρους των ναυτιλιακών εταιρειών, συμβάλλει και το γεγονός ότι η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας που επιβάλλουν οι λιμενικές αρχές, διαφέρει πολύ από λιμάνι σε λιμάνι, με αποτέλεσμα, το κόστος της να είναι συχνά πολύ υψηλότερο από αυτό του καυσίμου των ηλεκτρογεννητριών. Από τη δική τους έρευνα οι Yin et al. (2020) συμπεραίνουν, ότι λιγότερο από το 1% του παγκόσμιου στόλου πλοίων άνω των 3.000 τόνων deadweight έχουν ήδη προχωρήσει στην εγκατάσταση του απαιτούμενου εξοπλισμού λήψης ηλεκτρικής ενέργειας από την ξηρά.

Μία πολύ σημαντική παράμετρο της απροθυμίας που εμφανίζουν οι πλοιοκτήτες και οι λιμενικές αρχές να επενδύσουν στην ανάπτυξη της τεχνολογίας Shore Side Electricity, αποτελεί αυτό που στη διεθνή βιβλιογραφία και αρθρογραφία πολλοί παρομοιάζουν με το δίλημμα του αν κάνει η κότα το αυγό ή το αντίστροφο. Από την πλευρά των λιμενικών αρχών, τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη μιας τόσο υψηλού κόστους επένδυσης θα είναι πολύ περιορισμένα, όσο δεν υπάρχουν πολλά πλοία που διαθέτουν τον κατάλληλο εξοπλισμό λήψης ηλεκτρικής ενέργειας από τα χερσαία δίκτυα και είναι λογικό να προτιμούνται άλλες πράσινες λύσεις με πιο άμεσα αποτελέσματα. Την ίδια στιγμή, για τις ναυτιλιακές εταιρείες η ταχύτερη απόσβεση του κόστους μιας τέτοιας επένδυσης στα πλοία τους προϋποθέτει την εκτεταμένη ανάπτυξη των ανάλογων εγκαταστάσεων στα λιμάνια όλου του κόσμου και όσο αυτό δε συμβαίνει, δεν έχουν κανένα λόγο να προχωρήσουν στις σχετικές μετασκευές. Με δυο λόγια, οι μεν λιμένες καθυστερούν την ανάπτυξη συστημάτων Cold Ironing, λόγω του μικρού αριθμού πλοίων που μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν, τα δε πλοία αποφεύγουν να αναλάβουν το κόστος των απαιτούμενων μετασκευών, λόγω του περιορισμένου ακόμη αριθμού λιμένων ικανών να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια από την ξηρά (Zis, 2018).

Δεδομένου του γεγονότος ότι οι φορείς που καλούνται να επωμιστούν το βαρύ κόστος των απαιτούμενων αρχικών επενδύσεων, δεν αναμένουν άμεσα σημαντικά οικονομικά οφέλη, η ανάληψη και ο καταμερισμός μεταξύ των εμπλεκόμενων παραγόντων του κόστους αυτού, αποτελεί μία κομβικής σημασίας πρόκληση για την ανάπτυξη της τεχνολογίας Shore Side Electricity. Επιχειρώντας να δώσουν μία πειστική απάντηση στην πρόκληση αυτή και μία ουσιαστική λύση στο δίλημμα που

τέθηκε παραπάνω, αρκετές κυβερνήσεις και διακρατικοί οργανισμοί, όπως η Ευρωπαϊκή Ένωση, επιλέγουν να αναλάβουν έναν πιο ενεργό ρόλο, επιβάλλοντας νέους κανονισμούς και παρέχοντας οικονομική υποστήριξη μέσω άμεσων χρηματοδοτήσεων και επιδοτήσεων (Wang et al., 2022). Παράλληλα, ένα πρώτο βήμα προς την επέκταση της χρήσης της τεχνολογίας Cold Ironing συνιστά και η εστιασμένη εφαρμογή της σε συγκεκριμένες ζώνες, στις οποίες μπορεί να παρουσιάσει πολλαπλάσια περιβαλλοντικά οφέλη, όπως είναι οι αποβάθρες των κρουαζιερόπλοιων, καθώς και τα λιμάνια που βρίσκονται κοντά ή μέσα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές (Winkel et al., 2015).

Ένα ακόμη οικονομικής φύσεως εμπόδιο στην εξάπλωση της εφαρμογής του Cold Ironing αποτελούν και οι φόροι που επιβάλλονται στην ηλεκτρική ενέργεια, τη στιγμή που τα ναυτιλιακά καύσιμα εξακολουθούν να μη φορολογούνται. Η ανισορροπία αυτή καθιστά φθηνότερη και ευνοεί, όπως είναι φυσικό, τη χρήση των ηλεκτρογεννητριών έναντι της λήψης ηλεκτρικής ενέργειας από τα χερσαία δίκτυα. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση για παράδειγμα, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνεται στο Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπής της Ε.Ε. (EU ETS), ενώ τα ναυτιλιακά καύσιμα όχι. Για την αντιστροφή της παραπάνω ανισορροπίας κρίνεται απαραίτητη η παροχή οικονομικών και δημοσιονομικών κινήτρων, όπως η μείωση της φορολόγησης της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για την εφαρμογή της τεχνολογίας Shore Side Electricity, προκειμένου να δημιουργηθούν ίσοι όροι ανταγωνισμού μεταξύ αυτής και της χρήσης ναυτιλιακών ορυκτών καυσίμων (Stolz et al., 2021).

Πέρα από τα οικονομικής φύσης ζητήματα που αναλύθηκαν παραπάνω, ένα σύνηθες τεχνικό πρόβλημα που εμποδίζει την ευρύτερη χρήση της τεχνολογίας Cold Ironing, αποτελεί και η συχνή έλλειψη συμβατότητας μεταξύ του χερσαίου δικτύου του λιμένα και του εξοπλισμού που φέρουν τα ελλιμενιζόμενα πλοία, καθώς τόσο η τάση, όσο και η συχνότητα της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, διαφέρει από την μία περιοχή του κόσμου στην άλλη (Zis, 2018).

Τέλος, είναι πολύ σημαντικό να σημειωθεί ότι τα περιβαλλοντικά οφέλη που μπορεί να προσφέρει η υιοθέτηση της τεχνολογίας Shore Side Electricity εξαρτώνται άμεσα από το πόσο «καθαρές» και «πράσινες» είναι οι πηγές παραγωγής της

ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχεται από την ξηρά (Notteboom et al., 2020). Για παράδειγμα, η έρευνα των Stolz et al. (2021) που αναφέρθηκε νωρίτερα, επισημαίνει ότι σε χώρες όπως η Ισλανδία, η Νορβηγία και η Σουηδία, όπου τα εθνικά δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας τροφοδοτούνται σε πολύ υψηλά ποσοστά από ανανεώσιμες πηγές, η εφαρμογή της τεχνολογίας Cold Ironing θα μπορούσε να περιορίσει πάνω από το 95% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τα ελλιμενιζόμενα πλοία. Τη ίδια στιγμή, σε χώρες στις οποίες η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας βασίζεται κυρίως σε ορυκτά καύσιμα, όπως είναι η Πολωνία, η Εσθονία και η Ελλάδα, τα αντίστοιχα αναμενόμενα οφέλη είναι ελάχιστα και αφορούν περισσότερο στη μετατόπιση του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από περιοχές με υψηλή πυκνότητα πληθυσμού προς πιο αραιοκατοικημένες περιφέρειες.

### 3.3.1.3 Άλλες πρωτοβουλίες

Μία ακόμη πολιτική, που εφαρμόζεται από αρκετές λιμενικές αρχές, αποτελεί και η επένδυση στη δημιουργία εγκαταστάσεων ανεφοδιασμού πλοίων με εναλλακτικά καύσιμα, με στόχο την προσέλκυση «καθαρότερων» πλοίων, αλλά και την υποστήριξη της μετάβασης της ναυτιλίας σε πιο «πράσινα» καύσιμα, όπως η αμμωνία, η μεθανόλη, το υδρογόνο, τα βιοκαύσιμα και βέβαια το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) (Alamouh et al., 2022). Σε ό,τι αφορά τα τέσσερα πρώτα, παρά τη σημαντική συμβολή που θα μπορούσαν να προσφέρουν στην προσπάθεια απανθρακοποίησης της παγκόσμιας ναυτιλίας, αποτελούν λύσεις που δεν αναμένεται να καταστούν σύντομα εφικτές σε ευρεία κλίμακα, αφού οι τεχνολογίες που τις υποστηρίζουν, δεν έχουν ακόμη ωριμάσει επαρκώς, ώστε να αντιμετωπίσουν τόσο τις σημαντικές τεχνικές και οικονομικές προκλήσεις που αντιμετωπίζουν, όσο και τα σοβαρά ζητήματα ασφάλειας που τις συνοδεύουν (Γραμμένος, 2023). Ως εκ τούτου, το LNG αποτελεί το μόνο εναλλακτικό καύσιμο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα από την ναυτιλιακή βιομηχανία. Τα περιβαλλοντικά του πλεονεκτήματα αξιολογούνται ως ιδιαίτερος σημαντικά, καθώς εξαλείφει πλήρως τις εκπομπές οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>), αιωρούμενων σωματιδίων (PM) και οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>), αν και η συνεισφορά του στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και των ανάλογων στόχων του IMO κρίνεται περιορισμένη (Acciaro et al., 2014a).

Ένας από τους κυριότερους παράγοντες που καθυστερούν τη στροφή από τα συμβατικά καύσιμα προς το LNG θυμίζει και πάλι το πρόβλημα της κότας και του αυγού: Από τη μία η απροθυμία των προμηθευτών καυσίμων να επενδύσουν σε περισσότερα σημεία ανεφοδιασμού, όσο δεν υπάρχει αρκετή ζήτηση για καύσιμο LNG και από την άλλη η διστακτικότητα των πλοιοκτητών να επενδύσουν στη ναυπήγηση πλοίων που κινούνται με LNG, όσο δεν αναπτύσσονται επαρκείς σταθμοί ανεφοδιασμού. Ένα επιπλέον τεχνολογικό εμπόδιο που δυσκολεύει τη μετάβαση αυτή, αποτελεί και η χωρητικότητα των δεξαμενών αποθήκευσης, αφού το καύσιμο LNG απαιτεί δύο με τρεις φορές μεγαλύτερο όγκο δεξαμενών από τις αντίστοιχες δεξαμενές πετρελαίου, για την ίδια ποσότητα ενέργειας (Serra και Fancello, 2020).

Τη δέσμη των στρατηγικών που υιοθετούνται από πολλούς λιμένες για τον περιορισμό των ατμοσφαιρικών ρύπων από τα πλοία που καταπλέουν και ελλιμενίζονται σε αυτούς, συμπληρώνουν οι πολιτικές εκείνες που αποσκοπούν στη μείωση του χρόνου παραμονής των πλοίων στα λιμάνια, καθώς και στην ελάττωση της ταχύτητας με την οποία τα προσεγγίζουν. Είναι προφανές ότι όσο πιο σύντομη είναι η παραμονή ενός πλοίου στο αγκυροβόλιο και τις προβλήτες ενός λιμανιού, τόσο μικρότερο θα είναι και το περιβαλλοντικό του αποτύπωμα σε αυτό. Μεταξύ των πολιτικών που εφαρμόζονται για την επίτευξη της ζητούμενης συντόμευσης του χρόνου αυτού είναι ο προκαθορισμός θέσεων ελλιμενισμού (berth allocation), η βελτιστοποίηση των συστημάτων διαχείρισης της κυκλοφορίας των πλοίων, ο άρτιος προγραμματισμός και συντονισμός των επιχειρήσεων πλοήγησης και ρυμούλκησης, η εξασφάλιση της διαθεσιμότητας των θέσεων φορτοεκφόρτωσης και της ετοιμότητας του απαιτούμενου εξοπλισμού, ο εκσυγχρονισμός των μέσων διαχείρισης φορτίων, η αυτοματοποίηση της λειτουργίας των σταθμών εμπορευματοκιβωτίων κ.λπ. (ITF/OECD, 2018).

Την ίδια στιγμή, είναι γνωστό ότι, λόγω της μη γραμμικής σχέσης μεταξύ της ταχύτητας πλεύσης και της κατανάλωσης καυσίμου, όσο ταχύτερα κινείται ένα πλοίο, τόσο περισσότερα καύσιμα καταναλώνει και επομένως τόσο περισσότερους ρύπους εκπέμπει. Έτσι, η επιβολή ενός ανώτατου ορίου ταχύτητας στα πλοία που προσεγγίζουν ή αναχωρούν από το λιμάνι, πέρα από την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας και την αποφυγή δημιουργίας υψηλού κυματισμού στις ακτές, συμβάλλει και στον

περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα καυσαέρια των μηχανών πρόωσης των πλοίων (Styhre et al, 2017). Σύμφωνα με τη μελέτη των Zis et al. (2014), η πλήρης συμμόρφωση όλων των καταπλεόντων σε ένα λιμένα πλοίων με κάποιον κανονισμό μείωσης της ταχύτητας πλεύσης, θα μπορούσε να επιφέρει περιορισμό των εκπομπών CO<sub>2</sub> κατά 8 - 20% και των εκπομπών SO<sub>2</sub> κατά 9 - 40%, με τα υψηλότερα ποσοστά να επιτυγχάνονται, όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος των πλοίων που προσεγγίζουν το λιμάνι και όσο μικρότερος είναι ο χρόνος παραμονής τους σε αυτό.

### **3.3.2 Περιβαλλοντική διαχείριση της λιμενικής δραστηριότητας**

Ένα από τα πλέον βασικά και πρωταρχικά μέτρα που πολλοί λιμένες λαμβάνουν για τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία τους και τη βελτίωση της περιβαλλοντικής τους απόδοσης, είναι η υιοθέτηση και εφαρμογή ενός αποτελεσματικού Συστήματος Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (Environmental Management System - EMS). Κάτι τέτοιο μπορεί να αναπτυχθεί με τη βοήθεια κάποιου από τα διεθνώς καθιερωμένα πρότυπα, όπως είναι τα ISO 14,001 και 14,005 του International Organization for Standardization, το ευρωπαϊκό Eco Management and Auditing Scheme (EMAS) της Ευρωπαϊκής Ένωσης και το PERS του δικτύου EcoPorts (Housni et al., 2022). Η θέσπιση ενός τέτοιου συστήματος συνεπάγεται μεταξύ άλλων και την εκπόνηση ενός εξειδικευμένου σχεδίου περιβαλλοντικής διαχείρισης (Environmental Management Plan) που να περιλαμβάνει λεπτομερή περιγραφή του περιβαλλοντικού προφίλ του λιμένα, αξιολόγηση των υφιστάμενων περιβαλλοντικών κινδύνων και προσδιορισμό συγκεκριμένων μέτρων και διαδικασιών για την αντιμετώπισή τους, παρακολούθηση της προόδου υλοποίησης των περιβαλλοντικών στόχων και πρόβλεψη διορθωτικών ενεργειών σε περίπτωση μη επίτευξής τους. (Hossain et al, 2020). Συνολικά, ένα προσεκτικά δομημένο EMS μπορεί να αποτελέσει για μία λιμενική αρχή πολύτιμο εργαλείο με πολύ σημαντικά οφέλη, αφού πέρα από τη συνεχή βελτίωση της περιβαλλοντικής της απόδοσης, συμβάλλει στη μείωση οικονομικών δαπανών, αλλά και στην ενίσχυση της ικανότητας αντιμετώπισης περιστατικών έκτακτης ανάγκης (Notteboom, 2022).

Εξίσου σημαντική παράμετρο για την ουσιαστική αξιολόγηση και την αποτελεσματική αντιμετώπιση των επιπτώσεων της λιμενικής δραστηριότητας στο περιβάλλον αποτελεί και η διαρκής παρακολούθηση με ποσοτικές μετρήσεις της ποιότητας της ατμόσφαιρας και των υδάτων, καθώς και της αποδοτικότητας των εφαρμοζόμενων πολιτικών, ούτως ώστε να αναγνωρίζεται έγκαιρα η ενδεχόμενη ανάγκη τροποποίησής τους (Notteboom και Pallis, 2022). Πολύτιμη βοήθεια στη συλλογή και λεπτομερή καταγραφή των δεδομένων μπορεί σήμερα να προσφέρει και η αξιοποίηση της σύγχρονης τεχνολογίας. Για παράδειγμα, η διαδικασία ανίχνευσης ατμοσφαιρικών ρύπων μπορεί να ενισχυθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό από τη χρήση κατάλληλων drones (Barberi et al., 2021). Προχωρώντας ένα βήμα παραπάνω, πολλές λιμενικές αρχές επιλέγουν την ανά τακτά διαστήματα δημοσίευση αναλυτικών περιβαλλοντικών αναφορών, με στόχο τη μεγαλύτερη διαφάνεια και την καλύτερη επικοινωνία με τους διάφορους εμπλεκόμενους φορείς, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται ασφαλώς και οι τοπικές κοινότητες, που επηρεάζονται άμεσα από την υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα, του νερού και του εδάφους (Cammin et al., 2022).

Στο σύνολο των πρακτικών και των πολιτικών που εφαρμόζονται από πολλούς λιμένες για τον έλεγχο και τον περιορισμό του περιβαλλοντικού τους αποτυπώματος συγκαταλέγονται ακόμη:

- Η αναβάθμιση του εξοπλισμού διαχείρισης των φορτίων με την προώθηση της ηλεκτροκίνησης και τη χρήση οχημάτων και μηχανημάτων χαμηλής ή και μηδενικής εκπομπής ρύπων (Notteboom, 2022). Η αντικατάσταση του παλαιάς τεχνολογίας ρυπογόνου και ενεργοβόρου εξοπλισμού από σύγχρονα καθαρότερα και ταχύτερα μέσα, συμβάλλει στη βελτίωση της ενεργειακής και περιβαλλοντικής απόδοσης των λιμένων, καθώς και στη μείωση του χρόνου παραμονής των πλοίων σε αυτούς.
- Η ανάπτυξη μονάδων παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, όπως είναι η αιολική, η ηλιακή, η γεωθερμική, η παλιρροιακή, η κυματική κ.α. Τόσο η ενεργειακή απόδοση των λιμένων, όσο και τα περιβαλλοντικά οφέλη από την προώθηση της ηλεκτροκίνησης των μέσων διαχείρισης των φορτίων και την εφαρμογή της τεχνολογίας Cold Ironing, εξαρτώνται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τη δυνατότητα τροφοδότησής τους με ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από

χερσαία και υπεράκτια αιολικά πάρκα, φωτοβολταϊκές συστοιχίες, γεωθερμικές μονάδες, εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης των κυμάτων και της παλίρροιας κ.λπ. (IAPH, 2022).

- Η διάθεση επαρκών ευκολιών υποδοχής στερεών απορριμμάτων, αποβλήτων, ελαιοειδών καταλοίπων και υπολειμμάτων φορτίων, σε συνδυασμό με την παροχή κινήτρων για τη χρησιμοποίηση των ευκολιών αυτών από τα πλοία. Παράλληλα, η εφαρμογή ενός αποτελεσματικού σχεδίου διαχείρισης των απορριμμάτων που παράγονται από τις ίδιες της λιμενικές εγκαταστάσεις, θέτει ως προτεραιότητα το τρίπτυχο: Reduce – Reuse – Recycle, δηλαδή τον περιορισμό της ποσότητας των παραγόμενων απορριμμάτων και αποβλήτων, την επαναχρησιμοποίηση αντικειμένων για ίδιους ή παρεμφερείς σκοπούς και την ανακύκλωση και επεξεργασία χρησιμοποιημένων υλικών ως πρώτη ύλη για την κατασκευή νέων προϊόντων (Notteboom και Pallis, 2022).
- Η εφαρμογή καινοτόμων τεχνολογιών, όπως για παράδειγμα τα συστήματα δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα (Carbon Capture Storage). Ακόμη, η ανάπτυξη των βιοκαυσίμων μπορεί να προσφέρει σε λιμένες τη δυνατότητα να γίνουν κόμβοι παραγωγής και αποθήκευσης βιοκαυσίμων και χημικών ουσιών από βιοκαύσιμα, ενώ άλλοι λιμένες επενδύουν σε τεχνολογίες που υποστηρίζουν την παραγωγή θερμικής ή και ηλεκτρικής ενέργειας από απορρίμματα (Acciario et al., 2014a).
- Η δημιουργία περιοχών πρασίνου περιμετρικά του λιμένα, για την αντιμετώπιση της οπτικής ρύπανσης (Gupta et al., 2005). Η ανάπτυξη μιας τέτοιας φυσικής προστατευτικής ζώνης μεταξύ των λιμενικών εγκαταστάσεων και των γύρω κατοικημένων περιοχών, μπορεί επιπλέον να περιλαμβάνει την αποκατάσταση θαλάσσιων οικοσυστημάτων.
- Η χαρτογράφηση του θορύβου που παράγεται από τις λιμενικές δραστηριότητες, ως πρωταρχικό βήμα για την αντιμετώπιση της ηχορύπανσης. Η δημιουργία ενός τέτοιου χάρτη μπορεί να συνδράμει αποφασιστικά στον εντοπισμό σημείων έντονου θορύβου, στην προσεκτική μελέτη των επιπτώσεών του και στην ανάπτυξη κατάλληλων μέτρων για τη μείωσή του (Cusano, 2013).

- Η συγκέντρωση βιομηχανικών μονάδων που μπορούν να χρησιμοποιούν η μία τα απόβλητα ή τα υποπροϊόντα (π.χ. θερμότητα) της άλλης, δημιουργώντας έτσι «οικολογίες κλίμακας», παράλληλα με πιθανές οικονομίες κλίμακας. Η σωστή χωροθέτηση για το σχηματισμό των κατάλληλων βιομηχανικών συμπλεγμάτων αποτελεί φυσικά βασική προϋπόθεση για την επιτυχία της πρακτικής αυτής (Notteboom et al., 2020).
- Η σύναψη συμβάσεων παραχώρησης με τη μορφή συμφωνιών βασισμένων στις περιβαλλοντικές επιδόσεις των εταιρειών διαχείρισης των τερματικών σταθμών, έτσι ώστε να δίνεται σε αυτές ένα ισχυρό κίνητρο να καλύπτουν τους στόχους που θέτει η λιμενική αρχή (Lam και Notteboom, 2014). Πρόκειται ουσιαστικά για μία πολιτική ανάθεσης παραχωρήσεων και μισθώσεων μέσω μιας διαδικασίας διαγωνισμού, κατά την οποία συγκεκριμένα περιβαλλοντικά κριτήρια παίζουν καθοριστικό ρόλο στην επιλογή της εταιρείας που θα υπογράψει την εκάστοτε σύμβαση παροχής υπηρεσιών. Έτσι, κάθε τέτοια σύμβαση αποτελεί μια αμοιβαία δεσμευτική συμφωνία μεταξύ της λιμενικής αρχής και των φορέων εκμετάλλευσης τερματικών σταθμών ή άλλων παραγόντων της αγοράς, η οποία περιλαμβάνει την επιβολή καθορισμένων προτύπων για ζητήματα όπως οι εκπομπές ρύπων, η διαχείριση απορριμμάτων και αποβλήτων κ.α. Ανάλογα κριτήρια μπορούν επίσης να τεθούν για τη χορήγηση των απαιτούμενων αδειών λειτουργίας ρυμουλκών, βυθοκόρων, βοηθητικών σκαφών κ.λπ. (ITF/OECD, 2018).
- Η ενίσχυση της συνεργασίας με άλλους λιμένες σε εθνικό και διεθνές επίπεδο, με σκοπό την ανταλλαγή πληροφοριών, εμπειριών, τεχνογνωσίας και βέλτιστων πρακτικών για θέματα περιβαλλοντικής πολιτικής, μέσα από συνέδρια, σεμινάρια και επίσημες συνομιλίες (Alamoush et al., 2022). Η σταθερή αυτή επικοινωνία μεταξύ λιμενικών αρχών και λοιπών εμπλεκόμενων στη λιμενική δραστηριότητα παραγόντων, μπορεί να συμβάλει σημαντικά στον καλύτερο σχεδιασμό των μελλοντικών περιβαλλοντικών στρατηγικών.



### 3.3.3 Περιβαλλοντική διαχείριση της μετακίνησης φορτίων στην ενδοχώρα

Το σύνολο των βασικών και κρίσιμων παραμέτρων που καθορίζουν την περιβαλλοντική απόδοση ενός λιμένα, αλλά και ολόκληρης της εφοδιαστικής αλυσίδας, συμπληρώνει η διαχείριση της μετακίνησης των φορτίων από και προς την ενδοχώρα. Η αποτελεσματικότητα της διαχείρισης αυτής επηρεάζεται κατ' αρχήν από τη γεωγραφική θέση του λιμένα, καθώς και από τη διαθεσιμότητα και τη λειτουργική κατάσταση των απαιτούμενων υποδομών (Notteboom και Rodrigue, 2022). Έτσι, ορισμένοι λιμένες απολαμβάνουν τη δυνατότητα μεταφοράς φορτίων μέσω εσωτερικών υδάτινων οδών, ενώ άλλοι περιορίζονται αποκλειστικά στη χρήση των διαθέσιμων οδικών και σιδηροδρομικών δικτύων και εξαρτώνται από την πυκνότητα και την ποιότητά τους. Συνολικά, οι κυριότερες και συνηθέστερες πολιτικές που υιοθετούνται για τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη μετακίνηση των θαλάσσια μεταφερόμενων αγαθών από την ενδοχώρα προς τους λιμένες φόρτωσης και αντίστροφα είναι:

- Η ανάπτυξη, εγκατάσταση και χρήση προηγμένων πληροφοριακών συστημάτων διαχείρισης της κυκλοφορίας των φορτηγών οχημάτων και τρένων, με στόχο τον βέλτιστο προγραμματισμό της κίνησής τους, τη μείωση των κενών χιλιομέτρων τους (διαδρομές χωρίς φορτίο), την αύξηση των ποσοστών χρήσης τους, τον περιορισμό των νεκρών χρόνων αναμονής, αλλά και την ελαχιστοποίηση της κυκλοφοριακής συμφόρησης στις πύλες του λιμένα (Zis, 2019). Σε αυτήν την κατεύθυνση μπορεί να συμβάλει επίσης η εφαρμογή μηχανισμών τιμολόγησης και άλλων εργαλείων για την καλύτερη κατανομή της κυκλοφορίας στο χρόνο, όπως είναι η επιβολή επιπλέον κόστους για τις ώρες αιχμής, η νυχτερινή λειτουργία των τερματικών σταθμών ή η υιοθέτηση ενός συστήματος προκαθορισμένων ραντεβού για τα φορτηγά (Zhang et al., 2019).
- Η επιδίωξη της σταδιακής ανανέωσης του στόλου των φορτηγών αυτοκινήτων που εισέρχονται στην περιοχή του λιμένα. Ο στόχος αυτός μπορεί να επιτευχθεί είτε με την επιβολή ελάχιστων επιτρεπόμενων ορίων εκπομπής συγκεκριμένων ρύπων, είτε με την παροχή κινήτρων και αντικινήτρων μέσω της άσκησης τιμολογιακής πολιτικής ή άλλων πρακτικών για την απόσυρση των παλιών τεχνολογίας οχημάτων (Notteboom, 2022).

- Η προώθηση επενδύσεων για τον εκσυγχρονισμό και την επέκταση του οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου από και προς το λιμένα, καθώς και τη βελτίωση των υποδομών που αφορούν στις εσωτερικές υδάτινες οδούς που συνδέουν το λιμένα με την ενδοχώρα (Barberi et al., 2021). Σε αυτό το πλαίσιο, ιδιαίτερα σημαντική είναι και η ανάπτυξη ενός εκτεταμένου δικτύου αγωγών, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μεταφορά υγρών φορτίων μεταξύ λιμένα και ενδοχώρας, αφού η μεταφορά μέσω αγωγών αποτελεί πολύ καθαρότερη και οικονομικότερη μέθοδο σε σύγκριση με τη χρήση βυτιοφόρων, αμαξοστοιχιών ή φορτηγίδων (Notteboom et al., 2020).
- Η μεταβολή της τρέχουσας ποσόστωσης χρήσης των διαθέσιμων μέσων μετακίνησης των φορτίων από και προς την ενδοχώρα, έτσι ώστε να προμοδοτείται η χρήση των εσωτερικών υδάτινων οδών και των σιδηροδρόμων, έναντι των αυτοκινητοδρόμων, που αποτελούν τη λιγότερο οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον λύση (Vega-Muñoz et al., 2021). Πράγματι, τόσο η εσωτερική ναυτιλία, όσο και ο σιδηρόδρομος, έχουν να προσφέρουν μια σειρά από σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως οι αυξημένες οικονομίες κλίμακας, χάρη στις μεγάλες χωρητικότητες που παρέχουν, οι μειωμένες καθυστερήσεις, αφού δεν επηρεάζονται από την κυκλοφοριακή συμφόρηση των οδικών δικτύων, αλλά και η υψηλότερη περιβαλλοντική απόδοση, συγκριτικά με τις πολύ πιο ρυπογόνες οδικές μεταφορές (Bergqvist και Egels-Zanden, 2012). Η προώθηση αυτής της μετάβασης προς οικολογικότερα μέσα σύνδεσης των λιμένων με το εσωτερικό, μπορεί να επιτευχθεί μέσω της εφαρμογής συστημάτων διαφοροποιημένης τιμολόγησης (λιμενικά τέλη και άλλα οικονομικά κίνητρα και αντικίνητρα), της επιβολής κανονισμών για την εκπομπή ατμοσφαιρικών ρύπων, καθώς και του εκσυγχρονισμού των απαιτούμενων υποδομών, έτσι ώστε να καταστούν τα επιθυμητά μέσα μετακίνησης των φορτίων ελκυστικότερα.

## 4. Μελέτες περιπτώσεων

### 4.1 Ο λιμένας του Ρότερνταμ

Επιτυγχάνοντας μία συνολική ετήσια διακίνηση φορτίων που προσεγγίζει το μισό δισεκατομμύριο μετρικούς τόνους (POR, 2023a) ο λιμένας του Ρότερνταμ αποτελεί αναμφίβολα τον μεγαλύτερο εμπορικό λιμένα της Ευρώπης και όπως είναι φυσικό, ανάλογο του μεγέθους του είναι και το περιβαλλοντικό του αποτύπωμα. Ενδεικτικά, οι Merk και Notteboom (2013) εκτιμούν, ότι οι συνδεδεμένες με τη ναυτιλιακή δραστηριότητα εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων στην περιοχή των λιμένων του Ρότερνταμ και του Άμστερνταμ αντιπροσωπεύουν το ένα δέκατο των αντίστοιχων εκπομπών του συνόλου των ευρωπαϊκών λιμανιών. Την ίδια όμως στιγμή, ο λιμένας του Ρότερνταμ παραμένει διαχρονικά μεταξύ των πλέον πρωτοποριακών παγκοσμίως, σε ό,τι αφορά στην αναζήτηση, το σχεδιασμό και την υλοποίηση πολιτικών και προγραμμάτων για την επίτευξη της βέλτιστης περιβαλλοντικής απόδοσης και βιωσιμότητας. Παράλληλα, πρωτοστατεί σε διεθνείς πρωτοβουλίες συνεργασίας λιμένων για περιβαλλοντικά ζητήματα, όπως η ίδρυση της EcoPorts το 1997, η χρήση του Environmental Ship Index (ESI) από το 2011 ή ο σχηματισμός του World Ports Climate Action Programme (WPCAP) το 2018 (POR, 2023b).

Σύμφωνα με την ετήσια αναφορά του για το 2022, κατά την τελευταία τριετία ο λιμένας του Ρότερνταμ έχει καταφέρει να περιορίσει το αποτύπώμά του σε διοξείδιο του άνθρακα κατά 47%, σταθερά προσανατολισμένος στο στόχο που έχει τεθεί για μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> έως το 2030 κατά 55% σε σύγκριση με το 1990 και τη μετατροπή του σε λιμάνι με ουδέτερο ισοζύγιο άνθρακα μέχρι το 2050. Για την εκπλήρωση των φιλόδοξων αυτών στόχων η λιμενική αρχή του Ρότερνταμ εφαρμόζει στρατηγικές και αναπτύσσει πρωτοβουλίες όπως οι ακόλουθες (POR, 2019, 2022):

- ✓ Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από την ξηρά σε ελλιμενιζόμενα πλοία εσωτερικής ναυτιλίας και από το 2024 και σε κρουαζιερόπλοια, με στόχο την ελαχιστοποίηση, τόσο της εκπομπής ατμοσφαιρικών ρύπων, όσο και της ηχορύπανσης.

- ✓ Χορήγηση εκπτώσεων στα λιμενικά τέλη πλοίων που επιτυγχάνουν υψηλές περιβαλλοντικές επιδόσεις με βάση τον δείκτη ESI ή φέρουν την πιστοποίηση της Green Award.
- ✓ Αύξηση της παραγωγής αιολικής και ηλιακής ενέργειας με τον εκσυγχρονισμό των διαθέσιμων και την εγκατάσταση νέων μονάδων, όπως υπεράκτια αιολικά πάρκα και πλωτά φωτοβολταϊκά.
- ✓ Ανάπτυξη εγκαταστάσεων για τον ανεφοδιασμό πλοίων με καθαρότερα καύσιμα όπως LNG, βιοκαύσιμα και μεθανόλη.
- ✓ Εγκατάσταση εκατοντάδων ηλεκτρονικών αισθητήρων (e-noses) για τον έγκαιρο εντοπισμό βλαβερών και επικίνδυνων εκπομπών στην ατμόσφαιρα. Ανάλογος εξοπλισμός χρησιμοποιείται και για την παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων.
- ✓ Παρακολούθηση της ακουστικής ρύπανσης από τα ελλιμενιζόμενα πλοία, μέσω του προγράμματος ESI-noise, βάσει του οποίου δίνονται οικονομικές εκπτώσεις στα πλοία που παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τον θόρυβο που παράγουν, με τη βοήθεια ενός διεθνώς αποδεκτού προτύπου.
- ✓ Κατασκευή ενός υπόγειου δικτύου σωληνώσεων, μέσω των οποίων οι τεράστιες ποσότητες θερμότητας που εκλύονται από τις βιομηχανικές μονάδες του λιμένα, θα διοχετεύονται για τη θέρμανση κατοικιών, εμπορικών κτιρίων και θερμοκηπίων.
- ✓ Κατασκευή υποθαλάσσιων αγωγών, μέσω των οποίων το διοξείδιο του άνθρακα που εκπέμπεται από τις λιμενικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις θα δεσμεύεται, θα διοχετεύεται και θα αποθηκεύεται σε εξαντλημένα κοιτάσματα αερίου στη Βόρεια Θάλασσα (πρόγραμμα Porthos).
- ✓ Κατασκευή εγκαταστάσεων και υποδομών για την παραγωγή πράσινου υδρογόνου και βιοκαυσίμων, με στόχο την ενεργειακή μετάβαση από τα ορυκτά καύσιμα σε καθαρότερες πηγές ενέργειας.
- ✓ Σταδιακή μετατροπή όλων των περιπολικών σκαφών και οχημάτων που χρησιμοποιεί η λιμενική αρχή σε υβριδικά και ηλεκτρικά με στόχο τη μείωση του δικού της αποτυπώματος άνθρακα.

- ✓ Αντικατάσταση του συνόλου του δημόσιου φωτισμού εντός του λιμένα από λαμπτήρες LED, που έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και καταναλώνουν 50% λιγότερη ενέργεια.
- ✓ Οριοθέτηση και προστασία εκτάσεων φυσικού τοπίου πλούσιου σε τοπική πανίδα και χλωρίδα εντός της περιοχής του λιμένα.
- ✓ Ενθάρρυνση της αλλαγής του μέσου που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των εμπορευματοκιβωτίων, με προτεραιοποίηση της χρήσης των φορτηγίδων και του σιδηροδρόμου, έναντι των αυτοκινητοδρόμων.
- ✓ Συμπερίληψη του παράγοντα της βιωσιμότητας ως βασικού κριτηρίου αξιολόγησης των προτάσεων που κατατίθενται από τους υποψήφιους φορείς εκμετάλλευσης τερματικών σταθμών, κατά τις συζητήσεις για τη σύναψη συμβάσεων παραχώρησης.
- ✓ Συνεργασία με άλλους λιμένες για την ανάπτυξη πράσινων διαδρόμων και την προώθηση της βιωσιμότητας στις θαλάσσιες μεταφορές. Σε αυτό το πλαίσιο εντάσσεται η υπογραφή συμφωνιών με τις λιμενικές αρχές της Σιγκαπούρης και του Γκέτεμποργκ, για την υποστήριξη της βιώσιμης ναυτιλίας, μέσω της δημιουργίας ενός ευρέος συνασπισμού φορτωτών, προμηθευτών καυσίμων και άλλων συνεργαζόμενων εταιρειών.

Επενδύοντας στην εκπόνηση επιστημονικών μελετών και την ανάπτυξη καινοτόμων προγραμμάτων όπως τα παραπάνω ο λιμένας του Ρότερνταμ επιδιώκει και σε μεγάλο βαθμό επιτυγχάνει να συνδυάζει την οικονομική ευημερία με την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, τη βιώσιμη ανάπτυξη, αλλά και την ευρεία κοινωνική αποδοχή.

## **4.2 Ο λιμένας του Long Beach**

Με περίπου 2000 αφίξεις πλοίων το χρόνο, ο λιμένας του Long Beach, στη δυτική ακτή της βόρειας Αμερικής, αποτελεί την κυριότερη πύλη του θαλάσσιου εμπορίου των Η.Π.Α. από την πλευρά του Ειρηνικού ωκεανού, μέσω της οποίας διακινούνται ετησίως περί τα 90 εκατομμύρια μετρικοί τόνοι φορτίου, αξίας 200 δισεκατομμυρίων δολαρίων (POLB, 2023a). Παράλληλα, ως σύμπλεγμα λιμένων, μαζί με το γειτονικό λιμένα του Los Angeles, κατέχουν την ένατη υψηλότερη θέση παγκοσμίως στη διακίνηση εμπορευματοκιβωτίων. Ωστόσο, η επίτευξη των μεγεθών

αυτών συνοδεύεται αναπόφευκτα από ένα βαρύ περιβαλλοντικό κόστος, με ιδιαίτερα δυσμενείς επιπτώσεις για την υγεία των κατοίκων των γύρω περιοχών. Η ανάγκη για μια ουσιαστική και αποτελεσματική απάντηση στις σοβαρές περιβαλλοντικές προκλήσεις που θέτει διαρκώς η ταχεία ανάπτυξη του λιμένα, οδήγησε, ήδη από τις αρχές του 21<sup>ου</sup> αιώνα, στην αναζήτηση μίας πιο επιθετικής και ολοκληρωμένης προσέγγισης.

Οι συντονισμένες προσπάθειες των υπευθύνων χάραξης πολιτικής κατέληξαν στην υιοθέτηση το 2005 της Green Port Policy, που καθιέρωσε ένα ισχυρό πλαίσιο άσκησης της λιμενικής δραστηριότητας με πολύ φιλικότερους προς το περιβάλλον όρους και λειτουργεί έκτοτε ως ένας οδηγός λήψης αποφάσεων για την περεταίρω ανάπτυξη του λιμένα. Ως βασικές κατευθυντήριες αρχές της Green Port Policy ορίστηκαν η προστασία της κοινότητας από τις επιβλαβείς συνέπειες των λιμενικών δραστηριοτήτων, η ανάδειξη του λιμένα ως πρωτοπόρου στην περιβαλλοντική διαχείριση, η προώθηση της βιωσιμότητας, η επιστράτευση των πλέον σύγχρονων τεχνολογιών για τον περιορισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, αλλά και η άμεση εμπλοκή και συμμετοχή της ίδιας της κοινότητας (POLB, 2005). Πιο συγκεκριμένα, οι διακηρυγμένοι προγραμματικοί στόχοι της πολιτικής αυτής περιλαμβάνουν:

- Τη μείωση των επικίνδυνων ατμοσφαιρικών ρύπων.
- Τη βελτίωση της ποιότητας των υδάτων.
- Την αποκατάσταση και προστασία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων.
- Την απομάκρυνση και διαχείριση των μολυσμένων ιζημάτων και τμημάτων του εδάφους.
- Την εφαρμογή βιώσιμων πρακτικών στο σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία του συνόλου των λιμενικών εγκαταστάσεων.
- Την εκπαίδευση και ενεργή συμμετοχή της κοινότητας στα περιβαλλοντικά προγράμματα.

Με γνώμονα τις παραπάνω αρχές και επιδιώξεις της Green Port Policy, ο λιμένας του Long Beach προχώρησε τα επόμενα χρόνια στο σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας σειράς από στοχευμένα περιβαλλοντικά προγράμματα και πρωτοβουλίες. Ένα από τα πρώτα προγράμματα που τέθηκε σε εφαρμογή, συμβάλλοντας δραστικά στη βελτίωση της ποιότητας της τοπικής ατμόσφαιρας είναι

το Green Flag Program. Πρόκειται για ένα εθελοντικό πρόγραμμα μείωσης της ταχύτητας των πλοίων που προσεγγίζουν ή απομακρύνονται από το λιμάνι. Συγκεκριμένα, παρέχονται κλιμακωτά οικονομικά κίνητρα για τα πλοία που επιλέγουν να μειώσουν την ταχύτητά τους στους 12 κόμβους ή και λιγότερο, όταν πλέουν σε απόσταση μικρότερη των 40 ή των 20 ναυτικών μιλίων από την είσοδο του λιμένα. Σε αντάλλαγμα για τη συμμετοχή τους, τα πλοία λαμβάνουν μία έκπτωση στα λιμενικά τους τέλη, της τάξης του 25% για αυτά που επιβραδύνουν από τα 40 ναυτικά μίλια και 15% για εκείνα που ελαττώνουν ταχύτητα στα 20 ναυτικά μίλια. Προϋπόθεση για να τους αποδοθεί η παραπάνω έκπτωση, αποτελεί η συμμόρφωση των πλοίων σε ποσοστό τουλάχιστον 90% σε ένα ημερολογιακό έτος. Το πρόγραμμα Green Flag βασίζεται στο γεγονός ότι τα πλοία εκπέμπουν λιγότερα καυσαέρια, όταν ταξιδεύουν αργά, προσφέροντας έτσι σημαντική βοήθεια στην προσπάθεια περιορισμού της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Σήμερα, το ποσοστό συμμετοχής στο πρόγραμμα, των πλοίων που καταπλέουν στο λιμάνι του Long Beach, αγγίζει το 93% για τη ζώνη των 40 ναυτικών μιλίων και ξεπερνάει το 97% για τη ζώνη των 20 ναυτικών μιλίων, ενώ εκτιμάται ότι με την εφαρμογή του Green Flag Program αποτρέπεται η εκπομπή άνω των 1000 τόνων ατμοσφαιρικών ρύπων ετησίως (POLB, 2020).

Επόμενο σταθμό στην προσπάθεια καταπολέμησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τη ναυτιλιακή δραστηριότητα αποτέλεσε η υιοθέτηση το 2012 του Green Ship Program. Στα πλαίσια του προγράμματος αυτού δίνονται ισχυρά οικονομικά κίνητρα σε πλοία που καταπλέουν στο λιμάνι, ως ανταμοιβή για τη χρήση καθαρότερων προωστήριων μηχανών και επομένως την εκπομπή μειωμένων ατμοσφαιρικών ρύπων. Από την 1<sup>η</sup> Ιουλίου του 2021 στο πρόγραμμα Green Ship ενσωματώθηκε η χρήση του Environmental Ship Index της IAPH, που κατατάσσει τα πλοία ανάλογα με τη συνολική περιβαλλοντική τους απόδοση. Με την προσθήκη αυτή, τα κριτήρια βάσει των οποίων καθορίζονται τα οικονομικά κίνητρα, εμπλουτίστηκαν με μία σειρά από νέες παραμέτρους, επιτρέποντας έτσι την επιβράβευση με υψηλότερα ποσά των πλοιοκτητών που επενδύουν στην υιοθέτηση πράσινων τεχνολογιών, όπως η χρήση καθαρότερων καυσίμων, η δυνατότητα λήψης ηλεκτρικής ενέργειας από την ξηρά κ.λπ. (POLB, 2021).

Πέρα από την εφαρμογή των δύο παραπάνω εθελοντικών προγραμμάτων, ο λιμένας του Long Beach, σε συνεργασία με το γειτονικό λιμένα του Los Angeles, έχουν προχωρήσει από το 2006 στην από κοινού υιοθέτηση του Clean Air Action Plan (CAAP). Πρόκειται για ένα εκτεταμένο σχέδιο, που αποτελεί ορόσημο στη μάχη για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που συνδέεται με τη λιμενική δραστηριότητα. Έχοντας διακρίνει και προσδιορίσει την κάθε μία από τις πηγές ρύπανσης του αέρα, το σχέδιο CAAP προώθησε μια σειρά από εξειδικευμένες στρατηγικές για την ελαχιστοποίηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των ελλιμενιζόμενων πλοίων, των φορτηγών και των τρένων που χρησιμοποιούνται για τη μετακίνηση των φορτίων από και προς την ενδοχώρα, των διαφόρων λιμενικών σκαφών, όπως ρυμουλκά και βυθοκόροι, καθώς και του συνόλου του εξοπλισμού διαχείρισης των φορτίων, όπως γερανοί, οχήματα κ.λπ. Επιπλέον, το λιμενικό δίκτυο παρακολούθησης της ατμόσφαιρας συλλέγει σε πραγματικό χρόνο πληθώρα δεδομένων, παρέχοντας ακριβείς πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα του αέρα στην περιοχή. Παράλληλα, τα δύο συνεργαζόμενα λιμάνια πραγματοποιούν και δημοσιοποιούν αναλυτικές απογραφές των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων σε ετήσια βάση. Οι εκθέσεις αυτές παρέχουν λεπτομερή στοιχεία για την πρόοδο που επιτυγχάνεται σε σύγκριση με το 2005, που έχει οριστεί ως έτος αναφοράς (CAAP, 2023a).

Επεκτείνοντας τη συνεργασία τους στα πλαίσια του CAAP, οι λιμένες του Long Beach και του Los Angeles εγκαινίασαν το 2007 το Technology Advancement Program (TAP), ένα ανταγωνιστικό πρόγραμμα χρηματοδότησης για την προώθηση και ανάπτυξη νέων τεχνολογιών στην υπηρεσία της καταπολέμησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Στόχο του προγράμματος αποτελεί η παροχή της απαραίτητης υποστήριξης και καθοδήγησης για τη μεταφορά επιτυχημένων τεχνολογιών αιχμής στο λιμενικό τομέα, όσο το δυνατόν συντομότερα. Μέσα από τη συνεργασία με εταιρείες υψηλής τεχνολογίας, ρυθμιστικούς φορείς και παράγοντες της λιμενικής βιομηχανίας, το πρόγραμμα TAP επικεντρώνεται στον έλεγχο, την αξιολόγηση και εν τέλει την υιοθέτηση πράσινων τεχνολογιών, συναφών με τη λιμενική δραστηριότητα, όπως υπήρξε για παράδειγμα η ναυπήγηση του πρώτου υβριδικού ρυμουλκού στον κόσμο (CAAP, 2023b).



Ένα από τα πλέον πρωτοποριακά προγράμματα που προήλθε από το σχέδιο CAAP και εφαρμόστηκε με τεράστια επιτυχία από το λιμένα του Long Beach ήταν και το Clean Truck Program. Με αφετηρία το 2008, το πρόγραμμα αυτό προέβλεπε τη σταδιακή απαγόρευση εισόδου στο λιμάνι των παλαιότερης τεχνολογίας και εξαιρετικά ρυπογόνων φορτηγών. Τέσσερα χρόνια αργότερα απαγορεύτηκε οριστικά η είσοδος σε όλα τα φορτηγά που δεν πληρούσαν τα πρότυπα εκπομπής καυσαερίων του 2007. Κατά την ολοκλήρωση του προγράμματος το 2012, οι εκπομπές ρύπων από τα φορτηγά του λιμένα είχαν ήδη μειωθεί κατά περισσότερο από 90% (POLB, 2019).

Η τελευταία επικαιροποίηση του CAAP το 2017 εγκαινίασε μία νέα εποχή επιθετικών στρατηγικών για την επιτάχυνση της προόδου προς ένα μέλλον μηδενικών εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων. Ειδικότερα, έθεσε ως στόχο τη μετάβαση σε μηδενικές εκπομπές ρύπων για τον εξοπλισμό διαχείρισης των φορτίων μέχρι το 2030 και για τα φορτηγά έως το 2035. Ευθυγραμμιζόμενος με τις κατευθύνσεις αυτές, ο λιμένας του Long Beach εξακολουθεί να αναλαμβάνει ένα πλήθος πρωτοβουλιών, όπως η εφαρμογή της τεχνολογίας Cold Ironing σε κρουαζιερόπλοια, πλοία ψυγεία και πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων σε ποσοστό άνω του 80%, η κατασκευή σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων φορτηγών, η ανάπτυξη ηλεκτροκίνητων οχημάτων και εξοπλισμού διαχείρισης φορτίων κ.α. Συνολικά, έχοντας θέσει ως κορυφαία προτεραιότητά του την ελαχιστοποίηση των ατμοσφαιρικών ρύπων που εκπέμπονται από κάθε πτυχή της λιμενικής δραστηριότητας, επιβαρύνοντας την ανθρώπινη υγεία και χάρη στο σχεδιασμό και την υλοποίηση όλων των προγραμμάτων που αναπτύχθηκαν παραπάνω, ο λιμένας του Long Beach έχει ήδη πετύχει μείωση των αιωρούμενων σωματιδίων κατά 91%, των οξειδίων του θείου κατά 97% και των οξειδίων του αζώτου κατά 63%, σε σχέση με το 2005 (POLB, 2023b).

Η αξιοσημείωτη επιτυχία του σχεδίου CAAP ώθησε τους λιμένες του Long Beach και του Los Angeles στην από κοινού αναζήτηση λύσεων για ένα ακόμη μακροχρόνιο περιβαλλοντικό ζήτημα, τη ρύπανση των υδάτων και την υποβάθμιση των θαλάσσιων οικοσυστημάτων. Οι δύο γειτονικοί λιμένες, σε συνεργασία με περιβαλλοντολόγους, ρυθμιστικές αρχές και άλλους ενδιαφερόμενους φορείς, ανέλαβαν μία συλλογική πρωτοβουλία με στόχο τον εντοπισμό κάθε πιθανής πηγής

της θαλάσσιας ρύπανσης και τη διατύπωση συγκεκριμένων προτάσεων για την αντιμετώπισή της. Προϊόν της συντονισμένης αυτής προσπάθειας αποτέλεσε η υιοθέτηση το 2009 του Water Resources Action Plan (WRAP), ενός ολοκληρωμένου σχεδίου δράσης για την αναβάθμιση της ποιότητας των υδάτινων πόρων. Η εφαρμογή των 14 μέτρων που περιλάμβανε το σχέδιο WRAP συνέβαλε καθοριστικά στην ανάπτυξη βέλτιστων πρακτικών διαχείρισης και την καθιέρωση προτύπων για τον έλεγχο ή ακόμη και την εξάλειψη των μολυσματικών απορρίψεων από κάθε ναυτιλιακή και βιομηχανική δραστηριότητα στην περιοχή του λιμένα (POLB, 2011). Η επιτυχία του σχεδίου WRAP αποτυπώνεται σε έρευνα που διεξήχθη πέντε μόλις χρόνια από την υιοθέτησή του και η οποία διαπίστωσε αύξηση της βιοποικιλότητας κατά 60% σε σχέση με το 2008 (POLB, 2023c). Η τελευταία ανάλογη έρευνα, το 2018, εντόπισε την υψηλότερη ποικιλομορφία υδρόβιων ειδών χλωρίδας και πανίδας που έχει παρατηρηθεί από το 2000. Επιπλέον επιβεβαίωσε, ότι η διαύγεια του νερού εξακολουθεί να βελτιώνεται και τα αλλόχθονα είδη δε φαίνεται να διαταράσσουν το τοπικό οικοσύστημα (POLB, 2018).

Στο επίπεδο των διεθνών συνεργασιών του λιμένα του Long Beach με την παγκόσμια λιμενική και ναυτιλιακή κοινότητα, μία από τις πλέον πρόσφατες εξελίξεις αφορά στη δημιουργία του πρώτου πράσινου ναυτιλιακού διαδρόμου στον Ειρηνικό ωκεανό. Πρόκειται για μία εθελοντική συνεργασία των λιμένων του Long Beach, του Los Angeles και της Σαγκάης με κορυφαίες ναυτιλιακές εταιρείες και μερικούς από τους σημαντικότερους ιδιοκτήτες φορτίων, που αποσκοπεί στον περιορισμό των ατμοσφαιρικών ρύπων σε μία από τις πλέον πολυσύχναστες θαλάσσιες οδούς μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Φιλοδοξία της πρωτοβουλίας αυτής είναι να λειτουργήσει ως πρότυπο, αλλά και ως σταθμός στην πορεία προς την απανθρακοποίηση των διεθνών εφοδιαστικών αλυσίδων στο σύνολό τους (CAAP, 2023c).

### **4.3 Ο λιμένας της Σιγκαπούρης**

Η στρατηγική γεωγραφική θέση του λιμένα της Σιγκαπούρης στην καρδιά της νοτιοανατολικής Ασίας, στο πέρασμα που συνδέει τον Ινδικό με τον Ειρηνικό ωκεανό και από το οποίο διέρχονται οι πλέον πολυσύχναστες ναυτιλιακές οδοί του ανατολικού ημισφαιρίου, τον έχει καταστήσει έναν από τους σημαντικότερους

κόμβους των διεθνών θαλάσσιων μεταφορών και της παγκόσμιας εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι συνολικές ετήσιες αφίξεις πλοίων ξεπερνούν κατά πολύ τις 100.000, ενώ η συνολική ποσότητα των φορτίων που διακινούνται, κυμαίνεται περί τους 600 εκατομμύρια τόνους το χρόνο. Σε ό,τι αφορά τη διακίνηση εμπορευματοκιβωτίων, ο λιμένας της Σιγκαπούρης είναι ο δεύτερος μεγαλύτερος παγκοσμίως, φτάνοντας για το 2023 τα 39 εκατομμύρια TEUs (MPA, 2024). Ταυτόχρονα όμως, η Σιγκαπούρη αποτελεί τον μεγαλύτερο κόμβο μεταφόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων στον κόσμο, αφού, χάρη στην εξαιρετική συνδεσιμότητα που προσφέρει η θέση της, περίπου το 85% των εμπορευματοκιβωτίων που φτάνουν στο λιμένα της, μεταφορτώνονται από το ένα πλοίο στο άλλο για τη διαμετακόμισή τους μέχρι τον τελικό τους προορισμό (PSA, 2024).

Παράλληλα, ο λιμένας της Σιγκαπούρης αποτελεί το μεγαλύτερο σταθμό ανεφοδιασμού πλοίων με καύσιμα στον πλανήτη, με τις ετήσιες πωλήσεις ναυτιλιακών καυσίμων να υπερβαίνουν τους 50 εκατομμύρια τόνους (MPA, 2024). Εκτός από τα εκατοντάδες ποντοπόρα πλοία που προσεγγίζουν καθημερινά το λιμάνι της Σιγκαπούρης για φορτοεκφόρτωση, παραλαβή καυσίμων και προμηθειών, αντικατάσταση πληρωμάτων, επισκευαστικές εργασίες κ.λπ., στην περιοχή του λιμένα δραστηριοποιείται και ένας στόλος πολυάριθμων λιμενικών σκαφών, που παρέχουν μία σειρά από βοηθητικές υπηρεσίες, όπως η ρυμούλκηση, η προμήθεια καυσίμων, η παράδοση εφοδίων, η μεταφορά προσωπικού κ.α.

Στοχεύοντας στον περιορισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος από το σύνολο των λιμενικών δραστηριοτήτων, αλλά και στην προώθηση της πράσινης ναυτιλίας, η λιμενική αρχή της Σιγκαπούρης προχώρησε το 2011 στην υιοθέτηση της Maritime Singapore Green Initiative (MSGI). Η πρωτοβουλία αυτή περιλαμβάνει μία δέσμη εθελοντικών προγραμμάτων, σχεδιασμένων να παρέχουν κίνητρα σε ναυτιλιακές εταιρείες για την εφαρμογή περιβαλλοντικών πολιτικών και πρακτικών, που υπερβαίνουν τις ελάχιστες απαιτήσεις του IMO. Στο πλαίσιο της πρωτοβουλίας MSGI, το Green Port Program (GPP) επιδιώκει να ενθαρρύνει, μέσω της παροχής σημαντικών οικονομικών κινήτρων, τη βελτιστοποίηση της περιβαλλοντικής απόδοσης, τόσο των ποντοπόρων πλοίων που καταπλέουν στο λιμένα της Σιγκαπούρης, όσο και των λιμενικών σκαφών που δραστηριοποιούνται σε αυτόν (MPA, 2023). Συγκεκριμένα, η τελευταία αναθεώρηση του προγράμματος, με ισχύ

από το Μάιο του 2022 έως το τέλος του 2024, προβλέπει μείωση των λιμενικών τελών κατά 30% για τα ελλιμενιζόμενα πλοία που χρησιμοποιούν καύσιμο μηδενικής εκπομπής άνθρακα και κατά 25% για αυτά που χρησιμοποιούν καύσιμο χαμηλής εκπομπής άνθρακα (π.χ. LNG ή βιοκαύσιμα), καθώς και για εκείνα που υπερβαίνουν κατά τουλάχιστον 10% τις απαιτήσεις της 3<sup>ης</sup> φάσης του δείκτη EEDI. Επιπλέον, προσφέρει πενταετή απαλλαγή από την καταβολή λιμενικών τελών για τα λιμενικά σκάφη που χρησιμοποιούν καύσιμα χαμηλής ή μηδενικής εκπομπής άνθρακα (MPA, 2022a).

Φιλοδοξώντας να συμβάλει ουσιαστικά στην υποστήριξη της Ατζέντας 2030 του ΟΗΕ για τη βιώσιμη ανάπτυξη, καθώς και της αρχικής στρατηγικής του IMO για τη μείωση των ναυτιλιακών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η λιμενική αρχή της Σιγκαπούρης έθεσε τους δικούς της ανάλογους στόχους. Αυτοί περιλαμβάνουν τη μείωση έως το 2030 κατά 60% σε σχέση με τα επίπεδα του 2005 των εκπομπών άνθρακα από τη δραστηριότητα των τερματικών σταθμών του λιμένα και την επίτευξη μηδενικών εκπομπών μέχρι το 2050, καθώς επίσης και τον περιορισμό των αντίστοιχων εκπομπών από τα λιμενικά σκάφη κατά 15% το 2030 σε σύγκριση με το 2021 και την περαιτέρω μείωσή τους στο μισό έως το 2050. Για την κατάκτηση των παραπάνω στόχων και την οικοδόμηση της βιωσιμότητας, πέρα από την προώθηση της πρωτοβουλίας MSGI, ο λιμένας της Σιγκαπούρης ανέπτυξε μια σειρά από συγκεκριμένες στρατηγικές (MPA, 2022b; PSA, 2022):

- ✓ Σταδιακή αντικατάσταση του παλαιού ντιζελοκίνητου εξοπλισμού διαχείρισης φορτίων με ηλεκτροκίνητες αυτοματοποιημένες γερανογέφυρες και οχήματα που κινούνται είτε με καθαρότερα καύσιμα, όπως το LNG και τα βιοκαύσιμα, είτε με ηλεκτρική ενέργεια. Η προώθηση της ηλεκτροκίνησης συνοδεύεται από την ανάπτυξη κεντρικά παρακολουθούμενων σταθμών ταχείας φόρτισης οχημάτων.
- ✓ Προοδευτική απεξάρτηση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνθρακα, είτε με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ή καύσιμα χαμηλότερων εκπομπών άνθρακα, είτε με την εισαγωγή πράσινης ηλεκτρικής ενέργειας από το εξωτερικό. Αυτό θα επιτρέψει την ελαχιστοποίηση των έμμεσων εκπομπών άνθρακα από τον ηλεκτροκίνητο εξοπλισμό διαχείρισης φορτίων.

- ✓ Μέγιστη αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, ως εναλλακτικής πηγής παραγωγής καθαρής ηλεκτρικής ενέργειας, με την εγκατάσταση σύγχρονων φωτοβολταϊκών συστημάτων βέλτιστης απόδοσης στις στέγες των κτιρίων και σε κάθε άλλη διαθέσιμη επιφάνεια, με στόχο την κάλυψη σημαντικού μέρους των ενεργειακών αναγκών του λιμένα.
- ✓ Ανάπτυξη σύγχρονων ψηφιακών συστημάτων για τον αποτελεσματικότερο προγραμματισμό και συντονισμό των κινήσεων πλοίων και φορτίων και την απρόσκοπτη ροή πληροφοριών μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων, σε πραγματικό χρόνο. Η χρήση των συστημάτων αυτών επιτρέπει τη δραστική μείωση, τόσο του χρόνου παραμονής των πλοίων στο λιμάνι, όσο και του νεκρού χρόνου αναμονής των λιμενικών σκαφών και των οχημάτων διαχείρισης φορτίων και επομένως μεταφράζεται σε σημαντικό περιορισμό των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων.
- ✓ Ανάπτυξη ενός «έξυπνου» συστήματος διαχείρισης των δικτύων ενέργειας (Smart Green Management System). Η λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος προσφέρει στους τερματικούς σταθμούς του λιμένα τη δυνατότητα να ελέγχουν πλήρως την ενεργειακή απόδοση του εξοπλισμού διαχείρισης φορτίων, των κτιριακών υποδομών και κάθε άλλης λιμενικής εγκατάστασης, έτσι ώστε να διαχειρίζονται κατά το βέλτιστο δυνατό τρόπο τη συνολική τους κατανάλωση ενέργειας, με προφανή οφέλη τόσο οικονομικά, όσο και περιβαλλοντικά.
- ✓ Σχεδιασμός νέου ρυθμιστικού πλαισίου για τη σταδιακή μετάβαση του τοπικού στόλου λιμενικών σκαφών σε καθαρότερα καύσιμα, όπως LNG, βιοκαύσιμα και ηλεκτροκίνηση, μέχρι το 2030.
- ✓ Εικοσιτετράωρη παρακολούθηση και αξιολόγηση των επιπέδων ατμοσφαιρικών ρύπων και συγκεκριμένα των αιωρούμενων σωματιδίων (PM 2.5 & PM 10), του διοξειδίου του αζώτου (NO<sub>2</sub>) και του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), μέσω του προγράμματος “Ambient Air Quality Monitoring”.
- ✓ Παρακολούθηση του παραγόμενου θορύβου σε περισσότερα από 100 σημεία εντός του λιμένα και εκτενής αξιολόγηση της επίδρασης της ηχορύπανσης στους πληθυσμούς που κατοικούν γύρω από αυτόν.

- ✓ Ελαχιστοποίηση της παραγωγής απορριμμάτων, μέσω της υιοθέτησης πρωτοβουλιών και προγραμμάτων διαχείρισης και ανακύκλωσής τους στη βάση των αρχών “Reduce – Reuse – Recycle”.
- ✓ Ενεργή συμμετοχή σε πρωτοβουλίες και προγράμματα δενδροφύτευσης και δημιουργίας πάρκων αναψυχής, καθώς και κήπων παραγωγής φρούτων και λαχανικών, μέσα και γύρω από το λιμένα, με σκοπό την ενίσχυση των σχέσεών του με την κοινότητα.
- ✓ Συνεγκατάσταση συγκεκριμένων βιομηχανιών και δραστηριοτήτων κοντά στους τερματικούς σταθμούς του λιμένα, έτσι ώστε να δημιουργούνται συνέργειες, με στόχο τη συντόμευση των εφοδιαστικών αλυσίδων και την εξοικονόμηση πόρων. Η κατασκευή για παράδειγμα ενός τέτοιου «οικοσυστήματος» για την παραγωγή σκυροδέματος και κατασκευαστικών υλικών στον τερματικό σταθμό “Jurong Port”, υπολογίζεται ότι μεταφράζεται σε 624.000 λιγότερα δρομολόγια φορτηγών το χρόνο (Jurong Port, 2022).
- ✓ Διασφάλιση της ετοιμότητας του λιμένα της Σιγκαπούρης να υποστηρίξει τον ανεφοδιασμό πλοίων με πολλαπλά ναυτιλιακά καύσιμα χαμηλών και μηδενικών εκπομπών άνθρακα, για την κάλυψη των μελλοντικών ενεργειακών αναγκών της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Σε αυτό το πλαίσιο η λιμενική αρχή της Σιγκαπούρης συνεργάζεται ενεργά με κάθε ενδιαφερόμενο φορέα για τη διερεύνηση και τον καθορισμό ασφαλών προτύπων μεταφοράς και ανεφοδιασμού των καυσίμων του μέλλοντος. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η συνεργασία της με το λιμένα του Ρότερνταμ και το Υπουργείο Μεταφορών της Ιαπωνίας για το σχηματισμό του δικτύου “Future Fuels Port Network” τον Οκτώβριο του 2020, καθώς και η σύμπραξή της με την κυβέρνηση της Αυστραλίας για τη σύσταση της πρωτοβουλίας “Low Emissions Maritime and Shipping Initiative” τον Ιούνιο του 2021.

## 5. Συμπεράσματα

Η εκτίναξη της παγκόσμιας διακίνησης αγαθών μέσω των θαλάσσιων μεταφορών που συντελέστηκε τις τελευταίες δεκαετίες, δημιούργησε την ανάγκη για ταχεία ανάπτυξη μεγάλων λιμενικών εγκαταστάσεων, ικανών να εξυπηρετούν γρήγορα και αποτελεσματικά τα διαρκώς αυξανόμενα σε αριθμό, αλλά και σε μέγεθος πλοία του παγκόσμιου εμπορικού στόλου. Παράλληλα με τα προφανή οικονομικά οφέλη που συνεπάγεται η παρουσία των λιμένων για τις τοπικές κοινωνίες, γίνεται ολοένα και πιο έντονα αντιληπτό ότι η λειτουργία τους συντείνει στη σοβαρή επιβάρυνση της ατμόσφαιρας, των υδάτων και του εδάφους, προκαλώντας τη σημαντική υποβάθμιση τόσο του φυσικού περιβάλλοντος, όσο και της υγείας των κατοίκων των γύρω περιοχών.

Η αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών ζητημάτων που προκύπτουν από τις λιμενικές δραστηριότητες επιχειρείται αφενός με τη θέσπιση κανονισμών από διεθνείς και περιφερειακούς ρυθμιστικούς φορείς και το σχεδιασμό προγραμμάτων από διεθνείς συνεργασίες λιμένων και αφετέρου με πρωτοβουλίες που λαμβάνει η κάθε λιμενική αρχή ξεχωριστά. Σε ό,τι αφορά το διεθνές κανονιστικό πλαίσιο, αυτό επικεντρώνεται κυρίως στη ρύπανση που προκαλείται από τη λειτουργία των πλοίων. Μάλιστα, ως προς την ατμοσφαιρική ρύπανση αξίζει να επισημανθεί ότι, εξαιτίας και της σθεναρής αντίστασης που προβάλλουν οι διεθνείς εφοπλιστικές ενώσεις, η επιβολή πολύ συγκεκριμένων και αυστηρών κανόνων για τα οξείδια του θείου και του αζώτου, δε συνοδεύεται ακόμη από αντίστοιχες ρυθμίσεις για την εκπομπή του διοξειδίου του άνθρακα, παρά την άμεση σύνδεσή του με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την υπερθέρμανση του πλανήτη.

Από την άλλη πλευρά, η λειτουργία των ίδιων των λιμενικών εγκαταστάσεων δεν εντάσσεται σε κάποιο παγκόσμιο πλέγμα κανόνων, αλλά αντίθετα ρυθμίζεται από ένα μωσαϊκό εθνικών και τοπικών κανονισμών, γεγονός που δυσκολεύει τη συντονισμένη λήψη δραστικών μέτρων, ενώ και η συμμετοχή σε προγράμματα που υλοποιούνται από διεθνείς ενώσεις λιμένων, παραμένει σε εθελοντική βάση. Γενικά, οι στρατηγικές που απλά θέτουν κανόνες και ρυθμίζουν διαδικασίες, υιοθετούνται πολύ ευκολότερα και ταχύτερα σε σύγκριση με τα προγράμματα που περιλαμβάνουν

την εγκατάσταση και χρήση νέων τεχνολογιών. Ως εμπορικές επιχειρήσεις που πρωτίστως ενδιαφέρονται για την αύξηση της κερδοφορίας τους, οι εταιρείες διαχείρισης των λιμένων συνήθως εμφανίζονται ιδιαίτερα διστακτικές απέναντι σε καινοτόμες τεχνολογίες, η υιοθέτηση των οποίων προϋποθέτει την διοχέτευση μεγάλων κεφαλαίων σε επενδύσεις, που δεν είναι καθόλου βέβαιο ότι θα αποδώσουν τα αναμενόμενα οφέλη. Γίνεται επομένως φανερό, ότι η παροχή κινήτρων και οικονομικής υποστήριξης από την πλευρά των κρατών αποδεικνύεται εξαιρετικά σημαντική.

Συνολικά, όπως καταδεικνύει η αρκετά επιτυχημένη περιβαλλοντική πολιτική ορισμένων πρωτοπόρων στον τομέα αυτό λιμενικών αρχών, η πορεία προς την κατάκτηση μιας πιο πράσινης και βιώσιμης ανάπτυξης του λιμενικού τομέα απαιτεί τη συνδυασμένη χρήση μιας πληθώρας εργαλείων, όπως η θέσπιση κανόνων και πολιτικών που θα εφαρμόζονται από το σύνολο των χρηστών κάθε λιμένα, η ανάπτυξη των απαιτούμενων υποδομών για την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών, η συνεχής παρακολούθηση της περιβαλλοντικής απόδοσης του λιμένα και η έγκαιρη λήψη διορθωτικών μέτρων, όπου απαιτείται. Οπωσδήποτε, η παρουσία πολλών εμπλεκόμενων παραγόντων με διαφορετικά και ενίοτε αντικρουόμενα συμφέροντα και προτεραιότητες συχνά θέτει εμπόδια στην πορεία αυτή. Είναι λοιπόν αυτονόητο, ότι το υψηλό επίπεδο συνεργασίας μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων στη λειτουργία ενός λιμένα φορέων αποτελεί το κλειδί για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος.



## 6. Βιβλιογραφία

AAPA, (2023a). “Environmental Management Handbook”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://aapa-ports.org/empowering/content.aspx?ItemNumber=989> (30/10/2023).

AAPA, (2023b). “The POWERS Program”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://aapapowers.com/> (30/10/2023).

Acciario, M., Ghiara, H., Cusano, M.I., (2014a). Energy management seaport: A new role for port authorities. *Energy Policy*, 71: 4-12.

Acciario, M., Vanelslander, T., Sys, C., Ferrari, C., Roumboutsos, A., Giuliano, G., Lam, J.S.L., Kapros, S., (2014b). Environmental sustainability in seaports: a framework for successful innovation. *Maritime Policy & Management*, 41 (5): 480-500.

Alamouh, A.S., Olcer, A.I., Ballini, F., (2022). Ports’ role in shipping decarbonisation: A common port incentive scheme for shipping greenhouse gas emissions reduction. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 3,100021.

Ashrafi, M., Walker, T.M., Magnan, G.M., Adams, M., Acciario, M., (2020). A review of corporate sustainability drivers in maritime ports: a multi-stakeholder perspective. *Maritime Policy & Management*, 47 (8): 1027-1044.

Barberi, S., Sambito, M., Neduzha, L., Severino, A., (2021). Pollutant Emissions in Ports: A Comprehensive Review. *Infrastructures*, 6 (8), 114.

Bergqvist, R., Egels-Zanden, N., (2012). Green port dues: The case of hinterland transport. *Research in Transportation, Business & Management*, 5, 85-91.

Bergqvist, R., Monios, J., (2019). Green Ports in Theory and Practice. In R. Bergqvist & J. Monios (eds.), *Green Ports, Inland and Seaside Sustainable Transportation Strategies* (pp. 1-17). Elsevier.

Bouman, E.A., Lindstad, E., Riialand, A.I., Stromman, A.H., (2017). State-of-the-art technologies, measures and potential for reducing GHG emissions from shipping: A review. *Transportation Research Part D*, 52, 408-421.

Γραμμένος, Π. (2023). “Τα πράσινα καύσιμα του μέλλοντος για την παγκόσμια ναυτιλία”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://powergame.gr/green-power/457556/ta-prasina-kafsima-tou-mellontos-gia-tin-pagkosmia-naftilia/> (30/11/2023).

CAAP, (2023a). “Clean Air Action Plan – About the plan”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://cleanairactionplan.org/about-the-plan/> (08/12/2023).

CAAP, (2023b). “Ports’ Technology Advancement Program”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://cleanairactionplan.org/technology-advancement-program/> (08/12/2023).

CAAP, (2023c). “Green Shipping Corridor Implementation Plan Outline”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://cleanairactionplan.org/2023/09/22/san-pedro-bay-ports-give-quarterly-clean-air-action-plan-update-2-2/> (08/12/2023).

Cammin, P., Brussau, K., Voß, S., (2022). Classifying maritime port emissions reporting. *Maritime Transport Research*, 3, 100066.

Christodoulou, A., Gonzalez-Aregall, M., Linde, T., Vierth, I., Cullinane, K., (2019). Targeting the reduction of shipping emissions to air: A global review and taxonomy of policies, incentives and measures. *Maritime Business Review*, 4, 16-30.

Corbett, J.J., Winebrake, J.J., Green, E.H., Kasibhatla, P., Eyring, V., Lauer, A., (2007). Mortality from Ship Emissions: A Global Assessment. *Environmental Science & Technology*, 41, 8512-8518.

CSI/IVL Swedish Environmental Research Institute, (2023). “Clean Shipping Index”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://cleanshippingindex.com/> (07/11/2023).

Cusano, M.I., (2013). Green ports policy: an assessment of major threats and main strategies in ports, Società Italiana di Economia dei Trasporti e della Logistica - XV Riunione Scientifica – Venezia, 18-20 Settembre 2013.

Darbra, R.M., Ronza, A., Casal, J., Stojanovic, T.A., Wooldridge, C., (2004). The Self Diagnosis Method: A new methodology to assess environmental management in sea ports. *Marine Pollution Bulletin*, 48, 420-428.

EcoPorts, (2023a). “EcoPorts in numbers”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://ecoports.com/about> (26/10/2023).

EcoPorts, (2023b). “Self Diagnosis Method (SDM): The user-friendly environmental checklist”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://ecoports.com/sdm> (27/10/2023).

EcoPorts, (2023c). “Port Environmental Review System (PERS): The only port sector specific environmental management standard”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://ecoports.com/pers> (27/10/2023).

ESI, (2023). “Environmental Ship Index”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://environmentalshipindex.org/> (01/11/2023).

ESPO, (2023a). “ESPO Environmental Report 2023”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://espo.be/media/ESPO%20Environmental%20Report%202023.pdf> (30/11/2023).

ESPO, (2023b). “North Sea Port wins the ESPO Award 2023 and ESPO celebrates its 30 years”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://espo.be/news/north-sea-port-wins-the-espo-award-2023> (30/11/2023).

ESPO, (2021). *ESPO Green Guide 2021: A Manual for European Ports Towards A Green Future*. Brussels: European Sea Ports Organisation.

European Commission, (2023). “Reducing emissions from the shipping sector”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: [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) (20/10/2023).

Green Award, (2023). “List of incentive providers”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://greenaward.org/sea-shipping/incentive-providers/list-of-incentive-providers/> (07/11/2023).

Green Marine, (2023). “Performance Indicators”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://green-marine.org/certification/performance-indicators/> (31/10/2023).

Gupta, A.K., Gupta, S.K., Patil, R.S., (2005). Environmental management plan for port and harbour projects. *Clean Technologies and Environmental Policy* 7: 133-141.

Gutierrez-Romero, J.E., Esteve-Perez, J., Zamora, B., (2019). Implementing Onshore Power Supply from renewable energy sources for requirements of ships at berth. *Applied Energy*, 255, 113883.

Hoffman, J., Kumar, S., (2010) Globalisation: The Maritime Nexus. In C.T. Grammenos (ed.), *The Handbook of Maritime Economics and Business* (pp. 35-62). London: Lloyd’s List.

Hossain, T., Adams, M., Walker, T.R., (2020). Role of sustainability in global seaports. *Ocean and Coastal Management* 202, 105435.

Housni, F., Boumane, A., Rasmussen, B.,D., Britel, M.R., Barnes, P., Abdelfettah, S., et al. (2022). Environmental sustainability maturity system: An integrated system scale to assist maritime port managers in addressing environmental sustainability goals. *Environmental Challenges*, 7, 100481.

Hua, C., Chen, J., Wan, Z., Xu, L., Bai, Y., Zheng, T., Fei, Y., (2020). Evaluation and governance of green development practice of port: A sea port case of China. *Journal of Cleaner Production*, 249, 119434.

IAPH, (2022). “Closing the Gaps”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://sustainableworldports.org/wp-content/uploads/IAPH-World-Bank-CloseTheGaps-Report.pdf> (02/11/2023).

IAPH, (2023a). “About IAPH”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://iaphworldports.org/about-iaph/> (01/11/2023).

IAPH, (2023b). “The IAPH port industry incentive scheme - ESI”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://iaphworldports.org/environmental-ship-index-esi/> (07/11/2023).

IMO, (2020). *Fourth IMO Greenhouse Gas Study*. London: International Maritime Organization.

IMO, (2023). “2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/MediaCentre/PressBriefings/Documents/Clean%20version%20of%20Annex%201.pdf> (20/09/2023).

ITF/OECD, (2016). *Reducing Sulphur Emissions from Ships: The Impact of Regulation*. Paris: International Transport Forum.

ITF/OECD, (2018). *Reducing Shipping Greenhouse Gas Emissions: Lessons from Port-Based Incentives*. Paris: International Transport Forum.

Jurong Port, (2022). “Environmental Sustainability Report 2022”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://jp.com.sg/about-us/sustainability/> (15/12/2023).

Kweku, D.W., Bismark, O., Maxwell, A., Desmond, K.A., Danso, K.B., Oti-Mensah, E.A., et al., (2018). Greenhouse Effect: Greenhouse gases and their impact in global warming. *Journal of Scientific Research & Reports*, 17 (6): 1-9.

Lai, S., Sun, Q., Peng, L., Wang, J., Tang, C., Li, J., Huang, W., (2019). Shore power marketing strategy of port based on linear ladder service fee. *Port Engineering Technology*, 56, 79-82.

Lam, J.S.L., Notteboom, T., (2014). The Greening of Ports: A Comparison of Port Management Tools Used by Leading Ports in Asia and Europe. *Transport Reviews*, 34 (2): 169-189.

Lim, S., Pettit, S., Abouarghoub, W., Beresford, A., (2019). Port sustainability and performance: A systematic literature review. *Transportation Research Part D*, 72, 47-64.

Merk, O., Notteboom, T., (2013). The Competitiveness of Global Port-Cities: the Case of Rotterdam, Amsterdam – the Netherlands. *OECD Regional Development Working Papers*, 2013/08.

Miola, A., Ciuffo, B., Marra, M., Giovine, E., (2010). *Analytical framework to regulate air emissions from maritime transport*. Luxemburg: Official Publications of the European Communities.

MPA, (2022a). “Port Marine Circular No 10 of 2022”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: [https://www.mpa.gov.sg/media-centre/details/enhancement-of-the-maritime-singapore-green-initiative-green-port-programme-\(gpp\)](https://www.mpa.gov.sg/media-centre/details/enhancement-of-the-maritime-singapore-green-initiative-green-port-programme-(gpp)) (13/12/2023).

MPA, (2022b). *Decarbonisation Blueprint – Working Towards 2050*. Singapore: Maritime and Port Authority of Singapore

MPA, (2023). “Maritime Singapore Green Initiative”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://mpa.gov.sg/regulations-advisory/maritime-singapore/sustainability/maritime-singapore-green-initiative> (13/12/2023).

MPA, (2024). “Maritime Performance”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://mpa.gov.sg/who-we-are/newsroom-resources/research-and-statistics> (07/02/2024).

Munim, Z.H., Sornn-Friese, H., Dushenko, M., (2020). Identifying the appropriate governance model for green port management. *Journal of Cleaner Production*, 268, 122156.

Ng, A.K.Y., Song, S., (2010). The environmental impacts of pollutants generated by routine shipping operations on ports. *Ocean and Coastal Management*, 53 (5): 301-311.

Notteboom, T., (2022). Green Shipping and Supply Chain Management. In T. Notteboom et al. (eds.), *Port Economics, Management and Policy* (Ch. 2.5). New York: Routledge.

Notteboom, T., Lugt, L., Saase, N., Sel, S., Neyens, K., (2020). The Role of Seaports in Green Supply Chain Management: Initiatives, Attitudes and Perspectives. *Sustainability*, 12, 1688.

Notteboom, T., Pallis, A., (2022). Green Port Governance. In T. Notteboom et al. (eds.), *Port Economics, Management and Policy* (Ch. 4.5). New York: Routledge.

Notteboom, T., Rodrigue, J.P., (2022). Port Hinterlands, Regionalization and Corridors. In T. Notteboom et al. (eds.), *Port Economics, Management and Policy* (Ch. 2.2). New York: Routledge.

Panigada, S., Pavan, G., Borg, J.A., Galil, B.S., Vallini, C., (2008). Biodiversity impacts of ship movement, noise, grounding and anchoring. In A. Abdulla & O. Linden (eds.), *Maritime traffic effects on biodiversity in the Mediterranean Sea* (pp. 9-56). Malaga: IUCN.

Port Of Long Beach, (2005). “Green Port Policy - White Paper”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://polb.com/port-info/mission-vision/#green-port-policy> (07/12/2023).

Port Of Long Beach, (2011). “Water Resources Action Plan - Fact Sheet”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://polb.com/environment/water-and-land/#water-and-sediment-quality> (08/12/2023).

Port Of Long Beach, (2018). “Biological Surveys of Long Beach and Los Angeles Harbors - Brochure”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://polb.com/environment/water-and-land/#wildlife> (08/12/2023).

Port Of Long Beach, (2019). “Clean Trucks Program - Fact Sheet”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://polb.com/environment/clean-trucks/#program-details> (08/12/2023).

Port Of Long Beach, (2020). “Green Flag Incentive Program - Fact Sheet”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://polb.com/business/incentives/#green-flag-program> (07/12/2023).

Port Of Long Beach, (2021). “Green Ship Incentive Program - Fact Sheet”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://polb.com/business/incentives/#green-ship-program> (07/12/2023).

Port Of Long Beach, (2023a). “Quick Facts”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://polb.com/port-info/port-facts-faqs/#facts-at-a-glance> (07/12/2023).

Port Of Long Beach, (2023b). “Air - Program details”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://polb.com/environment/air/#air-program-details> (08/12/2023).

Port Of Long Beach, (2023c). “The Green Port Through the Years”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://polb.com/port-info/green-port/> (08/12/2023).

Port Of Rotterdam, (2019). “Building a sustainable port”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://portofrotterdam.com/sites/default/files/2021-06/factsheet-port-of-rotterdam-building-a-sustainable-port-en-2019.pdf> (03/12/2023).

Port Of Rotterdam, (2022). “Making room for transition - Highlights of annual report 2022”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: [https://reporting.portofrotterdam.com/FbContent.ashx/pub\\_1011/downloads/v230308134647/Highlights-annual-report-2022-Port-of-Rotterdam-Authority.pdf](https://reporting.portofrotterdam.com/FbContent.ashx/pub_1011/downloads/v230308134647/Highlights-annual-report-2022-Port-of-Rotterdam-Authority.pdf) (03/12/2023).

Port Of Rotterdam, (2023a). “Throughput Port Of Rotterdam”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://portofrotterdam.com/sites/default/files/2023-02/throughput-port-of-rotterdam-2022.pdf> (03/12/2023).

Port Of Rotterdam, (2023b). “WPCAP climate programme”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://portofrotterdam.com/en/port-future/energy-transition/wpcap-climate-program> (03/12/2023).

PSA, (2022). *Propelled by Purpose*. Singapore: PSA Horizons

PSA, (2023). “PSA Singapore – Our Story”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.singaporepsa.com/about-us/our-story/> (12/12/2023).



- Psaraftis, H.N., Kontovas, C.A., (2021). Decarbonization of Maritime Transport: Is There Light at the End of the Tunnel?. *Sustainability*, 13, 237.
- Psaraftis, H.N., Zis, T., (2021). Impact assessment of a mandatory operational goal-based short-term measure to reduce GHG emissions from ships. *International Environmental Agreements*, 21, 445-467.
- Puig, M., Azarkamand, S., Wooldridge, C., Selen, V., Darbra, R.M., (2022). Insights on the environmental management system of the European port sector. *Science of the Total Environment*, 806, 150550.
- RightShip, (2023). “GHG Rating”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://rightship.com/solutions/ports-terminals/ghg-rating> (27/11/2023).
- RMI, (2023). “GHG Emissions Rating”. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://rmi.org/our-work/shipping-efficiency/ghg-emissions-rating/> (27/11/2023).
- Romano, A., Yang, Z., (2021). Decarbonisation of shipping: A state of the art survey for 2000-2020. *Ocean and Coastal Management*, 214, 105936.
- Serra, P., Fancello, G., (2020). Towards the IMO’s GHG Goals: Critical Overview of the Perspectives and Challenges of the Main Options for Decarbonizing International Shipping. *Sustainability*, 12, 3220.
- Shi, Y., (2016). Reducing greenhouse gas emissions from international shipping: Is it time to consider market-based measures?. *Marine Policy*, 64: 123-134.
- Shi, Y., (2017). The IMO Response to the Issue of Greenhouse Gas Emissions from International Shipping. In Y. Shi, *Climate Change and International Shipping* (pp. 177-225). Boston: Brill Nijhoff.
- Siroka, M., Pilicic, S., Milosevic, T., Lacalle, I., Traven, L., (2020). A novel approach for assessing the ports environmental impacts in real time. *Ecological Indicators*, 120, 106949.
- Sofiev, M., Winebrake, J.J., Johansson, L., Carr, E.W., Prank, M., Soares, J., et al., (2018). Cleaner fuels for ships provide public health benefits with climate tradeoffs. *Nature Communications*, 9: 406.
- Sogut, M.Z., Erdogan, O., (2022). An investigation on a holistic framework of green port transition based on energy and environmental sustainability. *Ocean Engineering*, 266, 112671.
- Soni, V., Singh, P., Shree, V., Goel, V., (2018). Effects of VOCs on Human Health. In N. Sharma et al. (eds.), *Air Pollution and Control* (pp. 119-142). Singapore: Springer Nature.

- Stolz, B., Held, M., Georges, G., Boulouchos, K., (2021). The CO<sub>2</sub> reduction potential of shore-side electricity in Europe. *Applied Energy*, 285, 116425.
- Styhre, L., Winnes, H., Black, J., Lee, J., Le-Griffin, H., (2017). Greenhouse gas emissions from ships in ports - Case studies in four continents. *Transportation Research Part D*, 54, 212-224.
- Trozzi, C., Vaccaro, R., (2000). Environmental impacts of port activities. In C.A. Brebbia & J. Olivella (eds.), *Maritime Engineering and Ports II* (pp. 151-161). Southampton: WIT Press.
- UNCTAD, (2022). *Review of Maritime Transport 2022*. New York: United Nations Publications.
- Vega-Muñoz, A., Salazar-Sepulveda, G., Espinosa-Cristia, J.E., Sanhueza-Vergara J., (2021). How to Measure Environmental Performance in Ports. *Sustainability*, 12, 4035.
- Verbeeck, L., Hens, L., (2004). Environmental management instruments for port areas. *Free University Brussels*, 113-121.
- Wang, Y., Siqing, G., Dai, L., Zhang, Z., Hu, H., (2022). Shore side electricity subsidy policy efficiency optimization: From the game theory perspective. *Ocean and Coastal Management* 228, 106324.
- Winkel, R., Weddige, U., Johnsen, D., Hoen, V., Papaefthimiou, S., (2015). Shore Side Electricity in Europe: Potential and Environmental Benefits. *Energy Policy*, 88: 584-593.
- Yin, M., Wang, M., Zhang, Q., (2020). Policy implementation barriers and economic analysis of shore power promotion in China. *Transportation Research Part D*, 87, 102506.
- Zhang, X., Zeng, Q., Yang, Z., (2019). Optimization of track appointments in container terminals. *Maritime Economics & Logistics*, 21, 125-145.
- Zis, T.P.V., (2018). Prospects of cold ironing as an emissions reduction option. *Transportation Research Part A*, 119, 82-95.
- Zis, T.P.V., (2019). Green Ports. In H.N. Psaraftis (ed.), *Sustainable Shipping* (pp. 407-432). Switzerland: Springer Nature.
- Zis, T.P.V., North, R.J., Angeloudis, P., Ochieng, W.Y., Bell, M.G.H., (2014). Evaluation of cold ironing and speed reduction policies to reduce ship emissions near and at ports. *Maritime Economics & Logistics*, 16 (4), 371-398.