

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΕΣ ΑΛΥΣΙΔΕΣ ΜΗΔΕΝΙΚΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Γιάννης Στρατικόπουλος

Διπλωματική Εργασία

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

Πειραιάς

Οκτώβριος 2022

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

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

Γιάννης Στρατικόπουλος

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

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

Τα μέλη της Επιτροπής:

- Ερνέστος Τζαννάτος - Επιβλέπων

- Κωνσταντίνος Χλωμούδης

- Ιωάννης Θεοτοκάς

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

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΕΣ.....	1
ΕΙΚΟΝΕΣ.....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Η ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΣΤΙΣ ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.....	7
1.1 Ατμοσφαιρική Ρύπανση Προερχόμενη από την Ποντοπόρο Ναυτιλία.....	7
1.2 Ατμοσφαιρική Ρύπανση Προερχόμενη από τις Σιδηροδρομικές Μεταφορές.....	10
1.3 Ατμοσφαιρική Ρύπανση Προερχόμενη από τις Οδικές Μεταφορές.....	13
1.4 MARPOL ANNEX VI.....	14
1.5 Η Συμβολή των Πλοίων Μεταφοράς Εμπορευματοκιβωτίων στην Ατμοσφαιρική Ρύπανση.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Ο ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΛΙΜΕΝΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ.....	18
2.1 Διαχείριση της Κλιματικής Αλλαγής και η Σχέση της με τη Λιμενική Βιομηχανία.....	18
2.2 Επιπτώσεις στις Λειτουργίες των Λιμένων ως Άμεση Επίδραση από την Κλιματική Αλλαγή.....	19
2.3 Οικονομικές Επιπτώσεις από την Κλιματική Αλλαγή στη Λιμενική Βιομηχανία.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΣΤΟΧΕΥΟΝΤΑΣ ΣΕ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΕΣ ΑΛΥΣΙΔΕΣ ΜΗΔΕΝΙΚΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ.....	24
3.1 Λήψη Μέτρων από τους Λιμένες για τη Μείωση Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου.....	24
3.1.1 Αντιμετώπιση κλιματικής αλλαγής και συνεργασία με παρόχους υπηρεσιών logistics.....	24
3.1.2 Παροχή ρεύματος από τον τερματικό σταθμό στα πλοία (Shore-to-ship power) και μετάβαση των μηχανημάτων του λιμένα σε καινούρια ηλεκτροκίνητα.....	26
3.1.3 Προγράμματα αντικατάστασης φορτηγών με καινούρια νέας τεχνολογίας.....	28
3.1.4 Ενεργειακή απόδοση και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	30
3.1.5 Τροποποίηση λειτουργικών διαδικασιών για τη μείωση της σπατάλης ενέργειας.....	30
3.1.6 Πόροι για τη βιωσιμότητα και αειφορία των λιμένων.....	32
3.2 IMO 2020 και Ενίσχυση των Μέτρων για τον Περιορισμό της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης από τα Πλοία.....	33
3.2.1 Μέθοδοι συμμόρφωσης με τις απαιτήσεις του κανονισμού IMO 2020.....	36
3.2.2 EEXI, CII ΚΑΙ SEEMP.....	41
3.3 Τεχνολογίες για αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων.....	39
3.3.1 Αγωγός Εξισορρόπησης Απόνερων (Wake Equalizing Duct).....	39

3.3.2 Αγωγός Mewis (Mewis Duct)	39
3.3.3 Πτερύγια Καπακιού Προπέλας (Propeller Boss Cap Fins).....	40
3.3.4 Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων στα πλοία	40
3.3.5 Η χρήση του υγροποιημένου φυσικού αερίου ως εναλλακτικό καύσιμο.....	42
3.3.6 Πλοία Περιστρεφόμενων Ιστίων	43
3.3.7 Ηλιακοί Συλλέκτες	43
3.4 Μέτρα για την Μείωση της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης από τις Οδικές και Σιδηροδρομικές Μεταφορές	44
3.4.1 Τεχνικά μέτρα για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στις οδικές εμπορευματικές μεταφορές.....	44
3.4.2 Μη-Τεχνικά μέτρα για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στις οδικές εμπορευματικές μεταφορές.....	45
3.4.3 Μέτρα για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στις σιδηροδρομικές εμπορευματικές μεταφορές.....	46
3.5 Συμμετοχή των Παρόχων Υπηρεσιών Logistics Σχετικά με τις Πρωτοβουλίες προς μια Εφοδιαστική Αλυσίδα Μηδενικού Άνθρακα στο Κοντινό Μέλλον	47
.....	49
3.6 Ευρωπαϊκές πολιτικές για επίτευξη μεταφορών μηδενικού άνθρακα έως το 2050	49
3.6.1 Τα νέα πρότυπα εκπομπών CO2 που προτείνονται για τα αυτοκίνητα και τα ημιφορτηγά.....	50
3.6.2 Οι στόχοι για την ανάπτυξη υποδομών επαναφόρτισης και ανεφοδιασμού ελαφρών και βαρέων οχημάτων.....	51
3.6.3 Ευρωπαϊκές πολιτικές για οικολογικές θαλάσσιες μεταφορές	52
3.6.4 Οι στόχοι που έχουν τεθεί για τη χρήση βιώσιμων καυσίμων στο πλαίσιο της πρωτοβουλίας «FuelEU Maritime».....	53
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	54
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	58

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1 Τάσεις εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τις μεταφορές.....	5
Πίνακας 2 Ανθρωπογενείς Εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα (Πηγή IPCC).....	8
Πίνακας 3 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά τύπο πλοίου (σε εκατ. τόνους).....	9
Πίνακας 4 Συμμετοχή στις εκπομπές CO ₂ ανά κράτος σημαίας.....	9
Πίνακας 5 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα 1971 – 2000.....	13
Πίνακας 6 Παγκόσμια Όρια Περιεκτικότητας Θείου στα Ναυτιλιακά Καύσιμα.....	36
Πίνακας 7 Μέση Τιμή Ναυτιλιακών Καυσίμων Ιανουάριος 2020 - Απρίλιος 2022.....	37
Πίνακας 8 Πλοία που είχαν εγκαταστήσει συστήματα σκράμπερ έως τις 1 ^η Μαρτίου 2022.....	38

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1 Τα αποτελέσματα της ηλεκτροποίησης.....	27
Εικόνα 2 Μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μέσω της ηλεκτροδότησης πλοίων στα λιμάνια.....	29
Εικόνα 3 Σύγκριση μεταφορικού έργου πλοίων με σιδηρόδρομο και οδικά μέσα.....	31
Εικόνα 4 Propeller Boss Cap Fins.....	40
Εικόνα 5 Rotor Sail Ship.....	43
Εικόνα 6 Ο χάρτης της Maersk προς εφοδιαστικές αλυσίδες μηδενικού άνθρακα.....	48
Εικόνα 7 Vitol Siglar Carbon Emissions Reporting Format.....	49

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διπλωματική εργασία αυτή στοχεύει στο να εξετάσει πώς οι μεταφορές συμμετέχουν και επηρεάζουν την κλιματική αλλαγή και πώς η κλιματική αλλαγή με τη σειρά της επηρεάζει τις μεταφορικές υπηρεσίες και τις εφοδιαστικές αλυσίδες. Ο πληθυσμός του πλανήτη έχει αυξηθεί πολύ και οι καταναλωτικές μας συνήθειες έχουν αλλάξει προς το χειρότερο. Οι ανθρώπινες ανάγκες είναι απεριόριστες και οι πόροι που υπάρχουν για να τις ικανοποιήσουν είναι περιορισμένοι. Καταναλώνουμε με αύξοντα ρυθμό και δεν μεριμνούμε για το περιβάλλον και το μέλλον. Καθώς το φαινόμενο του θερμοκηπίου αυξάνει την θερμοκρασία του πλανήτη, λιώνοντας τους παγετώνες που αυξάνει τη στάθμη της θάλασσας και δημιουργώντας ακραία καιρικά φαινόμενα παγκοσμίως, διεθνείς φορείς και κρατικά όργανα έχουν κινητοποιηθεί ώστε να διαμορφώσουν τις σωστές πολιτικές για την μετάβαση από τα ορυκτά καύσιμα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ώστε να ελεγχθεί η αυξανόμενη τάση της υπερθέρμανσης του πλανήτη και να μειωθούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και η περιβαλλοντική ρύπανση.

Στα κεφάλαια της εργασίας αυτής εξετάζεται η περιβαλλοντική ρύπανση από τις θαλάσσιες, σιδηροδρομικές και οδικές μεταφορές. Αναλύονται οι ρυθμιστικοί κανονισμοί στη ναυτιλία όπως η Σύμβαση Marpol και συγκεκριμένα το Παράρτημα VI που ασχολείται αποκλειστικά με την περιβαλλοντική ρύπανση προερχόμενη από τη ναυτιλία. Περαιτέρω εξετάζεται η μετάβαση προς τις «πράσινες μεταφορές» και ποιες τεχνολογίες μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και καυσίμων και επομένως στη μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης προερχόμενη από τις μεταφορές.

Εξετάζεται η σχέση των λιμένων με την κλιματική αλλαγή και πώς τα λιμάνια μπορούν να συμβάλλουν στην επίτευξη εφοδιαστικών αλυσίδων μηδενικού άνθρακα καθώς διαδραματίζουν έναν σπουδαίο ρόλο όντας βασικός κρίκος σε μια εφοδιαστική αλυσίδα που λειτουργεί ως πύλη εισόδου και εξόδου από τη θάλασσα στην ενδοχώρα, συνδέοντας τα θαλάσσια μέσα μεταφορές με το σιδηροδρομικό και οδικό δίκτυο.

Αναλύεται διεξοδικά ο νέος διεθνής κανονισμός από τον IMO για τα ναυτιλιακά καύσιμα και την περιεκτικότητά τους σε θείο. Γίνεται εξέταση των μεθόδων συμμόρφωσης με τον κανονισμό αυτό όπως είναι τα καύσιμα με χαμηλή

περιεκτικότητα σε θείο και τα συστήματα καθαρισμού καυσαερίων των πλοίων (scrubbers) καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.

Τέλος, αναλύεται ο ρόλος που διαδραματίζει η Ευρωπαϊκή Ένωση προς τη μετάβαση μεταφορών μηδενικού άνθρακα έως το 2050 και με ποιες ενέργειες και κανονισμούς προσπαθεί να το πετύχει αυτό.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μεταφορές δεν έχουν μόνο οικονομικό κόστος αλλά έχουν και εξωτερικό κόστος με τη μορφή κυκλοφοριακής συμφόρησης, ηχορύπανσης, ατυχημάτων και περιβαλλοντικής ρύπανσης. Στη παρούσα εργασία γίνεται μελέτη της περιβαλλοντικής ρύπανσης από τις μεταφορές και της προσπάθειας για πράσινες μεταφορικές υπηρεσίες που θα οδηγήσουν σε εφοδιαστικές αλυσίδες μηδενικού άνθρακα.

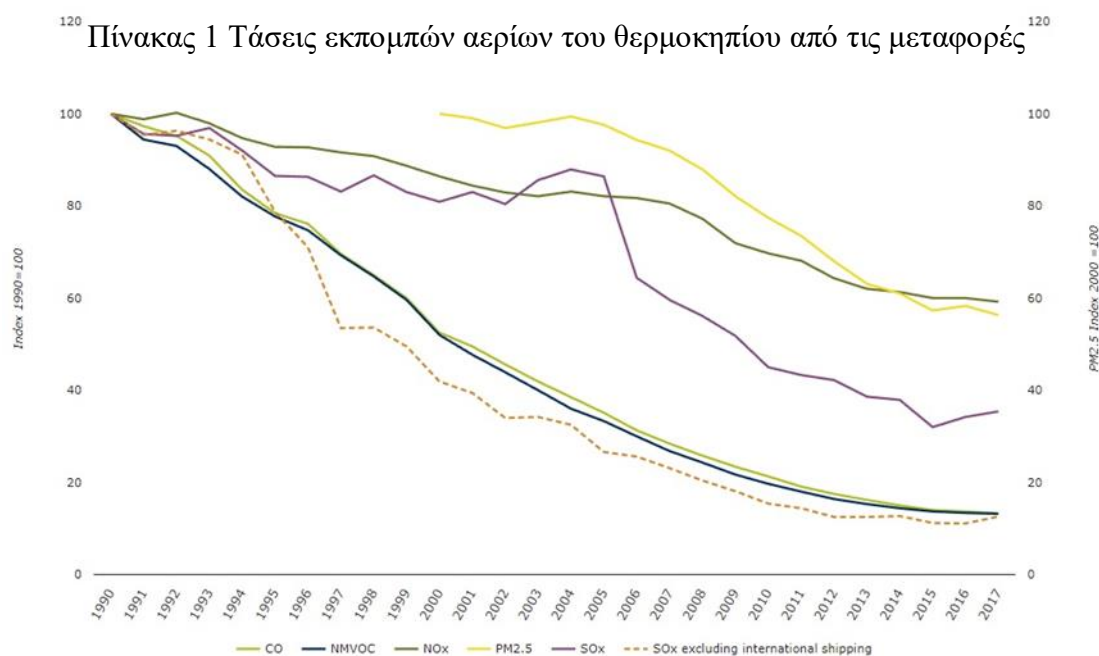
Οι μεταφορές έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον καθώς στην πλειονότητα χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα όπως πετρέλαιο σε μηχανές εσωτερικής καύσεως που εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Οι εκπομπές αυτές συνεισφέρουν σημαντικά στην υπερθέρμανση του πλανήτη που οδηγεί σε ακραία καιρικά φαινόμενα. Επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό και την υγεία των ανθρώπων καθώς η ποιότητα του αέρα μειώνεται υπερβολικά.

Σήμερα, καθώς ο πληθυσμός της γης έχει μεγαλώσει πολύ, οι ανάγκες για παραγωγή αγαθών και μεταφορά τους στον τελικό καταναλωτή είναι πολύ μεγάλες. Αυτό σημαίνει ότι αυτομάτως υπάρχουν περισσότερα οχήματα που κινούνται και επομένως αυξάνεται κι άλλο η περιβαλλοντική ρύπανση από αυτά, ακόμα κι αν καταφέρουν να μειώσουμε την ποσοστιαία ρύπανση ανά όχημα. Περιβαλλοντολόγοι και οργανώσεις που ασχολούνται με την κλιματική αλλαγή όπως ο Οργανισμός Προστασίας του Περιβάλλοντος στις ΗΠΑ, κάνουν έκκληση για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και εξηλεκτρισμό των διαφόρων τύπων μέσων μεταφοράς που υπάρχουν. Μειώνοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε παγκόσμια βάση, εκτιμάται ότι θα υπάρξουν σημαντικές βελτιώσεις και θετικές επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα του πλανήτη μας, θα μειωθεί η όξινη βροχή, η αιθαλομίχλη και η κλιματική αλλαγή.

Η ναυτιλία αποτελεί ο πιο περιβαλλοντικά φιλικός τρόπος μεταφοράς καθώς μεταφέρει μεγάλους όγκους φορτίων σε μακρινές αποστάσεις που σημαίνει ότι εκπέμπει λιγότερους τόνους διοξειδίου του άνθρακα ανά τόνο μεταφερόμενου φορτίου. Έπειτα ακολουθεί ο σιδηρόδρομος ο οποίος επίσης παρέχει οικονομίες κλίμακας αλλά όχι στο βαθμό που παρέχουν τα πλοία. Μετά τον σιδηρόδρομο έρχονται οι οδικές μεταφορές που προκαλούν τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική ρύπανση. Εκτιμάται ότι από την προβιομηχανική εποχή έως το 2007, η ποσοστιαία συνεισφορά των μεταφορών ανέρχεται μεταξύ 15-31% από όλες τις ανθρωπογενείς εκπομπές διοξειδίου του

άνθρακα.¹ Τα αεροπλάνα αποτελούν το πιο ρυπογόνο μέσο μεταφοράς καθώς καταναλώνουν μεγάλα ποσά καυσίμων και παράγουν μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα ανά τόνο. Δεν έχει γίνει ανάλυση όμως για τα αεροπλάνα στην παρούσα εργασία καθώς καταλαμβάνουν ένα μικρό ποσοστό στο παγκόσμιο εμπόριο μεταφοράς αγαθών.

Για να ελεγχθεί η περιβαλλοντική ρύπανση και η υπερθέρμανση του πλανήτη, χρειάζονται άμεσες ενέργειες για μετάβαση προς πράσινες τεχνολογίες και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η ανάγκη για απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και τις μη-ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως το πετρέλαιο και ο γαιάνθρακας είναι πιο μεγάλη από ποτέ. Είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί ότι με τις προσπάθειες που έχουν γίνει τις τρεις τελευταίες δεκαετίες, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου έχουν μειωθεί σημαντικά από το 1990 μέχρι το 2017. Σε αυτό το διάστημα οι εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα και πτητικές οργανικές ενώσεις μη-μεθανίου μειώθηκαν κατά 87%, οι εκπομπές οξειδίων του θείου μειώθηκαν κατά 66% και οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου μειώθηκαν κατά 40%. Από το 2000 έως το 2017 οι εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων μειώθηκαν κατά 44%. Επίσης όπως παρατηρούμε από παρακάτω πίνακα, οι εκπομπές οξειδίων του θείου από τη ναυτιλία είναι πολύ υψηλές.²



¹ Fuglestvedt, J., et al, Climate forcing from the transport sectors, Center for International Climate and Environmental Research–Oslo, 2007

² European Environment Agency, Emissions of air pollutants from transport

Αυτή τη στιγμή βρισκόμαστε σε ένα πρώιμο στάδιο που αναπτύσσονται πολλές τεχνολογίες σε όλα τα φάσματα του τομέα των μεταφορών και κάποιες από αυτές έχουν ήδη τεθεί σε ισχύ. Δυστυχώς για πολλές τεχνολογίες το κόστος παραμένει ακόμα υψηλό και για αυτό πολλές επιχειρήσεις αποφεύγουν να τις εφαρμόσουν. Για κάποιες άλλες είναι άγνωστο ακόμα αν πραγματικά επιφέρουν κάποιο όφελος ώστε κάποιος να έχει το κίνητρο αν τις εφαρμόσει. Όλα απαιτούν μια ανάλυση κόστους-οφέλους πριν την εφαρμογή τους συν το γεγονός ότι πρέπει να αποδειχθούν πραγματικά αποτελεσματικές.

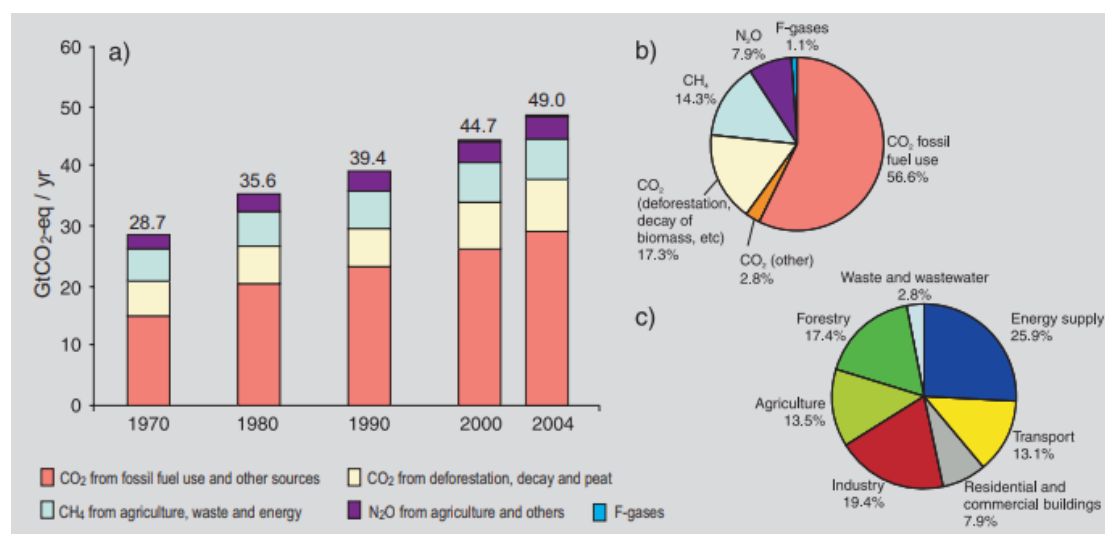
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Η ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΣΤΙΣ ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

1.1 Ατμοσφαιρική Ρύπανση Προερχόμενη από την Ποντοπόρο Ναυτιλία

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες κατά τους τελευταίους δύο αιώνες, μετά την Βιομηχανική Επανάσταση, έχουν αυξήσει την συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, από 280ppm το 1750 σε 415 ppm το 2019. Η μεγαλύτερη ποσότητα των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα προέρχεται από την χρήση ορυκτών καυσίμων, κυρίως γαιάνθρακα, πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Επιπρόσθετες επιπτώσεις προέρχονται από την αποψίλωση δασών, τις αγροτικές καλλιέργειες, την κτηνοτροφία και τη διάβρωση του εδάφους. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων του θερμοκηπίου, όπως το μεθάνιο και το οξείδιο του αζώτου, θεωρούνται ως η μεγαλύτερη ανθρώπινη επίδραση και ο βασικότερος παράγοντας που έχει οδηγήσει στην αύξηση της θερμοκρασίας της γης από τα μέσα του 20^{ου} αιώνα κι έπειτα.³ Η υπερθέρμανση του πλανήτη μας έχει οδηγήσει στην αύξηση της στάθμης της θάλασσας αλλαγές στο κλίμα που μας έχουν οδηγήσει να συναντάμε πιο συχνά έντονα καιρικά φαινόμενα. Οι υψηλές θερμοκρασίες έχουν οδηγήσει σε έντονη βροχόπτωση και χιονόπτωση σε ορισμένα μέρη του κόσμου και σε κάποια άλλα έχουν προκαλέσει ξηρασία και δασικές πυρκαγιές. Η κλιματική αλλαγή απειλεί με μείωση της απόδοσης των αγροτικών καλλιεργειών και με βύθιση των παράκτιων περιοχών. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των προαναφερθέντων συμπεριλαμβάνουν επίσης την εξαφάνιση ή την μετεγκατάσταση ορισμένων ειδών καθώς επέρχονται αλλαγές στα οικοσυστήματα που κατοικούσαν. Πιο συγκεκριμένα αυτά τα είδη βρίσκονται σε κοραλλιογενείς υφάλους, σε βουνά και πολικές περιοχές.

³ Intergovernmental Panel on Climate Change (17 Νοεμβρίου 2007). "Climate Change 2007: Synthesis Report", σελ. 5.

Πίνακας 2 Ανθρωπογενείς Εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα (Πηγή IPCC)



Η ναυτιλία αποτελεί την πιο ενεργειακά αποδοτική μορφή μεταφοράς αγαθών ανά τον κόσμο. Χρειάζονται 301 αμαξοστοιχίες ή 964 φορτηγά για την μεταφορά φορτίου 30,000 τόνων που μπορεί να μεταφερθεί με ένα μόνο πλοίο.⁴ Ενώ τα πλοία καταναλώνουν λιγότερα καύσιμα ανά τόνο-μίλι μεταφερόμενου φορτίου λόγω του μεγέθους τους, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου προερχόμενες από τα πλοία είναι μεγαλύτερες καθώς καταναλώνουν καύσιμα πολύ χαμηλής ποιότητας σε σύγκριση με τα άλλα μέσα μεταφοράς. Οι θαλάσσιες μεταφορές ευθύνονται για το 33% των εκπομπών που σχετίζονται με το διεθνές εμπόριο, συμπεριλαμβανομένου του 3,3% των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα.⁵ Σύμφωνα με την Τρίτη Έκθεση του IMO σχετικά με τις Εκπομπές Αερίων του Θερμοκηπίου, η ναυτιλία ήταν υπεύθυνη για εκπομπή περίπου 796 εκατ. τόνων διοξειδίου του άνθρακα το 2012, που αποτελεί ποσοστό 2,2% επί του συνόλου των ανθρωπογενών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα για το ίδιο έτος. Όσον αφορά το οξείδιο του αζώτου και το οξείδιο του θείου, οι θαλάσσιες μεταφορές ευθύνονται για το 18%-30% και 9% αντίστοιχα των συνολικών εκπομπών.⁶

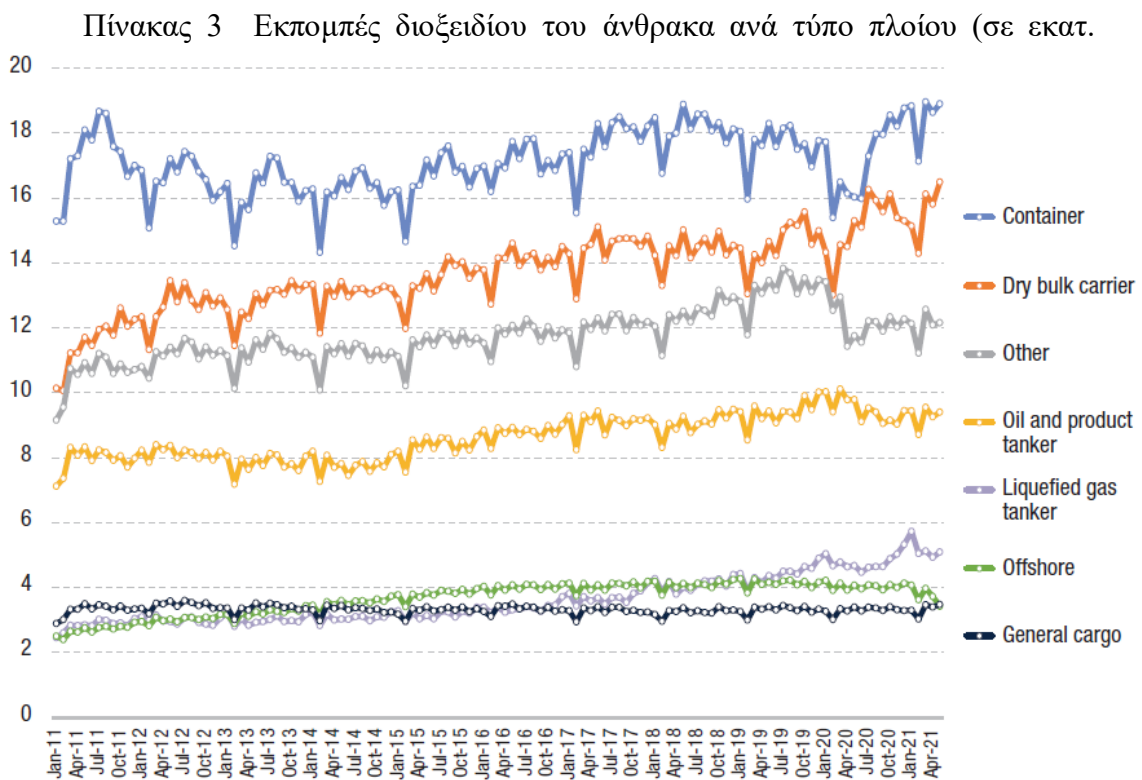
Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση προερχόμενη από τη ναυτιλία, επηρεάζεται από έναν αριθμό παραγόντων όπως ο μέγεθος του στόλου, οι συνολικές ώρες λειτουργίας, το deadweight, η ισχύς της κύριας μηχανής, η πραγματική

⁴ The St. Lawrence Seaway Management Corporation (<http://www.greatlakes-seaway.com>)

⁵ Cristea, A., Hummels, D., Puzzello, L., & Avetisyan, M. (2013). Trade and the greenhouse gas emissions from international freight transport. *Journal of Environmental Economics and Management*, 65(1). σελ.153–173.

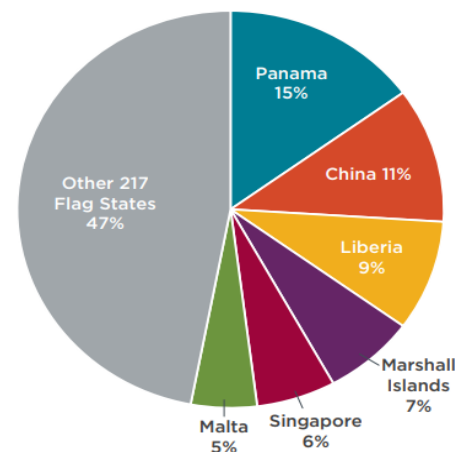
⁶ IMO, *Third IMO Greenhouse Gas Study 2014*, (2014), σελ. 1

ταχύτητα μέσα στο νερό που επηρεάζεται από τα θαλάσσια ρεύματα κλπ. Ο διεθνής ποντοπόρος στόλος συνεχώς μεγαλώνει και τα μεγάλα πλοία γίνονται όλο και πιο ενεργά, κάτι που οδηγεί άμεσα σε αυξημένη κατανάλωση καυσίμων και ατμοσφαιρική ρύπανση. Ιδιαίτερα τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων αυξάνουν τις ταχύτητές τους για να μπορέσουν να ανταπεξέλθουν στις αυξημένες απαιτήσεις της αγοράς, πραγματοποιώντας ταξίδια σε ταχύτητες των περίπου 20 κόμβων/ώρα. Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά τύπο πλοίου και παρατηρούμε ότι τη μεγαλύτερη συμμετοχή με διαφορά έχουν τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και στη δεύτερη θέση βρίσκονται τα πλοία μεταφοράς ξηρού χύδην φορτίου.



Source: UNCTAD, based on data provided by Marine Benchmark. Πίνακας 4 Συμμετογή στις εκπομπές CO2 ανά κράτος (τόνους)

Όσον αφορά τις σημαίες των πλοίων, ορισμένες σημαίες κυριαρχούν στον ποντοπόρο στόλο και τη συνολική του δραστηριότητα. Η μεγαλύτερη ποσότητα εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα μπορεί να αποδοθεί σε έξι σημαίες κρατών από ένα σύνολο 223 κρατών. Τα κράτη αυτά έχουν και τον μεγαλύτερο αριθμό νηολογημένων πλοίων σε αυτά και αντιστοιχούν στο 66% του συνολικού deadweight των



ποντοπόρων πλοίων. Τα μεγάλα πλοία και ο μεγάλος αριθμός πλοίων νηολογημένα σε αυτά συνεισφέρουν στη μεγάλη συμμετοχή τους στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με άλλα κράτη.⁷

Παναμάς 15%

Κίνα 11%

Λιβερία 9%

Νησιά Μάρσαλ 7%

Σιγκαπούρη 6%

Μάλτα 5%

Περίπου το 70% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλούν τα πλοία, πραγματοποιείται σε απόσταση εντός 400 χιλιομέτρων από τις ακτές και κοντά στις κύριες θαλάσσιες αρτηρίες.⁸ Η συμφόρηση στα λιμάνια αποτελεί επίσης ένα μεγάλο κόστος για τη ναυτιλιακή βιομηχανία καθώς τα πλοία καταναλώνουν περίπου το 15% των καυσίμων τους χρησιμοποιώντας τις βοηθητικές τους μηχανές για παραγωγή ρεύματος όταν περιμένουν στα λιμάνια. Αυτές οι εκπομπές μπορούν να μεταφερθούν για εκατοντάδες χιλιόμετρα μέσα στην ενδοχώρα, δυσχεραίνοντας την ποιότητα αέρα για μεγάλα μέρη του πληθυσμού. Τα καυσαέρια των πλοίων μπορούν να επηρεάσουν άμεσα ή έμμεσα την ανθρώπινη υγεία, ειδικότερα για πληθυσμούς που διαμένουν κοντά στις ακτές ή λιμάνια. Είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί ότι η μεγάλη ποσότητα οξειδίου του θείου στην ατμόσφαιρα οδηγεί σε όξινη βροχή που καταστρέφει τις αγροτικές καλλιέργειες και προκαλεί διάβρωση των κτιρίων. Το διοξείδιο του θείου μπορεί επίσης να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα ή να οδηγήσει μέχρι και καρδιακή ανακοπή. Το διοξείδιο του άνθρακα σε συνδυασμό με το οξείδιο του θείου οδηγούν όξυνση των ωκεανών και καταστρέφουν θαλάσσια οικοσυστήματα.

1.2 Ατμοσφαιρική Ρύπανση Προερχόμενη από τις Σιδηροδρομικές Μεταφορές

Ως προς τις χερσαίες μεταφορές, οι σιδηροδρομικές μεταφορές θεωρούνται ο πιο περιβαλλοντικά φιλικός τρόπος μεταφοράς καθώς προκαλεί το μικρότερο ποσοστό ατμοσφαιρικής σε σχέση με τις οδικές μεταφορές. Ο περιβαλλοντικός σχεδιασμός

⁷ Olmer N., Comer B., Roy B., Mao X., and Rutherford D., Greenhouse Gas Emissions from Global Shipping 2013-2015, (2017), *The International Council on Clean Transportation*, σελ. V

⁸ Eyring V., Corbett J., Lee D., and Winebrake J. (2007). Brief summary of the impact of ship emissions on atmospheric composition, climate, and human health, σελ. 2

αποτελεί ένα καίριο ζήτημα στις σιδηροδρομικές μεταφορές τις τρεις τελευταίες δεκαετίες.

Τα πρώτα τρένα χρησιμοποιούσαν ατμομηχανές εξωτερικής καύσεως για την πρόωσή τους, με κυριότερο καύσιμο τον λιγνίτη ή τον άνθρακα, που προκαλούσαν μεγάλη περιβαλλοντική ρύπανση και άφηναν μεγάλο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Έπειτα, από τα τέλη της δεκαετίας του 1920, οι ατμομηχανές αντικαταστάθηκαν από τις ντιζελομηχανές, που ήταν ένας αποδοτικότερος τρόπος μεταφοράς επιβατών και αγαθών για πολλά χρόνια.

Ένα εμπορικό τρένο μεταφοράς εμπορευμάτων, μπορεί να μεταφέρει κατά μέσο όρο ένα τόνο φορτίου σε απόσταση 457 μιλίων ή 735 χιλιομέτρων καταναλώνοντας μόνο 1 γαλόνι ή 3,8 λίτρα καυσίμου. Σύμφωνα με την Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Σιδηροδρόμων των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής, οι σιδηροδρομικές μεταφορές αγαθών είναι 1,9 έως 5,5 φορές πιο αποδοτική στην κατανάλωση καυσίμων σε σχέση με τις μεταφορές με φορτηγά, λαμβάνοντας υπόψη κάθε φορά τα εμπορεύματα που μεταφέρονται, την απόσταση και τη διάρκεια της διαδρομής. Από το 1980 μέχρι σήμερα, η αποδοτικότητα στην κατανάλωση καυσίμων στις μηχανές των τρένων που μεταφέρουν εμπορεύματα στις ΗΠΑ έχει αυξηθεί κατά 94%, επιτρέποντας στις σιδηροδρομικές μεταφορές τη δυνατότητα να μεταφέρουν μεγαλύτερο όγκο αγαθών σε μεγαλύτερες αποστάσεις, ενώ ταυτόχρονα καταναλώνοντας μικρότερες ποσότητες καυσίμων. Καθώς οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα σχετίζονται άμεσα με την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, αυτό συνεπάγεται άμεσα ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά τη μεταφορά με σιδηρόδρομο θα είναι πέντε φορές λιγότερες σε σχέση με μεταφορά με φορτηγά.

Εφόσον γινόταν μια μετάβαση της τάξεως των 10% από τις μεταφορές με φορτηγά προς τις σιδηροδρομικές μεταφορές για τα αγαθά που μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις (long-haul freight transports) η εξοικονόμηση καυσίμων για την οικονομία των ΗΠΑ θα ξεπερνούσε το 1 δις γαλόνια ή 3,8 δις λίτρα καυσίμων. Ταυτόχρονα, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε ετήσια βάση θα μειωνόντουσαν κατά περίπου 12 εκατομμύρια τόνους. Από το 1980 έως το 2008, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τις εμπορευματικές σιδηροδρομικές μεταφορές ήταν μειωμένες κατά 579 εκατομμύρια τόνους, γεγονός που οφείλεται στην αποδοτικότητα

των ντηζελομηχανών καθώς αυτές άρχισαν να εξελίσσονται με τις καινούριες τεχνολογίες που οδήγησε και στην αυξημένη απόδοση κατανάλωσης καυσίμων. Το 1980, ένας τόνος φορτίου μπορούσε να μεταφερθεί σε απόσταση μέχρι 235 μίλια ή 378 χιλιόμετρα με 1 γαλόνι ή 3,8 λίτρα καυσίμου. Το έτος 2014, αυτό το νούμερο άλλαξε σε 479 μίλια ή 770 χιλιόμετρα κατά μέσο όρο, που υποδηλώνει βελτίωση της τάξεως των 103% μέσα σε 24 χρόνια.

Μια αμαξοστοιχία μπορεί να μεταφέρει τον όγκο αγαθών που θα χρειαζόντουσαν αντίστοιχα τουλάχιστον 280 φορτηγά ή 1100 αυτοκίνητα, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει στην αποσυμφόρηση των δρόμων. Επίσης οι σιδηροδρομικές μεταφορές μπορούν να μειώσουν την πίεση που υπάρχει για την κατασκευή νέων δρόμων που καθώς και τη μείωση του κόστους συντήρησης για τους υπάρχοντες δρόμους καθώς αυτοί θα απελευθερωθούν και δεν θα δέχονται το φορτίο που δέχονται επί του παρόντος. Συνολικά οι σιδηρόδρομοι είναι ένας φιλικός τρόπος μεταφοράς για το περιβάλλον μας καθώς έχουν τη μοναδική ικανότητα να μην εμποδίζονται από συμφόρηση καταπολεμώντας το αδιέξοδο και τις καθυστερήσεις που υπάρχουν στις οδικές μεταφορές. Αυτό με τη σειρά του μειώνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και την περιβαλλοντική ρύπανση γενικότερα. (AAR)

Από το 1986 η τεχνολογία έχει επιτρέψει την ανάπτυξη υβριδικών τρένων που λειτουργούν τόσο με μπαταρίες αλλά και ντηζελομηχανές. Αυτού του είδους υβριδικά τρένα χρησιμοποιούν την ενέργεια από τη μπαταρία όταν το τρένο είναι στο ρελαντί ή πηγαίνει με χαμηλές ταχύτητες και αξιοποιεί τη ντηζελομηχανή για να αναπτύξει τις υψηλές ταχύτητες. Οι μπαταρίες τραβάνε την ισχύ από τη ντηζελομηχανή για να φορτιστούν ή φορτίζονται με αναγεννητική πέδηση ή συνδυασμό και των δύο. Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών των ΗΠΑ, τα υβριδικά τρένα μειώνουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 19% σε σχέση με τα τρένα που χρησιμοποιούν μόνο ντηζελομηχανές. Έρευνες εκτιμούν ότι αν το 10% των φορτίων που μεταφέρονται με φορτηγά σε μεγάλες αποστάσεις, άρχιζε να μεταφέρεται με τρένα, τότε θα μπορούσαμε να δούμε μείωση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που ισοδυναμεί με την απομάκρυνση περίπου 2 εκατομμυρίων αυτοκινήτων από το δρόμο. (Railroad can reduce GHG emissions)

Σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη για την Ομοσπονδιακή Διοίκηση Σιδηροδρόμων των ΗΠΑ, αποδείχθηκε ότι οι σιδηροδρομικές μεταφορές μπορούν να

συνδράμουν στη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 75%, εφόσον γίνει η μετάβαση από τα φορτηγά στα τρένα.

Οι σιδηροδρομικές μεταφορές χρησιμοποιούν τις παρακάτω μεθόδους για να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου καθώς και την μέση κατανάλωση ανά τόνο μεταφερόμενου φορτίου:

Μεταφέροντας μεγαλύτερο όγκο φορτίου ανά βαγόνι ή αμαξοστοιχία.

Χρησιμοποιώντας σύγχρονες και πιο αποδοτικές μηχανές καινούριας τεχνολογίας.

Χρησιμοποιώντας συστήματα υπολογιστών και προγράμματα που υπολογίζουν την πιο βέλτιστη και οικονομική ταχύτητα σε μια συγκεκριμένη διαδρομή, τον πιο βέλτιστο τρόπο στοιβασίας των φορτίων και παρακολούθηση της απόδοσης των αμαξοστοιχιών.

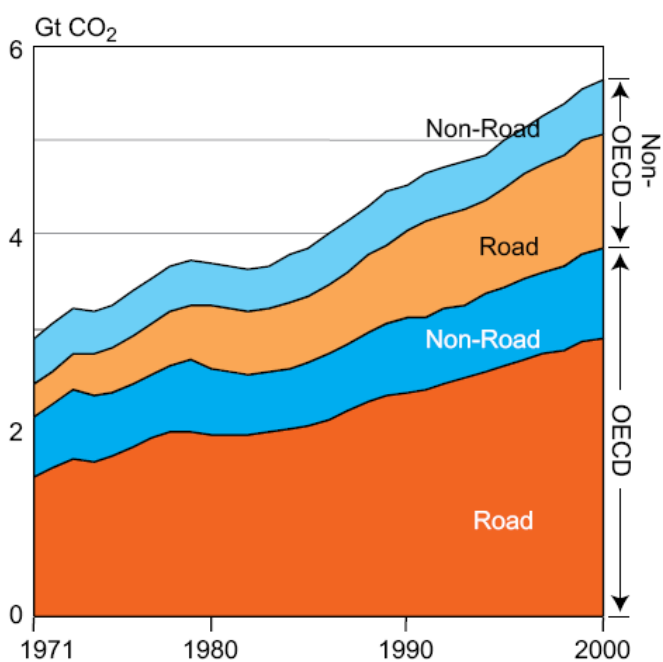
Εκπαίδευση των οδηγών και μηχανικών τρένων για τη βέλτιστη διαχείριση της αμαξοστοιχίας σε μια διαδρομή.

Μειώνοντας τους νεκρούς χρόνους ώστε τα τρένα να αξιοποιούνται περισσότερο.

1.3 Ατμοσφαιρική Ρύπανση Προερχόμενη από τις Οδικές Μεταφορές

Οι οδικές μεταφορές θεωρούνται οι πιο ρυπογόνες μετά τις εναέριες μεταφορές. Σύμφωνα με στοιχεία από έρευνα που διεξήχθη από τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος το 2007, οι οδικές εμπορευματικές μεταφορές έχουν ποσοστό χρήσης της συνολικής ενέργειας στο τομέα των μεταφορών που φτάνει το 25%. Περαιτέρω, σε αυτό το ποσοστό το 16% προέρχεται από τα βαρέα φορτηγά και το 9% από τα μεσαία φορτηγά. Στις διεθνείς οδικές μεταφορές βαρέα οχήματα παίζουν τον μεγαλύτερο ρόλο καθώς αποτελούν το σημαντικότερο κομμάτι στις διεθνείς μεταφορές μέσω οδικών δικτύων.

Πίνακας 5 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα 1971 - 2000



Στην Ευρωπαϊκή Ένωση οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αυξήθηκαν κατά 26% μεταξύ των ετών 1990 και 2005. Οι εμπορευματικές μεταφορές αυξάνονται με πιο γοργούς ρυθμούς σε σχέση και με τις επιβατικές μεταφορές και αναμένεται ότι αυτό το μοτίβο θα συνεχίσει και μελλοντικά, καθώς ενισχύεται ο τομέας των διεθνών μεταφορών λόγω αυξημένης ζήτησης αγαθών από τις αγορές τις Άπω Ανατολής. Οι διεθνείς οδικές εμπορευματικές μεταφορές στην Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν επίσης ενισχυθεί από την άρση εσωτερικών συνόρων και φραγμών, πράγμα που έχει συμβάλλει στην ανάπτυξη και οικονομική ευημερία, και έχει διευκολύνει πολύ τις οδικές μεταφορές. Ακόμη ένας λόγος που ο τομέας των μεταφορών έχει ενισχυθεί είναι επειδή σήμερα στην παγκοσμιοποιημένη οικονομία, οι μεταφορές σε μεγάλες αποστάσεις έχουν γίνει μια πιο οικονομική εναλλακτική λύση σε σχέση με την εγχώρια παραγωγή που για κάποιες οικονομίες μπορεί να προβεί οικονομικά πιο ακριβή. Δηλαδή, είναι πιο φτηνό να αγοράσεις ένα αγαθό που παράγεται σε άλλη χώρα και να το μεταφέρεις ώστε να πωληθεί και να καταναλωθεί στην χώρα σου, παρά να το παράγεις στην ίδια σου την χώρα.

Αξίζει να αναφέρουμε τις εκπομπές που προέρχονται από τον τομέα των μεταφορών σε τέσσερις φάσεις

1. Οι εκπομπές που προέρχονται από την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων κατά τη χρήση των οχημάτων – αυτές οι εκπομπές θεωρούνται η πιο σημαντική πηγή που σχετίζονται άμεσα με τις μεταφορές
2. Οι εκπομπές που προέρχονται από την εξόρυξη και τη δύλιση των καυσίμων
3. Οι εκπομπές που προέρχονται από την παραγωγή, τη συντήρηση και την απόσυρση των οχημάτων
4. Οι εκπομπές που προέρχονται από την κατασκευή, συντήρηση και τροποποίηση υποδομών

1.4 MARPOL ANNEX VI

Το παράρτημα VI της MARPOL αποτελεί τη κύρια διεθνή συνθήκη που απευθύνεται στις απαιτήσεις σχετικά με την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία. Το παράρτημα εγκρίθηκε για πρώτη φορά τον Σεπτέμβριο του 1997 και τέθηκε σε ισχύ στις 19 Μαΐου 2005. Έθεσε τα πρώτα παγκόσμια πρότυπα για την περιεκτικότητα σε θείο στα ναυτιλιακά καύσιμα και τα όρια για τους κύριους ατμοσφαιρικούς ρύπους που περιέχονται στα καυσαέρια των πλοίων,

συμπεριλαμβανομένων των οξειδίων του θείου και των οξειδίων του αζώτου και απαγόρευσε τις σκόπιμες εκπομπές ουσιών που καταστρέφουν το όζον. Επίσης, θέσπισε κανονισμούς για την αποτέφρωση που πραγματοποιείται πάνω στα πλοία και τις εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων από δεξαμενόπλοια. Αρχικά, το πρώτο παγκόσμιο όριο για το θείο στα καύσιμα πλοίων είχε οριστεί στο 4,50 % και 1,50 % σε θείο για τα καύσιμα τα οποία χρησιμοποιούν τα πλοία που πλέουν σε καθορισμένες περιοχές ελέγχου εκπομπών θείου (SECAs). Η Βαλτική Θάλασσα είναι η μόνη περιοχή που ορίζεται ως SECA στο Παράρτημα VI και ήταν η πρώτη SECA που τέθηκε σε ισχύ το 2006, ακολουθούμενη από τη Βόρεια Θάλασσα το 2007, συμπεριλαμβανομένης της Μάγχης, η οποία πληρούσε τα απαραίτητα κριτήρια για να ανακηρυχθεί SECA μετά την έναρξη της ισχύος του παραρτήματος.⁹

Αφού το παράρτημα τέθηκε σε ισχύ τον Μάιο του 2005, η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος, κατά την 53η σύνοδό της τον Ιούλιο του 2005, συμφώνησε να αναθεωρήσει το Παράρτημα VI της MARPOL με στόχο τη σημαντική ενίσχυση των ορίων εκπομπών υπό το φως των τεχνολογικών βελτιώσεων και της τεχνογνωσίας που είχε αποκτηθεί τα προηγούμενα χρόνια. Μετά από μια δοκιμή της εφαρμογής του παραρτήματος σε διάστημα τριών ετών, η MEPC 58 (Οκτώβριος 2008) υιοθέτησε το αναθεωρημένο παράρτημα VI της MARPOL και τον σχετικό τεχνικό κώδικα Nox Technical Code 2008, ο οποίος τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιουλίου 2010. Σύμφωνα με το αναθεωρημένο παράρτημα, το παγκόσμιο όριο περιεκτικότητας σε θείο μειώθηκε σε 3,50 % το 2012, με στόχο την περαιτέρω ενίσχυσή του προς το 0,50% το 2020. Το όριο θείου για τις SECA μειώθηκε στο 1,00% από τον Ιούλιο του 2010 και στο 0,10% από το 2015.¹⁰

Τον Μάρτιο του 2010, ο IMO όρισε επίσημα τα ύδατα που εκτείνονται σε απόσταση 200 ναυτικών μιλίων (370 χλμ.) από τις ακτές των Ηνωμένων Πολιτειών και του Καναδά ως την πρώτη «πλήρη» ελεγχόμενη περιοχή εκπομπών, καλύπτοντας εκπομπές SO_x, NO_x και σωματιδίων. Η απόφαση τέθηκε σε ισχύ από τον Αύγουστο του 2011 και τα αυστηρότερα όρια θείου τέθηκαν σε ισχύ από τον Αύγουστο του 2012. Αργότερα, ανακηρύχθηκε η ECA της Καραϊβικής των ΗΠΑ το 2011, προστέθηκε στο Παράρτημα με τους Κανονισμούς του 2013 και τέθηκε σε ισχύ το 2014. Αυτή η περιοχή περιλαμβάνει επίσης το Πουέρτο Ρίκο και τις Παρθένες Νήσους των ΗΠΑ. Το

⁹ IMO, Marpol Annex VI

¹⁰ IMO, RESOLUTION MEPC.176(58), 10 Οκτωβρίου 2008, σελ. 20

2017, η Βόρεια Θάλασσα και η Βαλτική Θάλασσα χαρακτηρίστηκαν ως NOx ECA, αλλά αυτό τέθηκε σε ισχύ μόνο από τον Ιανουάριο του 2021.¹¹

1.5 Η Συμβολή των Πλοίων Μεταφοράς Εμπορευματοκιβωτίων στην Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Ένα ευρύ φάσμα παραμέτρων επηρεάζει την ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπει ένα πλοίο ανά τόνο-μίλι. Αυτά τα περιλαμβάνουν τύπο σκάφους, ταχύτητα, μέγεθος, σχεδιασμό κύτους, έρμα, τεχνολογίες και είδη καυσίμων που χρησιμοποιούνται. Ένα μεγαλύτερο πλοίο θα εκπέμπει φυσικά περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα ανά μίλι, αλλά λόγω επίτευξης οικονομιών κλίμακας, θα εκπέμπει λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα ανά τόνο-μίλι. Τα μικρότερα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων χωρητικότητας έως 999 TEU εκπέμπουν περίπου διπλάσιο διοξείδιο του άνθρακα ανά δοχείο μεταφέρονται ως τα μεγαλύτερα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Πλοία εμπορευματοκιβωτίων τείνουν να διέρχονται με υψηλότερες ταχύτητες από τα πλοία μεταφοράς ξηρού φορτίου χύδην, Έτσι – όλα τα άλλα πράγματα είναι ίσα – εκπέμποντας περισσότερα διοξείδιο του άνθρακα ανά τόνο μίλι από το τελευταίο.

Το 2018, ο παγκόσμιος στόλος μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων εξέπεμψε περίπου 232 εκατομμύρια τόνους εκπομπών άνθρακα. Αυτό αντιπροσωπεύει το 22% των συνολικών εκπομπών CO₂ από την παγκόσμια ναυτιλία. Μεταξύ 2012 και 2018 το ισοδύναμο CO₂ οι εκπομπές των εμπορευματοκιβωτίων αυξήθηκαν κατά περίπου 5%, και η μέση ένταση GHG (μέση CO₂- ισοδύναμες εκπομπές ανά σκάφος) απέμειναν σταθερές (IMO, 2020). Αυτοί οι υπολογισμοί προέρχονται από τον 4^ο IMO Μελέτη GHG, η οποία εμφανίζεται κάθε λίγα χρόνια (η Τρίτη μελέτη GHG του IMO δημοσιεύτηκε το 2014).

Μια ετήσια επισκόπηση από το Clean Cargo Report της BSR το έτος 2020, με βάση δεδομένα που συλλέχθηκαν από 7 μεγάλες ναυτιλιακές εταιρείες πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, έδειξε ότι οι μέσες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην γραμμή Ασίας και Βόρειας Ευρώπης ήταν 2,3 γραμμάρια διοξειδίου του άνθρακα ανά TEU-χιλιόμετρο το 2019. Επιπρόσθετα, πολλές μεγάλες εταιρείες πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων δημοσιεύουν στοιχεία για τις εκπομπές διοξειδίου

¹¹ IMO, Index of MEPC Resolutions and Guidelines related to MARPOL Annex VI, Resolution MEPC.286(71), 07 Ιουλίου 2017

του άνθρακα από τους στόλους τους στις ετήσιες εκθέσεις που δημοσιεύονται και είναι ελεύθερα προσβάσιμες από το κοινό. Η εταιρεία Harag Lloyd συγκεκριμένα δημοσίευσε ότι το έτος 2019 οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τον στόλο της ήταν συνολικά 13,7 εκατομμύρια τόνοι.

Το 2019 τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων κατείχαν το υψηλότερο ποσοστό πλοίων που είχα τοποθετήσει scrubber με ποσοστό 5,05%.¹² Η στροφή προς ναυπήγηση πλοίων σε μεγαλύτερα μεγέθη σε συνδυασμό με τα πολλαπλά κέρδη απόδοσης που μπορούν να αποκομίσουν από αυτά, σημαίνει ότι αύξηση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα θα είναι μικρότερη σε σχέση με την αύξηση του μεγέθους του στόλου σε όρους νεκρού βάρους. Αυτό ενισχύεται επιπλέον και από τη διάλυση μη αποδοτικών πλοίων παλαιότερης τεχνολογίας. Είναι ένα γεγονός που ήταν πιο αισθητό για τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων καθώς αυτά σημείωσαν μεγάλες ποσοστιαίες μειώσεις στη κατανάλωση καυσίμων και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ενώ μείωσαν στο ελάχιστο τις λειτουργικές τους ταχύτητες. Μεταξύ 2011 και 2019, ενώ η χωρητικότητα του στόλου των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων αυξήθηκε κατά 45%, καθώς είχαμε πολλές ναυπηγήσεις των mega containerships, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα προερχόμενες από αυτόν τον στόλο αυξήθηκαν μόλις κατά 2%. Την ίδια περίοδο οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τα δεξαμενόπλοια και τα πλοία μεταφοράς χύδην ξηρού φορτίου ανέβηκαν κατά 19% και 17% αντίστοιχα, ενώ η χωρητικότητα των στόλων τους αυξήθηκε κατά 38% και 51% αντίστοιχα.¹³ Αυτό σημαίνει ότι τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων έχουν καταφέρει να συμμορφωθούν πολύ με τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις και έχουν καταφέρει να μειώσουν σε μεγάλο αυτό το ενεργειακό τους αποτύπωμα.

¹² UNCTAD, Review of Maritime Transport 2019, σελ 71

¹³ UNCTAD, Review of Maritime Transport 2020, σελ 93

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Ο ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΛΙΜΕΝΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

2.1 Διαχείριση της Κλιματικής Αλλαγής και η Σχέση της με τη Λιμενική Βιομηχανία

Τα λιμάνια βιώνουν από πρώτο χέρι τις αρνητικές επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη, από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, τις ακραίες καιρικές συνθήκες έως τη διάβρωση και γενικότερα τις αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Διάφοροι είναι οι τρόποι με τους οποίους τα λιμάνια είναι ευάλωτα στην κλιματική αλλαγή. Από το 2020, πάνω από τα μισά από τα ευρωπαϊκά λιμάνια αντιμετωπίζουν σταθερά λειτουργικές προκλήσεις εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής, όπου ο αριθμός των λιμένων έχει μια αυξητική τάση τα τελευταία χρόνια. Οι ακινητοποιήσεις στη λειτουργία και το θερμικό στρες που προκαλούνται από ακραίες συνθήκες έχουν μεγάλο κοινωνικό και οικονομικό κόστος. Υπό το φως αυτών των αρνητικών επιπτώσεων, η επιτυχής ενασχόληση με την προσαρμογή του κλίματος είναι ένα υπαρκτό ζήτημα για τα λιμάνια και τις μεγαλύτερες λιμενικές κοινότητες. Και για αυτό οφείλουμε στην καταλληλότερη εφαρμογή ορθών πρακτικών, προκειμένου να σώσουμε το μέλλον των λιμανιών.

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην υπερθέρμανση του πλανήτη.¹⁴ Η υπερθέρμανση του πλανήτη άνω του 1,0°C σχέση με τα προβιομηχανικά παρατηρείται ήδη και προβλέπεται να φτάσει τους 1,5°C μέχρι τη δεκαετία του 2030, με σημαντικές επιπτώσεις για τις παράκτιες περιοχές και νησιωτικά κράτη. Μια αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας κατά 2°C, που θεωρείται ευρέως ως το όριο πέραν του οποίου οι κίνδυνοι κλιματικής αλλαγής μπορεί να γίνουν απαράδεκτα υψηλοί, μπορεί να γίνει πραγματικότητα μέχρι τη δεκαετία του 2050, ανάλογα με τις μελλοντικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η μέση στάθμη της θάλασσας έχει αυξηθεί κατά 21-24 εκατοστά από το 1880. Το διάστημα 2005-2016, η μέση άνοδος της στάθμης της θάλασσας ανήλθε στα 3,6 χιλιοστά ανά έτος.¹⁵ Παρά τη σύντομη πτώση των εκπομπών που υπήρξε ως αποτέλεσμα των παγκόσμιων lockdown κατά την πρώτη φάση της πανδημίας του Covid-19 και τα σημάδια επιτάχυνσης των φιλοδοξιών σε πολλές χώρες, παρατηρείται, ότι ο κόσμος εξακολουθεί να οδεύει προς άνοδο θερμοκρασίας άνω των 3°C αυτόν τον αιώνα,

¹⁴ Valter Selen, Ports and Climate Change, Part 1, the state of play in European ports, VAISALA, 2022

¹⁵ Lindsay, R., Climate Change: Global Sea Level, NOAA, 2022

πολύ πέρα από τους στόχους της Συμφωνίας του Παρισιού για περιορισμό της υπερθέρμανσης του πλανήτη σε βαθμό κάτω από 2°C και επιδίωξη ορίου 1,5°C. Η υπερθέρμανση του πλανήτη μπορεί να επιβάλει μεγάλες αλλαγές στη μέση στάθμη της θάλασσας, με το συνδυασμό της θερμικής διαστολής των ωκεανών λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας τους και του όγκου του νερού των ωκεανών που αυξάνεται από το λιώσιμο των ηπειρωτικών παγετώνων.¹⁶ Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η ολόένα και αυξανόμενη στάθμη της θάλασσας, σε συνδυασμό με ακραίες καταιγίδες, κύματα και παλίρροιας, θα μπορούσαν να δημιουργήσουν καταστροφικά γεγονότα τα οποία αποτελούν ιδιαίτερη απειλή για τα λιμάνια σε όλο τον κόσμο.

Αυτές οι προβλέψεις έχουν σημαντικές για την προσαρμογή των λιμένων στις επερχόμενες επιπτώσεις από την κλιματική αλλαγή. Τα λιμάνια αποτελούν περιουσιακά στοιχεία με μεγάλο κόστος επένδυσης και μεγάλη διάρκεια ζωής. Για τον λόγο αυτό πρέπει να προσαρμοστούν ανάλογα. Η επιτάχυνση της μέσης άνοδος της στάθμης της θάλασσας τις επόμενες δεκαετίες θα μπορούσε να αυξήσει ακόμη περισσότερο τη μέση στάθμη της θάλασσας. Υπάρχουν αβεβαιότητες σχετικά με την εξέλιξη της μελλοντικής μέσης στάθμης που προέρχονται κυρίως από αυτές που σχετίζονται με την προσθήκη μάζας νερού στους ωκεανούς από την τήξη των ηπειρωτικών πάγων. Πρόσφατες μελέτες υποδεικνύουν ότι οι πολικοί και ορεινοί παγετώνες θα χάσουν μεταξύ 18-36% περίπου της μάζας τους κατά τη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα.¹⁷ Σε γενικές γραμμές οι παγκόσμιες θερμοκρασίες προβλέπεται να αυξηθούν, οδηγώντας σε αυξανόμενη συχνότητα και ένταση των κινδύνων που σχετίζονται με το κλίμα, όπως οι τροπικές καταιγίδες, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, οι πλημμύρες στην ενδοχώρα, η ξηρασία και τα φαινόμενα ακραίων καιρικών.

2.2 Επιπτώσεις στις Λειτουργίες των Λιμένων ως Άμεση Επίδραση από την Κλιματική Αλλαγή

Τα λιμάνια είναι και θα είναι κρίσιμα περιουσιακά στοιχεία υποδομής που χρησιμεύουν ως καταλύτες οικονομικής ανάπτυξης και γενικότερης ανάπτυξης και αποτελούν βασικοί κόμβοι στο δίκτυο των στενών διασυνδεδεμένων παγκοσμίων αλυσίδων εφοδιασμού.

¹⁶ Valentin, L., What is the Economic Impact of Climate Change on Ports?, SINAY Maritime Data Solutions, 2022

¹⁷ Freudenberger, F., Melting Glaciers Could Add 10 Inches to Sea Levels, University of Alaska Fairbanks, 2019

Η κλιματική αλλαγή μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τις λιμενικές λειτουργίες, αυξάνοντας τις λειτουργικές αναστολές. Αυτός ο κίνδυνος για τη λειτουργικότητα διαμορφώνεται με τη μορφή δύο κύριων παραγόντων: αφενός με τις αυξημένες πλημμύρες σε αποβάθρες, ζώνες φόρτωσης-εκφόρτωσης και αποθήκευσης και υπερχειλίση άμυνας έναντι της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και αφετέρου λόγω των πολύ υψηλών θερμοκρασιών που μπορεί να είναι άνω των 40 βαθμών Κελσίου.

Τον Αύγουστο του 2021, η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή εξέδωσε την 6η Έκθεση Αξιολόγησης (AR6) (IPCC, 2021). Αυτό ήταν η πρώτη ολοκληρωμένη ανασκόπηση της επιστήμης της κλιματικής αλλαγής από το 2013 και έδωσε σαφείς προειδοποιήσεις για ολόένα και πιο ακραίους καύσωνες, περιόδους ξηρασίας και πλημμύρες που θα μπορούσαν να έχουν καταστροφικές συνέπειες, καθιστώντας την αποτελεσματική δράση προσαρμογής όλο και πιο επείγουσα. Η AR6 προβάλλει ότι, ανάλογα με το σενάριο, η μέση παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1,5°C σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή είναι πιθανό να είναι επιτευχθεί έως το 2040. και εάν οι εκπομπές δεν μειωθούν τα επόμενα χρόνια, αυτό το όριο μπορεί να επιτευχθεί ακόμη και νωρίτερα. Ωστόσο, αυτές οι επιπτώσεις μπορούν να αποφευχθούν εάν ο κόσμος ενεργήσει γρήγορα με ουσιαστικά μέτρα για προσαρμογή και μετριασμό (IPCC 2018; IPCC 2019; IPCC 2021).

Η προσαρμογή θα είναι ιδιαίτερα σημαντική για τους θαλάσσιους λιμένες. Τα λιμάνια εκτίθενται σε διάφορους κλιματικούς κινδύνους, συμπεριλαμβανομένων των κυμάτων καύσωνα, των ακραίων ανέμων και των βροχοπτώσεων, καθώς και της αύξησης της μέσης στάθμης της θάλασσας και συναφείς ακραία στάθμη της θάλασσας (IPCC, 2019). Πιο συγκεκριμένα, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις λειτουργίες των λιμένων μπορεί να είναι οι εξής:¹⁸

Ζημιές σε λιμενικές υποδομές, λόγω πλημμυρών και άλλων καιρικών συνθηκών

Προσωρινό παύση στη λειτουργία των λιμένων

Αυξανόμενος κίνδυνος και συχνότητα συμβάντων ναυτιλιακών ατυχημάτων

Διάβρωση των ακτών και λιμενικών υποδομών

¹⁸ Valentin, L., What is the Economic Impact of Climate Change on Ports?, SINAY Maritime Data Solutions, 2022

Επανα-δρομολόγηση πλοίων

Δημιουργία φυσικών εμποδίων στις βασικές θαλάσσιες και πλωτές οδούς

Στην περίπτωση λιμένων που είναι ενσωματωμένοι σε μεγάλους παράκτιους αστικούς οικισμούς, μπορεί να υπάρξουν επίσης επιπτώσεις για μεγάλους πληθυσμούς και ένα ευρύ φάσμα ενδιαφερομένων και κοινωνικο-οικονομικών δραστηριοτήτων. Λαμβάνοντας υπόψη τον κρίσιμο ρόλο των λιμανιών στο παγκόσμιο εμπορικό σύστημα και της πιθανής έκθεσής τους σε ζημιές, διακοπές και καθυστερήσεις που σχετίζονται με την κλιματική, η ενίσχυση της κλιματικής ανθεκτικότητάς τους είναι ζήτημα στρατηγικής και κοινωνικο-οικονομικής σημασίας για την παγκόσμια οικονομία και την κοινωνία συνολικά (UNCTAD, 2020a).¹⁹

2.3 Οικονομικές Επιπτώσεις από την Κλιματική Αλλαγή στη Λιμενική Βιομηχανία

Η κατανόηση των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής είναι ζωτικής σημασίας για το μέλλον των λιμένων και του συνόλου της ναυτιλιακής βιομηχανία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το 80% του παγκόσμιου εμπορίου πραγματοποιείται δια θαλάσσης (UNCTAD). Κατά συνέπεια, η λιμενική υποδομή και η ναυτιλία είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας των παγκόσμιων αλυσίδων εφοδιασμού. Η κλιματική αλλαγή συμβαίνει και θα συνεχίσει να αυξάνεται, με επιπτώσεις αισθητές σε όλο το θαλάσσιο περιβάλλον. Αυτό δημιουργεί προκλήσεις για τα λιμάνια και τη ναυτιλιακή βιομηχανία και διαταράσσει τις εμπορικές λειτουργίες. Επιπλέον, αποτελεί απειλή για τη μελλοντική βιωσιμότητα των θαλάσσιων λιμένων και των σχετικών υποδομών τους καθώς μπορεί να προκαλέσει ζημιές σε λιμενικές υποδομές και να οδηγήσει σε προσωρινό κλείσιμο κάποιων λιμένα λόγω πλημμυρών ή και άλλων καιρικών συνθηκών. Παράλληλα και οι ακραίοι άνεμοι και τα κύματα μπορούν να προκαλέσουν διάβρωση των ακτών, υπερβάσεις και πλημμύρες στην άμυνα των λιμένων και των ακτών, αστοχίες υποδομών και λειτουργικές διακοπές.

Το κόστος και οι οικονομικές απώλειες που προκύπτουν από ζημιές σε υποδομές, καθώς και από λειτουργικές διακοπές και καθυστερήσεις σε στενά

¹⁹ UNCTAD, Report of the Multi-year Expert Meeting on Transport, Trade Logistics and Trade facilitation on its eighth session, Geneva, 2020

διασυνδεδεμένες διεθνείς εφοδιαστικές αλυσίδες, μπορεί να είναι εκτεταμένες, όπως φαίνεται σε μελέτες που έχουν παράσχει εκτιμήσεις κόστους. Συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι μέχρι το 2050, η αξία των περιουσιακών στοιχείων που εκτίθενται σε πλημμύρες σε 136 μεγαλουπόλεις λιμένων θα ήταν κοντά στα 28 τρισεκατομμύρια δολάρια. Μέχρι το 2.100, οι παγκόσμιες ζημιές από πλημμύρες λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και των σχετικών ακραίων γεγονότων θα μπορούσαν να ανέλθουν μόνο σε 27 τρισεκατομμύρια δολάρια ετησίως ή περίπου στο 2% του παγκόσμιου ΑΕΠ το 2100.

Η άφιξη του τυφώνα Chantu στο λιμάνι της Σαγκάης τον Σεπτέμβριο του 2021 είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και του οικονομικού κόστους. Οι ακραίες καιρικές συνθήκες λόγω του τυφώνα οδήγησαν σε διακοπή λειτουργίας του λιμανιού, το οποίο διήρκεσε δύο εβδομάδες, επηρεάζοντας αρνητικά την παγκόσμια αλυσίδα εφοδιασμού. Το εκτιμώμενο κόστος ήταν 14 δισεκατομμύρια δολάρια.²⁰

Το 2017, στην Καραϊβική, οι συνολικές ζημιές μετά την περίοδο των τυφώνων υπολογίστηκαν σε 320 δισεκατομμύρια δολάρια, με ζημιές και απώλειες στη Δομινικά πάνω από το 200% του ΑΕΠ. Λιμάνια και παράκτια αεροδρόμια, με σχετικές ζημιές και απώλειες που υπολογίζονται σε 252 εκατομμύρια δολάρια. Το 2019, στις Μπαχάμες, το συνολικό κόστος των επιπτώσεων του τυφώνα Ντόριαν υπολογίστηκε σε 3,4 δισεκατομμύρια δολάρια, με εκατοντάδες ανθρώπους αγνοούμενους ή νεκρούς. Οι επιπτώσεις στην οικονομία θα διαρκέσουν για χρόνια.

Με βάση τις προηγούμενες επιπτώσεις και τα αναμενόμενα σενάρια κλιματικής αλλαγής, μια έκθεση που δημοσιεύθηκε από το Environmental Defense Fund προβλέπει ότι οι πρόσθετες ετήσιες ζημιές στις λιμενικές υποδομές θα μπορούσαν να φτάσουν σχεδόν τα 18 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ έως το 2100. Οι διακοπές λιμένων που σχετίζονται με καταιγίδες θα μπορούσαν να προσθέσουν άλλα 7,5 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ κάθε χρόνο, αντανακλώντας τις οικονομικές απώλειες που βαρύνουν τους λιμένες, τους αποστολείς και τους μεταφορείς λόγω του κλεισίματος των λιμένων και των εξόδων για τους πελάτες αποστολής. Μαζί, αυτά τα προστιθέμενα μελλοντικά κόστη λόγω της κλιματικής αλλαγής είναι περίπου

²⁰ Valentin, L., What is the Economic Impact of Climate Change on Ports?, SINAY Maritime Data Solutions, 2022

ισοδύναμα με τα συνολικά ετήσια καθαρά κέρδη για τον τομέα των λιμένων εμπορευματοκιβωτίων το 2019.²¹

Όλα τα παραπάνω οδηγούν στην μείωση κερδών των λιμένων, τα οποία μπορεί να ανέρχονται από χιλιάδες έως και εκατομμύρια και στις τεράστιες οικονομικές επιπτώσεις και απώλειες. Μια πρόσφατη μελέτη εκτιμά ότι η συνολική αξία των περιουσιακών στοιχείων που εκτίθενται σε επεισοδιακές παράκτιες πλημμύρες έως το 2100 θα μπορούσε να αυξηθεί στο 12 – 20 % του παγκόσμιου ΑΕΠ, εάν δεν ληφθούν μέτρα προσαρμογής.²²

²¹ Houtven, G. et al, Act Now or Pay Later: The Costs of Climate Inaction for Ports and Shipping, Environmental Defense Fund, 2022

²² Asariotis, R., Climate change impacts on seaports: A growing threat to sustainable trade and development, Article No. 75 [UNCTAD Transport and Trade Facilitation Newsletter N°90 - Second Quarter 2021]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΣΤΟΧΕΥΟΝΤΑΣ ΣΕ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΕΣ ΑΛΥΣΙΔΕΣ ΜΗΔΕΝΙΚΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

3.1 Λήψη Μέτρων από τους Λιμένες για τη Μείωση Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου

Η αντιμετώπιση των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα λιμάνια και στον θαλάσσιο τομέα είναι κρίσιμη τόσο για το παγκόσμιο εμπόριο, για την απασχόληση όσο και για τη διατήρηση της ροής των τροφίμων και άλλων βασικών αγαθών μέσω των παγκόσμιων εφοδιαστικών αλυσίδων. Η αποτελεσματική προσαρμογή απαιτεί διαδικασίες αξιολόγησης κινδύνου «κατάλληλες για το σκοπό» (σε τοπικό επίπεδο και επίπεδο εγκαταστάσεων), γεφύρωση πιθανών κενών στα δεδομένα και στις γνώσεις και ανάπτυξη κατάλληλων τεχνικών και λειτουργικών λύσεων που μειώνουν την ευπάθεια και επιτρέπουν τη λήψη αποφάσεων σε συνθήκες αβεβαιότητας. Απαιτεί επίσης χρηματοδότηση, νέες τεχνολογίες και ανάπτυξη ικανοτήτων, καθώς και συντονισμένη πολιτική προσέγγιση και υποστηρικτικές νομικές και ρυθμιστικές προσεγγίσεις (UNCTAD 2020a, UNCTAD 2020b).²³ Τα πρότυπα, η καθοδήγηση και τα μεθοδολογικά εργαλεία διαδραματίζουν επίσης σημαντικό ρόλο. Οι επενδύσεις στην ενεργειακή απόδοση, την απαλλαγή από τις πηγές ορυκτών καυσίμων και στροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορεί επίσης να αποφέρουν σημαντικά συν-πλεονεκτήματα, όσον αφορά τον μετριασμό και την προσαρμογή της κλιματικής αλλαγής, καθώς και μειωμένη εξάρτηση από τις εισαγωγές ενεργειακών υλών και τις σχετικές δαπάνες που συνδέονται με αυτές.

3.1.1 Αντιμετώπιση κλιματικής αλλαγής και συνεργασία με παρόχους υπηρεσιών logistics

Η επιδίωξη συνέργειας και συνοχής των πολιτικών στις προσπάθειες για ανάκαμψη μετά την πανδημία και η υιοθέτηση πιο συστημικών, ολοκληρωμένων προσεγγίσεων για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και την οικοδόμηση ανθεκτικότητας σε όλους τους τομείς και τα δίκτυα θα μπορούσε να αποφέρει σημαντικά οφέλη, ειδικά για τις πιο ευάλωτες κοινότητες. Στην πραγματικότητα, τα επόμενα χρόνια, ακόμη και οι μέρες που ακολουθούν από σήμερα, είναι κρίσιμες για τον περιορισμό αυτών των επιπτώσεων. Έτσι επιβεβαιώνεται, ότι τα λιμάνια και η ναυτιλιακή βιομηχανία πρέπει να κάνουν περισσότερα για να προσαρμοστούν και να μετριάσουν τις επιπτώσεις που

²³ UNCTAD, Report of the Multi-year Expert Meeting on Transport, Trade Logistics and Trade facilitation on its eighth session, Geneva, 2020

δημιουργούνται από την κλιματική αλλαγή δημιουργώντας μακροπρόθεσμη αντίσταση στις αλλαγές θερμοκρασίας και τα ακραία καιρικά φαινόμενα.

Τα λιμάνια αποτελούν λειτουργικοί κόμβοι για την εφοδιαστική αλυσίδα. Υπάρχει η ανάγκη άμεσης συνεργασίας με τους βασικούς παρόχους υπηρεσιών logistics ή/και τοπικούς φορείς και κυβερνήσεις. Ενώ η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τα λιμάνια σε τοπικό επίπεδο, συχνά είναι οι διακοπές στην εφοδιαστική αλυσίδα και προβλήματα στην τοπική υποδομή επιδεινώνουν τις διακοπές στο πραγματικό λιμάνι, τονίζοντας την ανάγκη συνεργασίας για μια ευρύτερη στρατηγική προσαρμογής προς τους κλιματικούς κινδύνους.

Οι τερματικοί σταθμοί, μαζί με τους διαχειριστές πλοίων και εταιρείες logistics, μπορούν να εφαρμόσουν την τεχνική just in time arrival για τα πλοία. Οι έγκαιρες αφίξεις έχουν γίνει ένα καυτό θέμα στη ναυτιλία καθώς οι φορείς εκμετάλλευσης λιμένων, τερματικών σταθμών και πλοίων αφυπνίζονται στα πλεονεκτήματα της μειωμένης κατανάλωσης καυσίμου και του βελτιστοποιημένου σχεδιασμού κατανάλωσης των πόρων. Τα οφέλη έχουν παρουσιαστεί σε μια μελέτη από τον νηογνώμονα DNV GL το 2018, η οποία παρουσίασε ότι τα πλοία περνούν περίπου το 37-54% του χρόνου τους – και το 15% των καυσίμων τους – σε αγκυροβόλιο ή στην άγκυρα. Η μείωση του χρόνου αναμονής για μια υποδοχή λιμένα και η επιτάχυνση των κλήσεων σε λιμάνι θα μειώσει τη χρήση καυσίμων και τις εκπομπές ρύπων, ενώ παράλληλα θα βελτιώσει τη χρήση του στόλου και του λιμανιού.²⁴

Το Just In Time Arrivals είναι μια σύστημα σύμφωνα με το οποίο ένα πλοίο διατηρεί τη βέλτιστη ταχύτητα λειτουργίας για να φθάσει στη θέση επιβίβασης πιλότων μόνο όταν είναι εξασφαλισμένη η διαθεσιμότητα του προβλήτα για τον ελλιμενισμό του. Το JIT Arrivals στοχεύει στη μείωση του χρόνου που περνούν τα πλοία στο αγκυροβόλιο και ως εκ τούτου στη μείωση της συμφόρησης στην περιοχή του λιμανιού. Ο οδηγός αναπτύχθηκε για να υποστηρίξει τη ναυτιλία με χαμηλές εκπομπές άνθρακα, με βάση την έρευνα και τις συζητήσεις στρογγυλής τραπέζης της βιομηχανίας, οι οποίες συγκέντρωσαν σχεδόν 50 εταιρείες και οργανισμούς που είναι βασικά ενδιαφερόμενα μέρη στη διαδικασία κλήσης λιμένων.²⁵ Με τον τρόπο αυτό

²⁴ Wartsila, Just in time is just the beginning, 2021

²⁵ Safety4Sea, Just in time arrival guide, 2020

μειώνονται και οι νεκροί χρόνοι για τα πλοία στα λιμάνια και βελτιώνεται η χρησιμότητα και η αξιοποίηση τόσο των πλοίων όσο και της χωρητικότητάς τους.

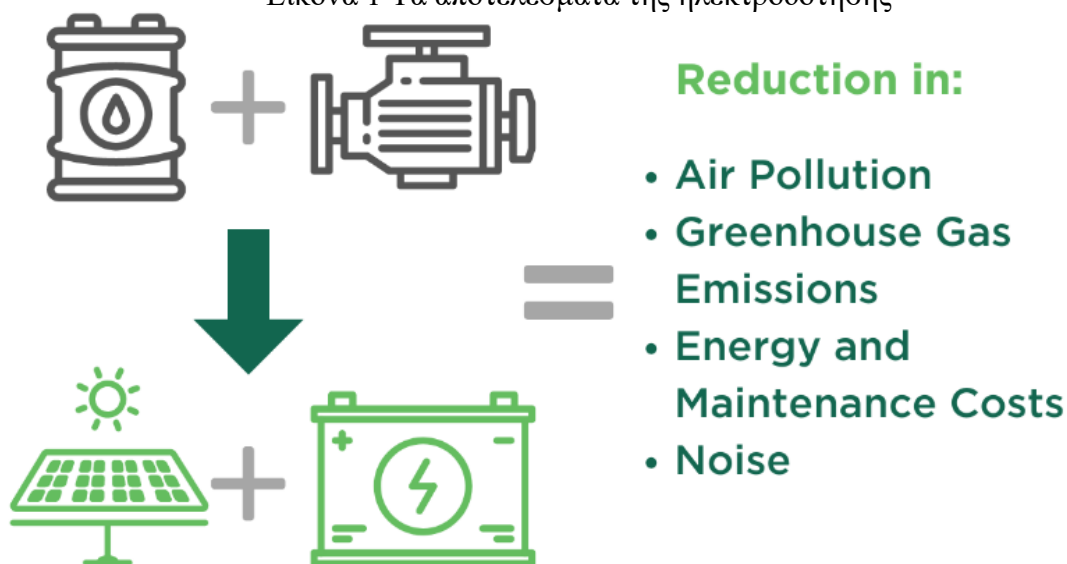
3.1.2 Παροχή ρεύματος από τον τερματικό σταθμό στα πλοία (Shore-to-ship power) και μετάβαση των μηχανημάτων του λιμένα σε καινούρια ηλεκτροκίνητα

Τα λιμάνια ως χώροι υποδοχής, εξυπηρέτησης και παροχής υπηρεσιών στα πλοία, διαδραματίζουν βασικό ρόλο στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία, αλλά επωφελούνται επίσης από το μειωμένο περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα. Μία από τις πιο αποτελεσματικές παρεμβάσεις είναι η ηλεκτρική διασύνδεση των πλοίων στο στον τερματικό σταθμό, μέσω κατάλληλου ηλεκτρικού εξοπλισμού, έτσι ώστε τα πλοία να κλείνουν τελείως τις μηχανές τους (ακόμα και τις γεννήτριες) για να μην παράγουν ατμοσφαιρικούς ρύπους ή θόρυβο κατά την παραμονή τους στο λιμάνι. Η ηλεκτροδότηση αυτή περιλαμβάνει την αντικατάσταση κινητήρων που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα όπως μαζούτ ή ντίζελ με απευθείας παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από τη στεριά. Στην ιδανική περίπτωση, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με αποτέλεσμα ακόμη λιγότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η μετατροπή των λιμενικών μηχανημάτων σε ηλεκτρικά, όπως φορητά, γερανοί, περονοφόρα ανυψωτικά και τρακτέρ, μειώνει επίσης την ατμοσφαιρική ρύπανση και τον θόρυβο, γεγονός που μπορεί να βοηθήσει στον μετριασμό της κλιματικής κρίσης και στην προώθηση ενός καθαρότερου περιβάλλοντος για τις κοινότητες κοντά στο λιμάνι. Οι ηλεκτρικοί κινητήρες είναι επίσης ευκολότεροι και φθηνότεροι στη συντήρηση και την επισκευή. Οι ηλεκτρικοί γερανοί, για παράδειγμα, μειώνουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 60 έως 80% και έχουν 30 % χαμηλότερο κόστος επισκευής σε σύγκριση με τους γερανούς ντίζελ.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το λιμάνι της Σαβάνα στην πολιτεία Τζόρτζια των Η.Π.Α, το οποίο ηλεκτροδότησε 104 ράφια εμπορευματοκιβωτίων ψυγείων, τα οποία θα οδηγήσουν σε εξοικονόμηση ντίζελ περισσότερο από 5,5 εκατομμύρια γαλόνια ετησίως και θα μειώσουν τις εκπομπές ρύπων που ισοδυναμεί με την αφαίρεση 12.000 αυτοκινήτων από το δρόμο. Το 2018, το τερματικό έλαβε έγκριση για την κατασκευή επιπλέον 15 ηλεκτρικών ραφιών ψυγείων container, που θα εξοικονομούν επιπλέον 795.000 γαλόνια ντίζελ κάθε χρόνο. Επιπλέον, πολλοί από τους γερανούς που χρησιμοποιούνται για την εκφόρτωση φορτίου από πλοία έχουν επίσης

ηλεκτροδοτηθεί, γεγονός που, σε συνδυασμό με την ηλεκτροδότηση των ραφιών εμπορευματοκιβωτίων ψυγείων, αποφεύγει τη χρήση 7,5 εκατομμυρίων γαλονιών ντίζελ ετησίως.²⁶ Η Λιμενική Αρχή της Τζόρτζια, η οποία περιλαμβάνει το λιμάνι της Σαβάνας, ηλεκτροδότησε επίσης τις γερανογέφυρες στοιβασίας εμπορευματοκιβωτίων τύπου RTG, δηλαδή γερανογέφυρες που μετακινούνται με λάστιχα και όχι σε ράγες. Οι γερανογέφυρες που δουλεύουν με ηλεκτρισμό χρησιμοποιούν 95% λιγότερο καύσιμο ντίζελ από τα συμβατικά μοντέλα, χρησιμοποιώντας μόνο ντίζελ για να κινούνται γύρω από το λιμάνι. Κάθε χρόνο, τα ηλεκτρικά RTG στο λιμάνι εξαλείφουν την ανάγκη για 700.000 γαλόνια καυσίμου ντίζελ, που ισοδυναμεί με την απομάκρυνση 1.550 επιβατικών οχημάτων από το δρόμο, και εξοικονομεί τη Λιμενική Αρχή της Τζόρτζια 2,2 εκατομμύρια δολάρια σε κόστος καυσίμων.²⁷

Εικόνα 1 Τα αποτελέσματα της ηλεκτροδότησης



Graphic by: Emma Johnson, EESI

Τα πλοία στο λιμάνι είναι συχνά η μεγαλύτερη πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στα λιμάνια. Οι εγκαταστάσεις τροφοδοσίας στην ξηρά, οι οποίες αφορούν ηλεκτρικές συνδέσεις που διατίθενται σε ελλιμενισμένα πλοία που επιτρέπουν στους κινητήρες τους να κλείνουν ενώ βρίσκονται στο λιμάνι μπορούν να μειώσουν την ατμοσφαιρική ρύπανση από τα ελλιμενισμένα πλοία έως και 98 %. Η τροφοδοσία ενός πλοίου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων στην ξηρά για μία ημέρα μειώνει τη ρύπανση κατά όσο το να απομακρύνουν 33.000 αυτοκίνητα από το δρόμο για μια ημέρα. Μέσω της πρωτοβουλίας του για την τροφοδοσία στην ξηρά, το

²⁶ Bilings, R., Perez, H., Port of Savannah Shore Power Analysis, 2019

²⁷ Georgia Ports Authority, Georgia Ports Authority by the number, 2018

πρόγραμμα Alternative Marine Power, το λιμάνι του Λος Άντζελες έχει εγκαταστήσει 79 συνδέσμους τροφοδοσίας στην ξηρά που παρέχουν ηλεκτρισμό σε 25 προβλήτες,²⁸ περισσότερα από οποιοδήποτε άλλο λιμάνι στον κόσμο. Το 2007, η Καλιφόρνια υιοθέτησε τον κανονισμό Ocean-Going Vessels At-Berth για τη μείωση των εκπομπών στα λιμάνια. Από το 2014, ο κανονισμός βοήθησε τα λιμάνια της Καλιφόρνια να επιτύχουν 80% μείωση των εκπομπών από τα αγκυροβολημένα πλοία απαιτώντας από ορισμένα πλοία να χρησιμοποιούν κινητήρες στην ξηρά ή να σβήνουν κινητήρες στο λιμάνι. Το 2020, το Συμβούλιο Αεροπορικών Πόρων της Καλιφόρνια (CARB) ενέκρινε το μέτρο ελέγχου για θαλάσσια πλοία στο αγκυροβόλιο, το οποίο επεκτείνει τον κανόνα του 2007 και απαιτεί από όλα τα πλοία που εισέρχονται σε λιμάνια της Καλιφόρνια να χρησιμοποιούν ηλεκτρισμό στην ξηρά ή άλλες τεχνολογίες ελέγχου εκπομπών εγκεκριμένων από το CARB.²⁹ Οι εκτιμήσεις του CARB λένε ότι θα αποτρέψει 237 πρόωρους θανάτους, 75 επισκέψεις σε νοσοκομεία και 122 επισκέψεις στα επείγοντα, εξοικονομώντας πάνω από 2,3 δισεκατομμύρια δολάρια σε κόστος υγειονομικής περίθαλψης. Μόλις εφαρμοστεί πλήρως ο νέος κανόνας, το CARB εκτιμά ότι ο κίνδυνος καρκίνου για τις κοινότητες κοντά στα λιμάνια του Λος Άντζελες, του Λονγκ Μπιτς και του Ρίτςμοντ θα μειωθεί κατά 55%.³⁰

3.1.3 Προγράμματα αντικατάστασης φορτηγών με καινούρια νέας τεχνολογίας

Στα τρία μεγαλύτερα λιμάνια των Ηνωμένων Πολιτειών, τα λιμάνια του Λος Άντζελες, του Λονγκ Μπιτς και της Νέας Υόρκης και του Νιου Τζέρσεϊ, τα βαρέα επαγγελματικά οχήματα παρήγαγαν εκπομπές ισοδύναμες με πάνω από ένα εκατομμύριο τόνους διοξειδίου του άνθρακα το 2019. Σε όλη τη χώρα, τα βαρέα οχήματα υπηρεσίας στα λιμάνια αποτελούν σημαντική πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και άλλων ρύπων, όπως τα σωματίδια και τα οξείδια του αζώτου, που συμβάλλουν στην κλιματική κρίση και επηρεάζουν την υγεία των κοινοτήτων κοντά στο λιμάνι. Για να μειώσουν αυτές τις εκπομπές, ορισμένα λιμάνια έχουν εφαρμόσει προγράμματα αντικατάστασης φορτηγών, αντικαθιστώντας παλαιότερα φορτηγά με μοντέλα που διαθέτουν καθαρότερη καύση και πιο αποδοτικούς κινητήρες. Το πρόγραμμα κινήτρων αντικατάστασης καθαρού φορτηγού στο λιμάνι της Νέας

²⁸ The Port of Los Angeles, Port Of Los Angeles Ready To Meet California's Shore-Side Power Requirements, 2014

²⁹ The Port of Los Angeles, Shore Power Regulations, 2020

³⁰ California Air Resources Board, Ocean-Going Vessels at Berth Regulation, 2020

Ορλεάνης, γνωστό ως Clean TRIP ξεκίνησε το 2016 και έχει αντικαταστήσει 58 πετρελαιοκίνητα φορτηγά μεταφοράς μικρών αποστάσεων με καθαρότερα οχήματα, οδηγώντας σε μείωση κατά 96% των εκπομπών λεπτών σωματιδίων. Τα νέα φορτηγά αγοράστηκαν με χρηματοδότηση από το Τμήμα Περιβαλλοντικής Ποιότητας της Λουιζιάνα και την Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος (EPA).³¹ Ομοίως, η πρωτοβουλία καθαρών φορτηγών του Λιμένα της Σαβάνας, που χρηματοδοτήθηκε από επιχορήγηση του νόμου για τη μείωση των εκπομπών ντίζελ (DERA), αντικατέστησε 30 παλαιότερα, λιγότερο αποδοτικά φορτηγά. Τα ανταλλακτικά φορτηγά θα αποτρέψει την απελευθέρωση 1.200 τόνων οξειδίων του αζώτου, 56 τόνων σωματιδίων, 62 τόνων υδρογονανθράκων και 409 τόνων μονοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.³² Ενώ αυτά τα προγράμματα αποτελούν ένα βήμα προς πιο βιώσιμες μεταφορές στα λιμάνια, τα ηλεκτρικά φορτηγά μπορούν να βοηθήσουν στην περαιτέρω μείωση των εκπομπών και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Τον Ιούλιο του 2021, το λιμάνι του Όκλαντ ξεκίνησε ένα έργο επίδειξης ηλεκτρικών φορτηγών και αποκάλυψε 10 ηλεκτρικά φορτηγά, προσθέτοντας στον υπάρχοντα στόλο των 17 ηλεκτρικών φορτηγών του λιμανιού. Η χρηματοδότηση του έργου εξασφαλίστηκε μέσω του προγράμματος Zero and Near-Zero-Emission Freight Facilities της Καλιφόρνια. Το λιμάνι επένδυσε επίσης 1,7 εκατομμύρια δολάρια για την κατασκευή 10 σταθμών ηλεκτρικής φόρτισης.³³

Εικόνα 2 Μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μέσω της ηλεκτροδότησης πλοίων στα λιμάνια

Shore powering facilities

provide electrical hookups to ships at port, allowing their engines to be shut off.



Graphic by: Emma Johnson, EESI

³¹ Port of New Orleans, Clean Trip

³² U.S. Environmental Protection Agency, Georgia Ports Authority Reduces Diesel Emissions, Improves Efficiency, and Saves Costs

³³ California Climate Investments, Zero- and Near Zero-Emission Freight Facilities Project: Oakland

3.1.4 Ενεργειακή απόδοση και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Τα μεγάλα κτίρια και οι ανοιχτοί χώροι καθιστούν τα λιμάνια βιώσιμους υποψήφιους για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και μάλιστα τις περισσότερες φορές για ηλιακή ενέργεια. Η παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας στα λιμάνια μπορεί να μειώσει την ανάγκη για ορυκτά καύσιμα, μειώνοντας έτσι τις εκπομπές ρύπων και την ατμοσφαιρική ρύπανση. Το λιμάνι του Σιάτλ έχει εγκαταστήσει ηλιακούς συλλέκτες που μειώνουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά περισσότερους από 2,2 τόνους, παράγουν 120.000 κιλοβατώρες ενέργειας και εξοικονομούν πάνω από 10.000 δολάρια σε κόστος που σχετίζεται με την ενέργεια κάθε χρόνο.³⁴ Το λιμάνι του Λος Άντζελες, το οποίο έχει ήδη εγκατεστημένα τρία μεγαβάτ ηλιακής ενέργειας, εγκαθιστά επί του παρόντος επιπλέον ηλιακά πάνελ που αναμένεται να παρέχουν το ένα έκτο της συνολικής ζήτησης ενέργειας του λιμανιού.³⁵ Το λιμάνι του Λονγκ Μπιτς έχει επίσης εγκαταστήσει ηλιακούς συλλέκτες, με αυτά που εγκαταστάθηκαν το 2016 να μειώνουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά περισσότερους από 1.000 τόνους ετησίως.³⁶

Η ενεργειακή απόδοση διαδραματίζει επίσης βασικό ρόλο στον μετριασμό των κλιματικών επιπτώσεων των λιμανιών. Οι νέες κατασκευές στο λιμάνι του Μαϊάμι έχουν πιστοποιηθεί τουλάχιστον στο ασημένιο επίπεδο Ηγεσίας στον Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό Σχεδιασμό (LEED), το οποίο απαιτεί από τα κτίρια να πληρούν ορισμένα πρότυπα βιωσιμότητας. Το 2012, το λιμάνι του Μαϊάμι εγκατέστησε επίσης λευκό ανακλαστικό υλικό στέγης, το οποίο χρησιμεύει ως τεχνολογία παθητικής ψύξης για τα κτίρια.³⁷ Ομοίως, το λιμάνι της Σαβάνα εγκατέστησε χειριστήρια φωτισμού και φωτιστικά που μείωσαν τη φωτορύπανση και την κατανάλωση ενέργειας κατά 60%.³⁸

3.1.5 Τροποποίηση λειτουργικών διαδικασιών για τη μείωση της σπατάλης ενέργειας

Τα λιμάνια μπορούν επίσης μπορούν να τροποποιήσουν τις λειτουργίες τους σε για να μειώσουν τη σπατάλη ενέργειας. Για παράδειγμα, η χρήση φορτηγίδων ή σιδηροδρόμου για τη μεταφορά φορτίου είναι πιο αποτελεσματική από τη χρήση

³⁴ Port of Seattle, Solar Energy at the Port, 2019

³⁵ The Port of Los Angeles, Environment, Sustainability, and Solar Power

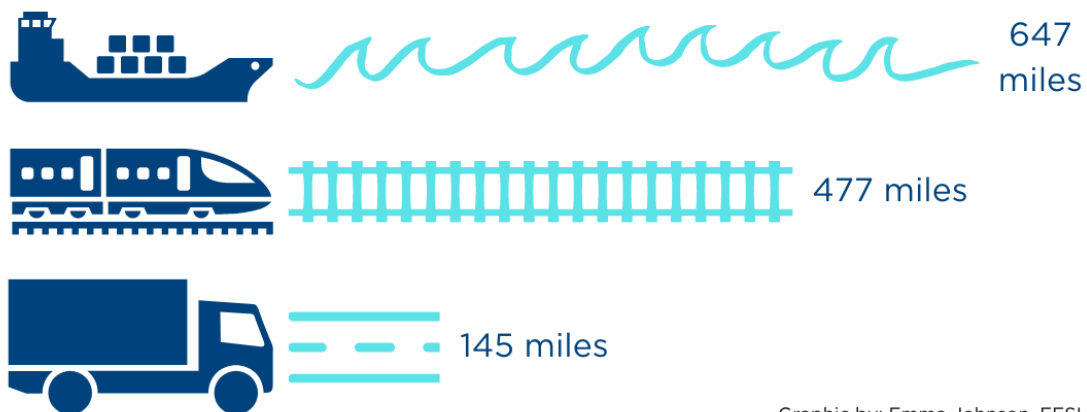
³⁶ Edison Energy, Solar Panels Installed at Port of Long Beach

³⁷ Port Miami, Protecting the Environment

³⁸ Georgia Ports Authority

φορτηγών και αυτό γιατί ένα γαλόνι καυσίμου μπορεί να μετακινήσει έναν τόνο φορτίου μέχρι 647 μίλια με φορτηγίδα, 477 μίλια με σιδηρόδρομο και 145 μίλια με φορτηγό.³⁹ Επίσης, η διαδικασία εκφόρτωσης φορτίου σε χερσαία μέσα μεταφοράς μπορεί να γίνει πιο αποτελεσματική. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί, το λιμάνι του Σινσινάτι το οποίο άλλαξε τοποθεσία στους χώρους φόρτωσης σε φορτηγά και και τρένα για να ελαχιστοποιήσει τη συχνότητα διακίνησης του φορτίου μέσα στο λιμάνι, ενώ παράλληλα έδωσε προτεραιότητα στις σιδηροδρομικές μεταφορές έναντι των φορτηγών.⁴⁰ Αυτό βοηθάει στην πιο αποτελεσματική οδική μεταφορά, καθώς η μεταφορά με φορτηγά δεν μπορεί να αφαιρεθεί πλήρως από τις λιμενικές λειτουργίες, μόνο να βελτιωθεί. Επιπλέον, το λιμάνι του Μαϊάμι και το λιμάνι του Όκλαντ έχουν εγκαταστήσει ηλεκτρονικές πύλες ασφαλείας που ανοίγουν πιο γρήγορα από τις χειροκίνητες πύλες για να ελαχιστοποιήσουν το ρελαντί του φορτηγού και να μειώσουν τη σπατάλη καυσίμου, περιορίζοντας τις περιττές εκπομπές.⁴¹ Το 2019, το λιμάνι του Όκλαντ κυκλοφόρησε ένα σχέδιο για περαιτέρω μείωση του νεκρού χρόνου των φορτηγών, ανασχεδιάζοντας τοποθεσίες σιδηροδρόμων γύρω από το λιμάνι για τη μείωση της συμφόρησης.⁴² Αυτό θα έχει επίσης το συνόφελος της μείωσης της ατμοσφαιρικής και ηχορύπανσης για όσους ζουν και εργάζονται κοντά στο λιμάνι.

Εικόνα 3 Σύγκριση μεταφορικού έργου πλοίων με σιδηρόδρομο και οδικά μέσα
One gallon of fuel can move one ton of cargo:



Graphic by: Emma Johnson, EESI

³⁹ Kruse, J. et al, A Modal Comparison of Domestic Freight Transportation Effects on the General Public: 2001–2014, Texas A&M Transportation Institute, 2017

⁴⁰ Kreis, D., Audit Template for Inland Port Sustainability, Kentucky Transportation Center, 2014

⁴¹ Port of Miami, Protecting the Environment

⁴² Sinkoff, R., Seaport Air Quality 2020 and Beyond Plan, 2019

3.1.6 Πόροι για τη βιωσιμότητα και αειφορία των λιμένων

Τα λιμάνια που λαμβάνουν μέτρα για να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, να προσαρμοστούν στις κλιματικές επιπτώσεις και να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις της περιβαλλοντικής ποιότητας έχουν αναπτύξει πρακτικές και πόρους για την εκτέλεση αυτού του έργου. Εξωτερικοί φορείς έχουν επίσης δημιουργήσει προγράμματα για την ενίσχυση του έργου βιωσιμότητας στα λιμάνια. Ορισμένα λιμάνια των ΗΠΑ αναπτύσσουν σχέδια μετριασμού της κλιματικής αλλαγής και ανθεκτικότητας και προσαρμογής ή ενημερώνουν τα υπάρχοντα. Για παράδειγμα, το λιμάνι του Σαν Ντιέγκο δημοσίευσε την «Έκθεση Εκτίμησης Τρωτότητας Ανόδου του Επιπέδου της Θάλασσας και Έκθεση Ανθεκτικότητας Παράκτιων» το 2019 για να αξιολογήσει τις κλιματικές επιπτώσεις. Το λιμάνι του Σιάτλ είναι μέρος μιας συμμαχίας που ονομάζεται Washington Maritime Blue, η οποία στοχεύει να επιταχύνει τη γαλάζια οικονομία και να προωθήσει τη βιωσιμότητα στη ναυτιλιακή βιομηχανία στην πολιτεία της Ουάσιγκτον. Μερικά από τα λιμάνια στις Ηνωμένες Πολιτείες δημιουργούν και στη συνέχεια ενημερώνουν τους καταλόγους εκπομπών.

Σύμφωνα με την EPA, 13 λιμάνια των ΗΠΑ παράγουν απογραφές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και επτά από αυτά έχουν θέσει στόχους μείωσης των εκπομπών. Τα λιμάνια του Λος Άντζελες, του Λονγκ Μπιτς και της Νέας Υόρκης και του Νιου Τζέρσεϋ έχουν δημιουργήσει τους πιο πρόσφατους και συνεπείς καταλόγους εκπομπών. Η EPA Ports Initiative συνεργάζεται με τα λιμάνια των ΗΠΑ και τις τοπικές κοινότητες για τη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων. Το πρόγραμμα παρέχει τεχνικούς πόρους, όπως οδηγούς για τη δημιουργία απογραφών εκπομπών λιμένων, καθώς και εργαλειοθήκες και πόρους για την προώθηση της συνεργασίας κοινότητας-λιμανιού. Η Ports Initiative τρέχει επί του παρόντος πιλοτικά έργα σε τέσσερα λιμάνια για την παροχή τεχνικής βοήθειας για κοινοτική συνεργασία. Επιπλέον, η EPA Ports Initiative παρέχει μια λίστα με πολλές ευκαιρίες χρηματοδότησης ομοσπονδιακών, πολιτειακών, τοπικών και ιδιωτικών λιμανιών και κοινοτήτων κοντά σε λιμάνια για τη μείωση των εκπομπών και τη βελτίωση του περιβάλλοντος.⁴³ Οι ευκαιρίες ομοσπονδιακής χρηματοδότησης για τη βιωσιμότητα των λιμανιών περιλαμβάνουν το πρόγραμμα χρηματοδότησης του νόμου για τη μείωση των εκπομπών ντίζελ (DERA) της EPA και το πρόγραμμα διακριτικής επιχορήγησης (παλαιότερα γνωστό ως TIGER

⁴³ U.S. Environmental Protection Agency, Funding Opportunities for Ports and Near-Port Communities

ή BUILD) του Υπουργείου Μεταφορών για την Ανοικοδόμηση της Αμερικανικής Υποδομής με Αειφορία και Ισότητα (RAISE). Σύμφωνα με την EPA, 26 λιμάνια έχουν λάβει ομοσπονδιακές επιχορηγήσεις DERA για τη μείωση των εκπομπών.

Υπάρχουν πολλά διεθνή προγράμματα για να βοηθήσουν τα λιμάνια να επιτύχουν τους στόχους αειφορίας τους και να τα καταστήσουν υπόλογα. Το Πρόγραμμα Green Marine είναι μια εθελοντική περιβαλλοντική πιστοποίηση για τη ναυτιλιακή βιομηχανία της Βόρειας Αμερικής και βασίζεται σε 14 δείκτες απόδοσης που αξιολογούν τη ρύπανση του αέρα, των υδάτων και της γης.⁴⁴ Ένα άλλο πρόγραμμα, το Παγκόσμιο Πρόγραμμα Αειφορίας Λιμένων, καθοδηγείται από τους 17 στόχους βιώσιμης ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών και στοχεύει στην προώθηση της βιωσιμότητας των λιμένων παγκοσμίως.⁴⁵

3.2 IMO 2020 και Ενίσχυση των Μέτρων για τον Περιορισμό της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης από τα Πλοία

Όπως είναι γνωστό, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) μέσω της Επιτροπής Προστασίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) υιοθέτησε τον Απρίλιο του 2018 την «Αρχική Στρατηγική του IMO» (IMO Initial GHG Strategy 2018), μια στρατηγική που προβλέπει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την ποντοπόρο ναυτιλία κατά τουλάχιστον 50% μέχρι το 2050 σε σύγκριση με το 2008 με στόχο τη σταδιακή εξάλειψή τους. Παράλληλα, προβλέπει μείωση της έντασης του άνθρακα, δηλαδή της ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται ανά μίλι παραγόμενου μεταφορικού έργου, της τάξης του 40% έως το 2030 με στόχο τη μείωση κατά 70% μέχρι το 2050 σε σχέση με τα επίπεδα του 2008 και σταδιακά την εξάλειψη των εκπομπών άνθρακα. Ένα ολοκληρωμένο πακέτο μέτρων, τόσο τεχνικού όσο και επιχειρησιακού χαρακτήρα, υιοθετήθηκε το 2021 για την υποστήριξη της επίτευξης των στόχων αυτών.⁴⁶

Παρά το γεγονός ότι η Ναυτιλία αντιπροσωπεύει διαχρονικά λιγότερο από το 3% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα σε παγκόσμιο επίπεδο, χωρίς αυτό να αποτελεί λόγο αναίρεσης των παγκόσμιων πολιτικών της μείωσης του

⁴⁴ Green Marine, Green Marine Certification Programme, 2020

⁴⁵ United Nations, Sustainable Development Goals of the United Nations, World Ports Sustainability Program

⁴⁶ IMO, Initial IMO GHG Strategy 2018

περιβαλλοντικού αποτυπώματος, είναι κλάδος τεράστιας οικονομικής σημασίας τόσο για την Ευρώπη, όπου το 75% του εξωτερικού εμπορίου μεταφέρεται δια θαλάσσης, όσο και για το διεθνές εμπόριο, με πάνω από το 90% των εμπορευμάτων να μεταφέρονται με πλοία.

Η μετάβαση σε μια πιο «πράσινη ναυτιλία», η απανθρακοποίηση του ναυτιλιακού τομέα και η αντιμετώπιση των προκλήσεων που προαναφέρθηκαν απαιτούν επενδύσεις σε έρευνα, ανάπτυξη και καινοτομία. Οι επενδύσεις αυτές αποτελούν προϋπόθεση για την εξεύρεση εμπορικά βιώσιμων λύσεων σε ένα πλήθος θεμάτων που αφορούν τόσο στη ναυπήγηση νέων όσο και στη μετασκευή των υφιστάμενων πλοίων κάθε κατηγορίας, αλλά και στην προσαρμογή του ευρύτερου τομέα στις νέες αυτές λύσεις, παράλληλα με μία ουσιαστική περίοδο ωρίμανσης των τεχνικών λύσεων που τελικά θα υιοθετηθούν. Σημαντικό στοιχείο είναι και η δοκιμή των προτεινόμενων λύσεων σε πραγματικές συνθήκες και διαφορετικά λειτουργικά περιβάλλοντα, μέσα από πιλοτικά προγράμματα μεγάλης κλίμακας με συμμετοχή όλων των εμπλεκόμενων φορέων.

Στους εμπλεκόμενους φορείς του τομέα περιλαμβάνονται οι πλοιοκτήτες αλλά και οι ναυλωτές, η ναυπηγική βιομηχανία, η βιομηχανία κατασκευής μηχανικού εξοπλισμού, κατασκευαστές ναυτιλιακού εξοπλισμού, παραγωγοί και διανομείς ναυτιλιακών καυσίμων, πάροχοι και λειτουργοί μεταφορικών υποδομών και λιμένων, νηογνώμονες, αλλά και οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής και λήψης αποφάσεων σε υπερεθνικό ή και εθνικό επίπεδο. Λαμβάνοντας υπόψη τα επιχειρηματικά μοντέλα και την αλυσίδα αξίας του κάθε φορέα, οι λύσεις και οι τεχνολογίες που προτείνονται θα πρέπει να επιμερίζουν τόσο το επενδυτικό βάρος όσο και οικονομικό όφελος, ενισχύοντας το σύστημα αξίας που συνθέτουν οι φορείς αυτοί.

Βασική προτεραιότητα αποτελεί η ανάπτυξη νέων καυσίμων μηδενικής έντασης ρύπων, τα οποία θα είναι ασφαλή, οικονομικά βιώσιμα και διαθέσιμα παντού. Παράλληλα θα πρέπει να αναπτυχθούν νέες τεχνολογίες πρόωσης πλοίων και να δημιουργηθούν οι απαραίτητες εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού και εξυπηρέτησης των πλοίων. Πιθανά εναλλακτικά καύσιμα περιλαμβάνουν τα βιοκαύσιμα και συνθετικά καύσιμα με βάση το υδρογόνο που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας. Άλλα πιθανά εναλλακτικά καύσιμα περιλαμβάνουν το συνθετικό ντίζελ, μεθάνιο, μεθανόλη και αμμωνία. Τα καύσιμα αυτά διαφέρουν στην ενεργειακή τους

πυκνότητα, συμβατότητα με τις υφιστάμενες μηχανές και υποδομές ανεφοδιασμού, στα επίπεδα και τους κανόνες ασφάλειας στη χρήση τους, στα επίπεδα εκπομπών άνθρακα και στη διαθεσιμότητά τους σε παγκόσμιο επίπεδο. Παράλληλα, απαιτούνται κατάλληλες λιμενικές εγκαταστάσεις και υποδομές ανεφοδιασμού καυσίμων, προσαρμοσμένες στα χαρακτηριστικά της κάθε κατηγορίας καυσίμου, που σε κάποιες περιπτώσεις απαιτούν εξειδικευμένες τεχνολογίες και διαδικασίες ασφαλείας. Σε κάθε περίπτωση η λύση των νέων καυσίμων μηδενικής έντασης ρύπων απαιτεί σημαντικές προσπάθειες έρευνας και πιλοτικής εφαρμογής, ενώ το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) αποτελεί αναμφισβήτητα μεταβατικό καύσιμο με μεγάλη αποδοχή, που σταδιακά επικρατεί ιδιαίτερα στη Ναυτιλία Τακτικών Γραμμών.

Η πορεία για την εξασφάλιση τεχνολογικά και λειτουργικά αξιόπιστων λύσεων για την επίτευξη των φιλόδοξων αλλά και επιβεβλημένων στόχων της δραστηρικής μείωσης του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της ναυτιλίας είναι και δύσκολη και περίπλοκη από κάθε άποψη. Η ουσιαστική πρόκληση είναι η έρευνα να προσεγγίσει τις ανάγκες της ναυτιλιακής βιομηχανίας και η ναυτιλία να συμβάλει με την εμπιστοσύνη της, αλλά και με την υλική στήριξή της στην επιτυχία της πορείας που είναι βέβαιο ότι δεν μπορεί να αντιστραφεί.

Ο πιο σημαντικός κανονισμός για την ατμοσφαιρική ρύπανση από τα πλοία ήταν το Παγκόσμιο Ανώτατο Όριο Εκπομπών του Θείου από τον IMO. Από την 1η Ιανουαρίου 2020, σύμφωνα με το παράρτημα VI MARPOL, η περιεκτικότητα σε θείο στα ναυτιλιακά καύσιμα που χρησιμοποιούνται σε ποντοπόρα πλοία που πραγματοποιούν πλόες και εκτός Περιοχών Ελέγχου Εκπομπών Θείου (SECA), δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,50% m/m ή 5.000ppm. Το όριο του θείου 0,50% είναι μια σημαντική μείωση από το προηγούμενο παγκόσμιο όριο 3,50% m/m που ήταν σε ισχύ από το 2012.⁴⁷ Οι πλοιοκτήτες και οι διαχειρίστριες ναυτιλιακές εταιρείες έχουν διάφορες επιλογές για να συμμορφωθούν στις απαιτήσεις του IMO. Αυτές οι επιλογές περιλαμβάνουν τη χρήση συμβατικών καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο ή εναλλακτικών καυσίμων όπως υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), υγροποιημένο αέριο πετρελαίου (LPG), συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG), βιοκαύσιμα, ηλιακή ενέργεια ή κυψέλες καυσίμου. Το SO_x μπορεί επίσης να ελεγχθεί χρησιμοποιώντας μια εναλλακτική τεχνολογία, όπως ένα σύστημα καθαρισμού καυσαερίων(exhaust gas

⁴⁷ International Chamber of Shipping, 2020 Global Sulphur Cap

cleaning system). Εκτός από το σημαντικό πρόσθετο κόστος των καυσίμων, η εφαρμογή ήταν πολύ πιο περίπλοκη από ό,τι για την προηγούμενη εισαγωγή των ορίων. Αυτό οφείλεται στο τεράστιο μέγεθος της μετάβασης και στις πολύ μεγαλύτερες ποσότητες και διαφορετικούς τύπους καυσίμων που εμπλέκονται.

Πίνακας 6 Παγκόσμια Όρια Περιεκτικότητας Θείου στα Ναυτιλιακά Καύσιμα

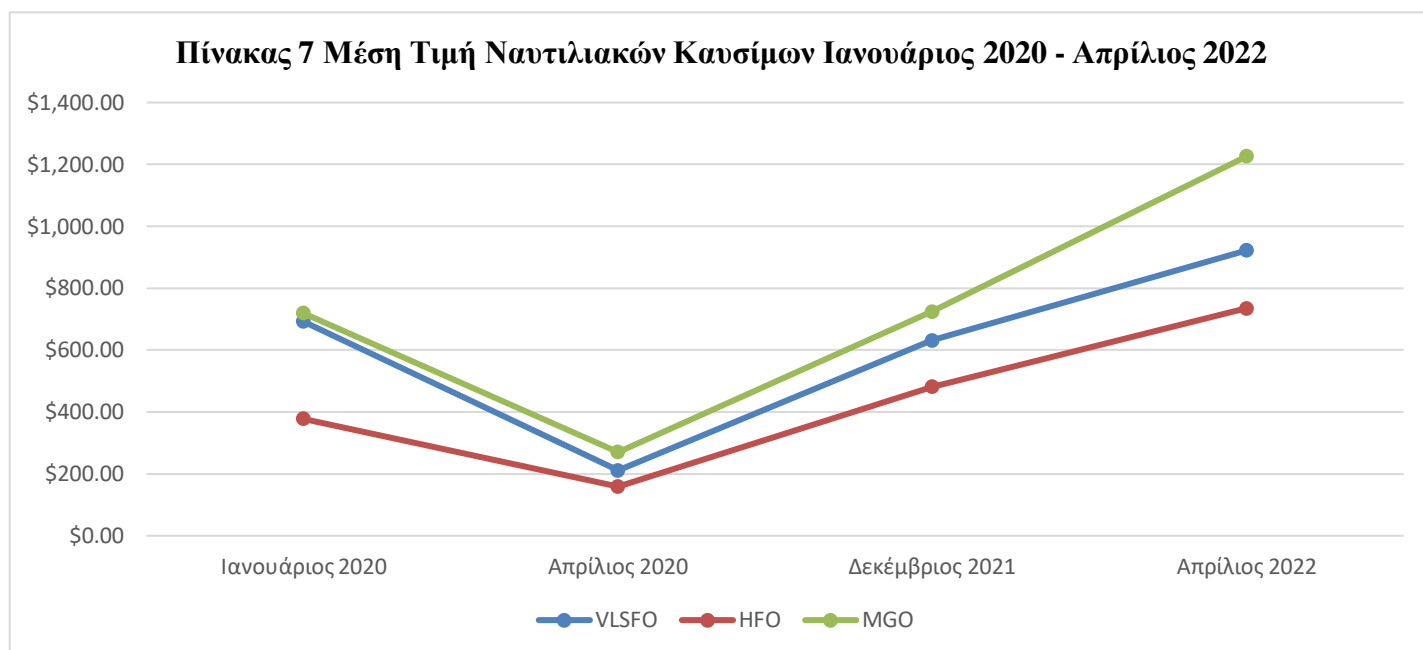
ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΟΡΙΑ		ΠΕΡΙΟΧΕΣ SECA/ECA	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΘΕΙΟ % m/m	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΘΕΙΟ % m/m
Αρχικά όρια	4.50	Αρχικά όρια	1.50
1 Jan 2012	3.50	1 Jul 2010	1.00
1 Jan 2020	0.50	1 Jan 2015	0.10

3.2.1 Μέθοδοι συμμόρφωσης με τις απαιτήσεις του κανονισμού IMO 2020

Κατά την προετοιμασία θέσπισης του παγκόσμιου ανώτατου ορίου για το θείο που επιβλήθηκε από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό, οι ναυτιλιακές εταιρείες και οι πλοιοκτήτες κλήθηκαν να επιλέξουν τη μέθοδο μέσω της οποίας τα πλοία τους θα συμμορφωθούν με τους νέους κανονισμούς σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση από πλοία από την 1η Ιανουαρίου 2020.

Η κύρια μέθοδος συμμόρφωσης με το παγκόσμιο ανώτατο όριο περιεκτικότητας θείου στα ναυτιλιακά καύσιμα είναι η χρήση καυσίμων πολύ χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο με μέγιστες τιμές 0,50% m/m που έχουν αναπτυχθεί ειδικά για το σκοπό αυτό. Η πλειονότητα των ναυτιλιακών εταιρειών έχει επιλέξει αυτή τη μέθοδο προκειμένου να συμμορφωθεί με τους νέους περιβαλλοντικούς κανονισμούς σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση από τα ποντοπόρα πλοία. Τα πλεονεκτήματα για όσους επέλεξαν αυτή τη μέθοδο είναι ότι δεν χρειάστηκε να βγάλουν τα πλοία τους για δεξαμενισμό και να ξοδέψουν κεφάλαια που απαιτούνται για την τοποθέτηση των scrubber. Αυτό σημαίνει ότι σε περιόδους υψηλών ναύλων κατάφεραν να εκμεταλλευτούν και την αγορά καθώς τα πλοία τους ήταν διαθέσιμα για εμπόριο. Από την άλλη το μεγαλύτερο τους μειονέκτημα είναι ότι μπορούν να αυξήσουν σε μεγάλο βαθμό τα λειτουργικά και τα έξοδα ταξιδιού των πλοίων όταν οι τιμές των καυσίμων βρίσκονται πολύ ψηλά. Με τα στοιχεία των τελευταίων δύο χρόνων από τότε που τέθηκε σε εφαρμογή ο διεθνής κανονισμός για τη μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο, το

καύσιμο με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο έχει παραμείνει ιστορικά σε χαμηλά επίπεδα σε σχέση με τα καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο.⁴⁸



Πριν ένα πλοίο ξεκινήσει τη καύση νέο-παραληφθέντων καυσίμων, οι διαχειρίστριες εταιρείες πρέπει πρώτα να στείλουν δείγματα από τα καύσιμα (bunker samples) για ανάλυση, προκειμένου να δουν αν η περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο είναι εντός των αποδεκτών ορίων καθώς και άλλα χαρακτηριστικά που μπορούν να δείξουν εάν χρειάζονται ειδική μεταχείριση. Με τις αναλύσεις οι εταιρείες μπορούν να εγγυηθούν δύο πράγματα: πρώτον ότι το πλοίο συμμορφώνεται με την απαίτηση σχετικά με την περιεκτικότητα θείου στα καύσιμα και δεύτερον ότι θα αποφευχθεί κάθε είδους ζημιά στα μηχανήματα του πλοίου. Είναι πολύ σημαντικό να αναφερθεί ότι για τα καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο 0,50%, το επίπεδο ανοχής σε θείο κατά τη διάρκεια δοκιμής είναι 0,53% σύμφωνα με το τεστ που έχει προδιαγραφές σύμφωνα με το πρότυπο ISO 8217. Αυτό σημαίνει ότι τα καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο πάνω από 0,53% είναι εκτός προδιαγραφών και μπορούν να επιφέρουν μεγάλα πρόστιμα ή μέχρι και κράτηση του σκάφους από τις λιμενικές αρχές.⁴⁹

Η δεύτερη επιλογή είναι η χρησιμοποίηση scrubbers για την αφαίρεση σωματιδίων και επιβλαβών ουσιών από τα καυσαέρια που παράγονται ως αποτέλεσμα της διαδικασίας καύσης, προκειμένου να ελεγχθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση. Η τεχνολογία των συστημάτων scrubbers χρησιμοποιείται εδώ και αρκετά χρόνια στους

⁴⁸ Clarksons Research, Shipping Intelligence Weekly Reports

⁴⁹ Bates, A., The IMO global Sulphur content cap – one year on, The Swedish Club, 2020

σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής που χρησιμοποιούν πετρέλαιο ή άνθρακα. Αρχικά η τεχνολογία είχε αναπτυχθεί για τα υποβρύχια όπου και χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα. Η χρήση των scrubbers ήταν μια εύχρηστη λύση για πολλές ναυτιλιακές εταιρείες και έχει εγκατασταθεί σε πολλά πλοία ώστε να συμμορφώνονται με οικονομικό τρόπο με τους σύγχρονους διεθνείς κανονισμούς και πρότυπα.

Από τον παρακάτω πίνακα παρατηρούμε ότι αριθμητικά τα περισσότερα πλοία που έχουν ήδη εγκαταστήσει συστήματα καθαρισμού καυσαερίων είναι τα φορτηγά πλοία μεταφοράς ξηρού χύδην φορτίου. Ενώ τα περισσότερα πλοία που έχουν εγκαταστήσει συστήματα καθαρισμού καυσαερίων ως ποσοστό του στόλου τους είναι τα δεξαμενόπλοια και είναι λιγότερα αριθμητικά. Αυτό σχετίζεται άμεσα με το μέγεθος του στόλου του εκάστοτε τύπου πλοίου, καθώς τα φορτηγά πλοία μεταφοράς ξηρού χύδην φορτίου έχουν τον μεγαλύτερο στόλο παγκοσμίως κατέχοντας το 42,77% της παγκόσμιας χωρητικότητας ποντοπόρων πλοίων.⁵⁰

Πίνακας 8 Πλοία που είχαν εγκαταστήσει συστήματα scrubber έως τις 1 ^η Μαρτίου 2022 ⁵¹				
Τύπος πλοίου	Συνολικός αριθμός	Ποσοστό επί του στόλου	Νεότευκτα με scrubber	Μεταχειρισμένα με μετατροπή
Δεξαμενόπλοια αργού πετρελαίου	655	29.7%	209	426
Δεξαμενόπλοια προϊόντων πετρελαίου	448	4.8%	181	249
Δεξαμενόπλοια μεταφοράς χημικών	118	2.7%	24	91
Φορτηγά πλοία ξηρού χύδην φορτίων	1574	12.3%	464	1089
Πλοία LPG	117	7.6%	68	48
Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων	1033	18.4%	235	698

⁵⁰ UNCTAD, Review of Maritime Transport 2021, σελ 31

⁵¹ Clarksons Research, Shipping Review and Outlook, Μάρτιος 2022, σελ 183

Πλοία γενικού φορτίου	43	0.3%	22	21
Πλοία Ro-Ro	152	18.3%	30	122

Με βάση τη λειτουργία τους, τα συστήματα καθαρισμού καυσαερίων διακρίνονται σε υγρού και ξηρού τύπου. Τα συστήματα ξηρού τύπου χρησιμοποιούν στερεό ασβέστη ως αλκαλικό καθαριστικό μέσο που αφαιρεί το διοξείδιο του θείου από τα καυσαέρια των πλοίων πριν αυτά απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα. Τα συστήματα υγρού τύπου χρησιμοποιούν το νερό ως καθαριστικό μέσο που ψεκάζεται στα καυσαέρια για τον καθαρισμό τους. Τα συστήματα υγρού τύπου διαχωρίζονται περαιτέρω σε κλειστού και ανοιχτού κυκλώματος ή βρόχου. Στα συστήματα κλειστού βρόχου μπορεί να χρησιμοποιηθεί γλυκό ή θαλασσινό νερό. Όταν χρησιμοποιείται γλυκό νερό, η ποιότητα του νερού που περιβάλλει το πλοίο δεν επηρεάζει την απόδοση και τις εκπομπές λυμάτων από το σύστημα. Τα συστήματα ανοιχτού τύπου χρησιμοποιούν θαλασσινό νερό κατά τη διάρκεια του καθαρισμού των καυσαερίων.

Στα συστήματα ανοιχτού τύπου χρησιμοποιείται το θαλασσινό νερό ως μέσο καθαρισμού και φιλτραρίσματος των καυσαερίων και δεν απαιτούνται άλλες χημικές ουσίες για την αποθείωση των αερίων. Τα καυσαέρια από την κύρια μηχανή ή τους λέβητες περνάνε μέσα από το σύστημα που τα επεξεργάζεται με θαλασσινό νερό που έχει αλκαλική ιδιότητα. Ο όγκος του θαλασσινού νερού που χρησιμοποιείται εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος και την ισχύ του κινητήρα του πλοίου. Το σύστημα αυτό είναι πολύ αποτελεσματικό και επιτρέπει καυσαέρια από καύσιμα που έχουν περιεκτικότητα σε θείο κοντά στο 3,5% να φτάσουν στο μέγιστο επίπεδο 0,10% που εφαρμόζεται και στις περιοχές ελέγχου καυσαερίων από τα πλοία (ECA). Για την επίτευξη αυτού όμως απαιτείται μεγάλη ικανότητα άντλησης υδάτων. Το σύστημα λειτουργεί απολύτως αποτελεσματικά όταν το θαλασσινό νερό που χρησιμοποιείται έχει επαρκή αλκαλικότητα. Ωστόσο, το θαλασσινό νερό από γεωγραφικές περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες, το γλυκό νερό και ακόμα και το υφάλμυρο νερό, δεν είναι αποτελεσματικά στον καθαρισμό και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα συστήματα ανοιχτού βρόχου. Για τον λόγο αυτό ένα σύστημα ανοιχτού βρόχου δεν θεωρείται κατάλληλο για πλοία που εμπορεύονται σε περιοχές που σε περιοχές με χαμηλά επίπεδα αλατότητας. Τα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι ότι έχει λιγότερα κινούμενα μέρη και ο σχεδιασμός του είναι απλός και εύκολος στην εγκατάσταση. Το

σύστημα απαιτεί λιγότερη συντήρηση και δεν υπάρχει η ανάγκη αποθήκευσης των ακάθαρτων νερών από τις πλύσεις. Τα μειονεκτήματά του είναι ότι αντιμετωπίζει προβλήματα στην ψύξη των καυσαερίων και η λειτουργία του εξαρτάται από την αλκαλικότητα του διαθέσιμου νερού στο τοπικό περιβάλλον και δεν είναι κατάλληλο για χρήση σε όλες τις συνθήκες. Επίσης απαιτείται πολύ μεγάλος όγκος θαλασσινού νερού για να επιτευχθεί αποτελεσματικός καθαρισμός και ως εκ τούτου το σύστημα καταναλώνει υψηλή ποσότητα ενέργειας.⁵²

Τα συστήματα κλειστού τύπου λειτουργούν με παρόμοιες αρχές με ένα σύστημα ανοιχτού βρόχου, αλλά αντί να χρησιμοποιούν θαλασσινό νερό, χρησιμοποιούν γλυκό νερό επεξεργασμένο με μια χημική ουσία (συνήθως υδροξείδιο νατρίου) ως μέσο καθαρισμού, το οποίο μετατρέπει το θείο από το ρεύμα των καυσαερίων σε αβλαβές άλας θεικού νατρίου. Το νερό από τις πλύσεις στη συνέχεια διέρχεται μέσα από μια δεξαμενή διεργασίας όπου καθαρίζεται πριν επανακυκλοφορήσει για χρήση. Τα πλοία μπορούν είτε να μεταφέρουν γλυκό νερό σε συγκεκριμένες δεξαμενές ή να παράγουν το απαιτούμενο νερό από τα συστήματα αφαλάτωσης που διαθέτουν. Μικρές ποσότητες νερού πλύσης απομακρύνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα σε δεξαμενές συγκράτησης όπου μπορεί να προστεθεί γλυκό νερό για να αποφευχθεί η συσσώρευση θεικού νατρίου στο σύστημα. Ένα σύστημα κλειστού βρόχου απαιτεί σχεδόν τον μισό όγκο νερού πλύσης σε σχέση με ένα ανοιχτού βρόχου. Ωστόσο, απαιτούνται περισσότερες δεξαμενές για την αποθήκευση του γλυκού νερού και των νερών από τις πλύσεις. Αυτές περιλαμβάνουν μια δεξαμενή επεξεργασίας, μια δεξαμενή συγκράτησης μέσω της οποίας απαγορεύεται η απόρριψη στη θάλασσα και επίσης μια δεξαμενή αποθήκευσης ικανή να ρυθμίζει τη θερμοκρασία της μεταξύ 20° και 50°C για το υδροξείδιο του νατρίου που χρησιμοποιείται συνήθως ως υδατικό διάλυμα 50%. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα αυτού του συστήματος είναι ότι είναι ανεξάρτητο από το περιβάλλον λειτουργίας του πλοίου και το μεγαλύτερο μειονέκτημα είναι ότι η συναρμολόγηση του συστήματος, ειδικά για κινητήρες διπλού καυσίμου, μπορεί να είναι αρκετά περίπλοκη.⁵³

⁵²Sargun Sethi, Marine Insight, A Guide to Scrubber System On Ship, 20 Οκτωβρίου 2019

⁵³ Latarche M., Ship Insight, How do scrubbers on ships really work, 03 Οκτωβρίου 2017

Τα περισσότερα πλοία έχουν εφοδιαστεί με ανοιχτού τύπου συστήματα καθαρισμού καυσαερίων και πολλές χώρες έχουν προχωρήσει στην απαγόρευση της χρήσης τους στα χωρικά τους ύδατα ή στα λιμάνια τους καθώς θεωρούν ότι τα νερά της πλύσης είναι επιβλαβή για τα τοπικά οικοσυστήματα. Οι χώρες αυτές είναι:⁵⁴

Μπαχρέϊν	Γκάνα	Ρουμανία
Βέλγιο	Γιβραλτάρ	Σιγκαπούρη
Μπελίζ	Ακτή Ελεφαντοστού	Σλοβενία
Βερμούδες	Κένυα	Σουηδία
Βραζιλία	Μαλαισία	Τουρκία
Κίνα	Μαυρίκιος	ΗΠΑ – Καλιφόρνια,
Κροατία	Νορβηγία	Κονέκτικατ,
Αίγυπτος – Σουέζ	Ομάν	Ουάσιγκτον
Γαλλία	Παναμάς	Φουτζέιρα
Γερμανία	Κατάρ	Ντουμπάι

3.2.2 EEXI, CII ΚΑΙ SEEMP

Η Επιτροπή Προστασίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος σε συνάρτηση με την αρχική στρατηγική του IMO για τη μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης από τα πλοία, εξέδωσε νέους κανονισμούς τον Ιούνιο του 2021 ως τροποποιήσεις στο Παράρτημα VI της Σύμβασης MARPOL. Οι νέοι κανονισμοί αυτοί βασίστηκαν σε παλαιότερες απαιτήσεις απόδοσης από τα πλοία και στοχεύουν στην μείωση της έντασης του άνθρακα από τα υφιστάμενα πλοία και επιπλέον στην περαιτέρω μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που προέρχεται από τη ναυτιλία. Αυτό απαιτεί από τους φορείς εκμετάλλευσης και τις ναυτιλιακές εταιρείες διαχείρισης των ποντοπόρων πλοίων να μετρήσουν την ενεργειακή απόδοση των πλοίων υπό τη διαχείρισή του ώστε να επιβεβαιώσουν ότι τα πλοία τους θα επιτύχουν τους καθορισμένους στόχους από τις διεθνείς συνθήκες και κανονισμούς.

⁵⁴ North of England P&I Club, No Scrubs: Countries and Ports Where Restrictions on EGCS Discharges Apply. 31 Αυγούστου 2022

Για την επίτευξη των στόχων αυτών οι ναυτιλιακές εταιρείες διαχείρισης ποντοπόρων πλοία πρέπει να χρησιμοποιήσουν έναν νέο Δείκτη Ενεργειακής Απόδοσης Υφιστάμενων Πλοίων (Energy Efficiency eXisting ship Index EEXI), μαζί με έναν άλλον νέο δείκτη που να μετρά την λειτουργική ένταση άνθρακα (Carbon Intensity Indicator). Αυτοί οι δείκτες αποτελούν μια διττή προσέγγιση που θα επιτρέψει στους διαχειριστές να αντιμετωπίσουν τα ενεργειακά προβλήματα τόσο σε τεχνικό όσο και σε επιχειρησιακό επίπεδο. Το EEXI αποτελεί ένα μέτρο που συστήθηκε από τον IMO για την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου από τα ποντοπόρα πλοία. Είναι ένα μέτρο που σχετίζεται με τον τεχνικό σχεδιασμό των πλοίων και μετρά την ενεργειακή απόδοση του πλοίου σε σύγκριση με μια καθορισμένη γραμμή βάσης και θα πρέπει να υπολογίζεται για όλα τα πλοία χωρητικότητας 400 κόνων και άνω, σύμφωνα με τις τιμές που έχουν καθιερωθεί για τον εκάστοτε τύπο πλοίου και τις κατηγορίες μεγέθους. Τα πλοία είναι υποχρεωμένα να μειώσουν το EEXI τους κατά ένα καθορισμένο ποσοστό της γραμμής βάσης.⁵⁵

Τα πλοία χωρητικότητας άνω των 5,000 κόνων είναι ήδη υποχρεωμένα να συλλέγουν δεδομένα σχετικά με την ποσότητα καυσίμων που καταναλώνουν σε καθημερινή βάση. Επιπλέον τώρα απαιτείται να φέρουν και λειτουργική ένταση άνθρακα μέχρι ένα συγκεκριμένο επίπεδο. Απαιτείται η καταγραφή και η επαλήθευση του Δείκτη Έντασης Άνθρακα για κάθε πλοίο έναντι της απαιτούμενης τιμής. Όλα αυτά τα στοιχεία πρέπει να καταγράφονται στο Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης Πλοίου (Ship Energy Efficiency Management Plan) για κάθε πλοίο. Αυτές οι καταγραφές πρέπει να έχουν ως αποτέλεσμα μια βαθμολογία απόδοσης A, B, C, D, ή E που αντιστοιχούν σε Πολύ Καλή, Καλή, Μέτρια, Κακή ή Πολύ Κακή απόδοση. Ένα πλοίο που θα λαμβάνει βαθμολογία D ή E για τρία συνεχόμενα έτη, θα πρέπει να υποβάλει ένα σχέδιο για διορθωτικές ενέργειες και να τεκμηριώσει πώς μπορεί να επιτύχει μια βαθμολογία από C και άνω. Ναυτιλιακοί φορείς, λιμενικές αρχές και άλλα ενδιαφερόμενα μέρη ενθαρρύνονται να παρέχουν κίνητρα στα πλοία που θα επιτυγχάνουν καλή βαθμολογία ώστε εκείνα να προσπαθήσουν για το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Ο δείκτης CII μετρά το πόσο αποτελεσματικά μεταφέρει ένα πλοίο τα αγαθά ή τους επιβάτες και η μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιεί είναι γραμμάρια διοξειδίου του άνθρακα ανά μεταφορική ικανότητα και ναυτικό μίλι, δηλαδή γραμμάρια διοξειδίου του άνθρακα ανά τόνο-μίλι. Επίσης οι βάσεις αξιολόγησης

⁵⁵ DNV, EEXI overview and implementation

εκτιμάται ότι θα γίνουν πιο αυστηρές από το 2030. Είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί ότι ο δείκτης EEXI είναι μια πιστοποίηση που δίνεται απλά μία φορά σε ένα πλοίο που στοχεύει στις παραμέτρους σχεδιασμού των πλοίων ενώ ο δείκτης CII αναφέρεται στις πραγματικές εκπομπές άνθρακα κατά τη λειτουργία του πλοίου.⁵⁶

Οι παραπάνω τροποποιήσεις θα τεθούν σε εφαρμογή από την 1^η Νοεμβρίου 2022 ενώ οι απαιτήσεις σχετικά με την πιστοποίηση για τους δείκτες EEXI και CII θα τεθούν σε ισχύ από την 1^η Ιανουαρίου 2023. Με αυτόν τον τρόπο θα ακολουθήσει η πρώτη ετήσια υποβολή εκθέσεων σχετικά με την ένταση του άνθρακα από τα καύσιμα και τις καταναλώσεις των ποντοπόρων πλοίων η οποία θα ολοκληρωθεί το 2023. Η πρώτη βαθμολογία αναμένεται να δοθεί στις αρχές του 2024. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός έχει βάλει στόχο να εξετάσει την αποτελεσματικότητα αυτών των μέτρων έως την 1^η Ιανουαρίου 2026 και να εγκρίνει περαιτέρω τροποποιήσεις εφόσον κριθεί απαραίτητο.

3.3 Τεχνολογίες για αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων

3.3.1 Αγωγός Εξισορρόπησης Απόνερων (Wake Equalizing Duct)

Ο αγωγός εξισορρόπησης Απόνερων αποτελεί μια κατασκευή για την βελτίωση της πρόωσης των πλοίων. Τα πλοία στα οποία τοποθετείται, έχουν τη δυνατότητα να κινηθούν με αυξημένη ταχύτητα κατά 0,3 κόμβους με τις ίδιες στροφές στον άξονα. Αυτό σημαίνει ότι τα πλοία που κινούνται με ταχύτητες που κυμαίνονται περίπου στους 22-23 κόμβους, θα μπορούσαν να ωφεληθούν με ενέργεια της τάξεως των 950kW ή να αυξήσουν την αποδοτικότητα τους κατά 5%. Σχεδιάστηκε από τον καθηγητή Schneekluth και έχει αποδειχθεί ότι είναι πολύ αποτελεσματικό σε μικρά και μεσαία πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση καυσίμων μέχρι 4 τόνους την ημέρα, πράγμα που δίνει και οικονομικά κίνητρα στους πλοιοκτήτες.

3.3.2 Αγωγός Mewis (Mewis Duct)

Ακόμα μια κατασκευή που μπορεί να βελτιώσει την πρόωση των πλοίων και να μειώσει τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα και του οξειδίου του θείου, αποτελεί ο αγωγός Mewis. Αυτός ο αγωγός μπορεί να βοηθήσει τα πλοία να βελτιώσουν την κατανάλωση καυσίμων και να εξοικονομήσουν ενέργεια όταν ταξιδεύουν με ορισμένες ταχύτητες. Αποτελεί μια κατασκευή σε σχήμα δακτυλίου με ενδιάμεσα πτερύγια που τοποθετείται

⁵⁶ DNV, Overview of the Carbon Intensity indicator (CII)

πριν την προπέλα του πλοίου. Ο δακτύλιος βοηθά να διαπερνά η ροή του νερού μέσα από αυτόν προς μια πιο κεντρική κατεύθυνση μέσα από την προπέλα του πλοίου για βελτιωμένη πρόωση. Το σύστημα αυτό μειώνει τις απώλειες που υπάρχουν στο ρεύμα ολίσθησης της προπέλας, με αποτέλεσμα την αύξηση της ώθησης που δημιουργεί η προπέλα σε μια δεδομένη ισχύ. Η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειωθεί σε βαθμό 3% με 8%, ανάλογα με τον σχεδιασμό της γάστρας και προπέλας του εκάστοτε πλοίου.

3.3.3 Πτερύγια Καπακιού Προπέλας (Propeller Boss Cap Fins)

Ακόμα μια λύση για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων η τοποθέτηση Propeller Boss Cap Fins. Αποτελεί η πρώτη συσκευή στον κόσμο που κυκλοφόρησε στο εμπόριο για την μείωση την απώλεια ενέργειας στη δίνη (hub-vortex) που σχηματίζεται πίσω από μια περιστρεφόμενη έλικα και να αυξήσει την ώθηση του πλοίου διασπώντας αυτήν τη δίνη. Εκτιμάται ότι η τοποθέτηση αυτού του συστήματος μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση καυσίμων έως 5%.



Εικόνα 4 Propeller Boss Cap Fins

3.3.4 Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων στα πλοία

Τα φωτοβολταϊκά αποτελούν μια εναλλακτική πηγή ενέργειας για την ηλεκτροδότηση του κεντρικού ηλεκτρικού δικτύου ενός πλοίου. Μπορούν αποτελεσματικά να μειώσουν την κατανάλωση καυσίμων και επομένως και την εκπομπή αερίων του διοξειδίου του άνθρακα από τα πλοία. Τα μειονεκτήματα όμως που παρουσιάζει η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στα πλοία είναι τα εξής:

1. Απαιτήσεις για τη συνολική επιφάνεια που θα καταλάβουν σε ένα πλοίο και πιθανά εμπόδια στην ελεύθερη κίνηση του πληρώματος στο πλοίο ή στην τοποθέτηση εξαρτημάτων στο πλοίο
2. Η αυξημένη υγρασία και αλατότητα στη θάλασσα που μπορεί να οδηγήσει σε γρήγορη διάβρωση των μηχανικών μερών και των μετασχηματιστών

3. Παραγωγή ενέργειας μόνο όταν έχει ήλιο και όχι κατά τη διάρκεια της νύχτας, συννεφιάς ή κακοκαιρίας

Οι Karatug και Durmusoglu πραγματοποίησαν μια έρευνα σχετικά με την εφαρμογή των φωτοβολταϊκών συστημάτων πάνω σε πλοία Ro-Ro κατέληξαν στα εξής συμπεράσματα με την χρήση ενός προγράμματος που δημιούργησαν:⁵⁷

1. Οι πιο παραγωγικοί μήνες για τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι κατά την θερινή περίοδο που η μέρα έχει μεγάλη διάρκεια και με λίγες περιπτώσεις συννεφιάς ή κακοκαιρίας
2. Τα φωτοβολταϊκά έχουν τη δυνατότητα παροχής μέχρι 334,06MWh ετησίως οδηγώντας σε 7,76% αυξημένη ενεργειακή απόδοση
3. Η επίδραση της σκίασης σχετίζεται άμεσα με την γεωγραφική περιοχή που εμπορεύεται ένα πλοίο
4. Η εξοικονόμηση καυσίμων μπορεί να φτάσει τους 73,53 τόνους
5. Κατά εκτίμηση, οι εκπομπές του οξειδίου του θείου μπορούν να μειωθούν κατά 0,31 τόνους, οι εκπομπές οξειδίου του αζώτου μπορούν να μειωθούν κατά 3,94 τόνους και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μέχρι 232,39 τόνους ετησίως. Επίσης μπορούν να μειωθούν οι εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων κατά 0,12 τόνους ετησίως.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας, μπορεί να εκτιμηθεί ότι η εφαρμογή των φωτοβολταϊκών πλοίων πάνω στα ποντοπόρα πλοία μπορεί να επιφέρει θετικά αποτελέσματα στην προσπάθεια για στροφή προς βιώσιμες μεταφορές και διαχείριση φιλική προς το περιβάλλον από τις ναυτιλιακές εταιρείες. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα βοηθούν στη μείωση του φόρτου εργασίας των νηξελογεννητριών των πλοίων και μπορούν να παρατείνουν τους χρόνους συντήρησής τους και τη διάρκεια ζωής των εξαρτημάτων τους. Σε μελλοντικές μελέτες, αναμένεται να σχεδιαστεί και να αναλυθεί η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών και τα πραγματικά τους οφέλη μέσω συστημάτων παρακολούθησης ώστε να μπορεί να γίνει σύγκριση με πραγματικά δεδομένα.

⁵⁷ Karatug, Çağlar & Durmusoglu, Yalcin. (2020). Design of a solar photovoltaic system for a Ro-Ro ship and estimation of performance analysis: A case study. Solar Energy.

3.3.5 Η χρήση του υγροποιημένου φυσικού αερίου ως εναλλακτικό καύσιμο

Δέκα χρόνια νωρίτερα, το υγροποιημένο φυσικό αέριο ως καύσιμο στα πλοία ήταν ένα θέμα περισσότερο συζήτησης παρά πρακτικής εφαρμογής. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ότι πολλά νεότευκτα πλοία ναυπηγούνται με dual fuel μηχανές έτοιμες για υγροποιημένο φυσικό αέριο ώστε οι πλοιοκτήτες να μπορούν να τις γυρίσουν στο υγροποιημένο φυσικό αέριο όποτε επιθυμούν ή παραδίδονται άμεσα για χρήση με υγροποιημένο φυσικό αέριο ως κύριος καύσιμο.

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο είναι ένα καύσιμο που βρίσκεται σε αφθονία και ταυτόχρονα είναι περιβαλλοντικό πιο φιλικό σε σχέση με το ντίζελ και το μαζούτ. Στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για το πλοίο με τις βοηθητικές μηχανές, η αντικατάσταση του πετρελαίου με το υγροποιημένο φυσικό αέριο κρίνεται πια απαραίτητη καθώς αποτελεί ένα καύσιμο για την πιο αποτελεσματική και άμεση μείωση των εκπομπών ρύπων αερίων του θερμοκηπίου έως και 99%. Η εφαρμογή του στον τομέα των μεταφορών, μπορεί να μειώσει γρήγορα και βέλτιστα την ποιότητα του αέρα στα λιμάνια και στις πόλεις, καθώς οι μειώσεις εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που παρέχει είναι σημαντικές σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται έως σήμερα. Ειδικότερα η αποτελεσματικότητά του μπορεί να είναι περισσότερο εμφανής στις οδικές μεταφορές βαρέως τύπου και στις μεταφορές δια θαλάσσης όπου η ηλεκτροδότηση είναι δύσκολη έως αδύνατη.

Σε σύγκριση με το ναυτιλιακό καύσιμο heavy fuel oil, το υγροποιημένο φυσικό αέριο μπορεί να μειώσει τις εκπομπές του οξειδίου του θείου κατά 99%, του οξειδίου του αζώτου κατά 80%, τα επίπεδα των αιωρούμενων σωματιδίων σχεδόν στο μηδέν και τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα κατά 20%. Για τους λόγους αυτούς το υγροποιημένο φυσικό αέριο θεωρείται το «πράσινο» ορυκτό καύσιμο. Η τροποποίηση στις μηχανές εσωτερικής καύσεως ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούν το υγροποιημένο φυσικό αέριο θεωρείται μια πραγματική τεχνολογική εφεύρεση για την συμμόρφωση με τους διεθνείς περιβαλλοντικούς κανονισμούς που γίνονται ολοένα και αυστηρότεροι και ταυτόχρονα αποτελεί ένα εργαλείο για την αύξηση της ανταγωνιστικότητας στις διεθνείς μεταφορές και εφοδιαστικές αλυσίδες.

Καθώς το υγροποιημένο φυσικό αέριο δεν παύει να αποτελεί ένα ορυκτό καύσιμο, το αποτέλεσμα είναι ότι δεν μπορεί να ευθυγραμμιστεί με τον στόχο ενός πλήρως απελευθερωμένου, από τα ορυκτά καύσιμα τομέα μεταφορών ως το 2050 όπως

έχει συμφωνηθεί στη Συμφωνία του Παρισιού. Ο κλάδος της ναυτιλίας έχει ακόμη αρκετό δρόμο ώστε να αναπτύξει μια πορεία προς μια λειτουργία που θα είναι ουδέτερη από εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και ατμοσφαιρική ρύπανση γενικότερα. Σε αυτή τη φάση μια σταδιακή ή και πλήρης μετάβαση στο υδροποιημένο φυσικό αέριο ως ναυτιλιακό καύσιμο μπορεί να θεωρηθεί μόνο ένα ενδιάμεσο στάδιο προς μια εποχή που δεν θα έχει πια ορυκτά καύσιμα.

3.3.6 Πλοία Περιστρεφόμενων Ιστιών

Ακόμα μια τεχνολογία που μπορεί να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας είναι οι περιστρεφόμενοι κυλινδρικοί ιστοί που βασίζονται στο φαινόμενο Μάγκνους. Μέσω του φαινομένου Μάγκνους οι κάθετα τοποθετημένοι ρότορες περιστρέφονται με τον αέρα και παράγουν έργο. Όταν πνέουν ευνοϊκοί άνεμοι, οι κυλινδρικοί ιστοί επιτρέπουν την μείωση ενέργειας από την κύρια μηχανή, εξοικονομώντας καύσιμα και μειώνοντας τις εκπομπές ρύπων, παρέχοντας παράλληλα την απαιτούμενη ισχύ για τη διατήρηση της ταχύτητας και του συνολικού χρόνου ενός ταξιδιού. Οι ρότορες πρέπει να διαθέτουν εξωτερική πηγή ενέργειας και για αυτό ένα σύστημα μεταβλητής ηλεκτρικής κίνησης που τροφοδοτείται από το δίκτυο χαμηλής τάσης του πλοίου παρέχει ρεύμα για την περιστροφή τους. Αυτή η τεχνολογία εκτιμάται ότι μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση καυσίμων της τάξεως των 5-20%.⁵⁸



3.3.7 Ηλιακοί Συλλέκτες

Ακόμα μια λύση είναι η τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών στα πλοία. Οι ηλιακοί συλλέκτες συλλέγουν την ενέργεια από το φως του ήλιου και την μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια. Η εφαρμογή τους στα πλοία δεν είναι πολύ συνηθισμένη ακόμα και έχουν υπάρξει εγκαταστάσεις σε ορισμένες περιπτώσεις τα τελευταία χρόνια. Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακούς συλλέκτες απαιτείται μεγάλη επιφάνεια για εγκατάσταση και επομένως μόνο πλοία που δεν χρειάζονται ελεύθερο

⁵⁸ Marine Insight, Sea Cargo Ships to be World's First Vessel with Tilting Rotor Sails Arrived in Rotterdam, 13 Ιανουαρίου 2021

χώρο στα καταστρώματα μπορούν να τους εγκαταστήσουν, όπως είναι τα πλοία μεταφοράς αυτοκινήτων. Τα ηλιακά πάνελ μπορούν να παράγουν ενέργεια τόσο στη θάλασσα όσο και στο λιμάνι, αλλά μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας και αυτό σημαίνει ότι τα ηλιακά πάνελ έχουν τη δυνατότητα να παράγουν ενέργεια μόνο στο 50% του χρόνου. Η τεχνολογία αυτή έχει υψηλό κόστος αλλά αναμένεται να γίνει λιγότερο ακριβή με την πάροδο του χρόνου. Όμως παρόλα αυτά είναι απίθανο τα ηλιακά πάνελ να γίνουν πολύ πιο αποτελεσματικά ή να καταναλώνουν λιγότερο χώρο.⁵⁹

3.4 Μέτρα για την Μείωση της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης από τις Οδικές και Σιδηροδρομικές Μεταφορές

3.4.1 Τεχνικά μέτρα για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στις οδικές εμπορευματικές μεταφορές

Στα βαρέα οχήματα (νταλίκες, ρυμουλκούμενα κλπ) το κόστος καυσίμων αποτελεί σημαντικό κομμάτι των λειτουργικών εξόδων. Για τον λόγο αυτό, ήδη η ενεργειακή απόδοση και η βελτιστοποίησή της ήταν πάντα θέμα συζητήσεων κατά τη δημιουργία νέων μοντέλων οχημάτων και κινητήρων εσωτερικής καύσης. Επιπρόσθετα, ένας κινητήρας εσωτερικής καύσεως χρησιμοποιείται με περισσότερο ενεργειακά αποδοτικό τρόπο στα φορτηγά σε σχέση με τα αυτοκίνητα, καθώς υπάρχει μικρότερης αναλογίας ισχύος προς βάρος που συνδυάζεται με την χρήση ενός βελτιστοποιημένου κιβωτίου ταχυτήτων.⁶⁰ Οι περαιτέρω δυνατότητες βελτίωσης της απόδοσης των οδικών οχημάτων για εμπορευματικές μεταφορές είναι μάλλον περιορισμένες, ιδίως στον τομέα των μεταφορών μεγάλων αποστάσεων.

Τα πιο σημαντικά μέτρα για την βελτιστοποίηση της ενεργειακής και περιβαλλοντικής απόδοσης στα βαρέα οχήματα είναι τα παρακάτω (οι αριθμοί στην παρένθεση υποδηλώνουν την ποσοστιαία μείωση κατανάλωσης που μπορεί να επιτευχθεί με το κάθε μέτρο)

Ελαστικά με χαμηλή αντίσταση κύλισης (~6%)

Βελτιώσεις στους κινητήρες εσωτερικής καύσεως (~5%)

⁵⁹ GLOMEEP, Solar Panels

⁶⁰ Smokers, R., and B. Kampman (2006), Energy Efficiency in the Transport Sector - Discussion paper prepared for the PEEREA Working Group on Energy Efficiency and Related Environmental Aspects, CE Delft, Delft, the Netherlands, 2006.

Βελτιώσεις για την μείωση της αντίστασης του αέρα μέσω αεροδυναμικών χαρακτηριστικών (~6%)

Αυξημένα όρια βάρους μεταξύ 44-60 τόνους (~9-20%) ώστε να μεταφέρεται περισσότερο φορτίο με ένα φορτηγό όχημα

Μείωση του κατασκευαστικού βάρους των οχημάτων (~7%)

Υβριδικά συστήματα για τα φορτηγά που πραγματοποιούν μεταφορικό έργο εντός των ορίων μιας πόλης (~15%)

Για τα βαρέα οχήματα επαγγελματικής χρήσης που χρησιμοποιούνται στις οδικές μεταφορές, η δυνητική συνολική μείωση ρύπων μπορεί να ανέλθει μέχρι και 20% ανά όχημα ανά χιλιόμετρο. Εφόσον υπάρξει και αύξηση του ορίου βάρους μεταξύ 44-60 τόνους που προαναφέρθηκε, εκτιμάται ότι αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε επιπλέον μείωση της τάξεως των 20%, χωρίς όμως να έχουν μετρηθεί επίσημα στοιχεία ακόμα καθώς δεν έχει εφαρμοστεί.

3.4.2 Μη-Τεχνικά μέτρα για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στις οδικές εμπορευματικές μεταφορές

Εκτός από τα τεχνικά μέτρα που αναφέρθηκαν πιο πάνω, υπάρχουν και κάποια μη-τεχνικά μέτρα που μπορούν να εφαρμοστούν για να μειωθεί η κατανάλωση καυσίμων στα οδικά οχήματα.

Οικολογική οδήγηση διατηρώντας χαμηλά τις στροφές του κινητήρα με γρήγορες αλλαγές ταχυτήτων και οδήγηση με όσο το δυνατόν περισσότερη σταθερή ταχύτητα με την πιο μεγάλη σχέση στο κιβώτιο ταχυτήτων, χωρίς απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις. Η οικολογική οδήγηση μπορεί να οδηγήσει σε μείωση κατανάλωσης καυσίμων της τάξεως των 5% στα φορτηγά οχήματα.

Μέτρα για τον έλεγχο της κίνησης ώστε να αποφεύγεται η κυκλοφοριακή συμφόρηση. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω του συγχρονισμού των φωτεινών σηματοδοτών και μειώνοντας τα όρια ταχύτητας σε δρόμους που παρουσιάζουν υψηλή κυκλοφοριακή συμφόρηση. Αναμφίβολα μια τέτοια ρύθμιση μπορεί να οδηγήσει στη μείωση κατανάλωσης καυσίμων και επομένως μειωμένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά χιλιόμετρο οχήματος.

Σύμφωνα με μελέτη του Pischinger, οι βελτιωμένες υπηρεσίες logistics μπορούν επίσης να οδηγήσουν σε μείωση των οδικών εμπορευματικών χιλιομέτρων

και αυτό με τη σειρά του σε μείωση κατανάλωσης καυσίμων της τάξεως των 10-20% βασιζόμενοι στα παρακάτω μέτρα:

Βελτιωμένη οργάνωση της αλυσίδας των δια-μεταφορικών υπηρεσιών (logistics)

Καλύτερος συντονισμός μεταξύ των διαχειριστών που διαχειρίζονται τους διαφορετικούς τρόπους μεταφοράς στις συνδυασμένες μεταφορές

Καλύτερος σχεδιασμός των διαδρομών που θα ακολουθήσει ένα μέσο μεταφοράς

3.4.3 Μέτρα για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στις σιδηροδρομικές εμπορευματικές μεταφορές

Η απόδοση των σύγχρονων ηλεκτρικών τρένων έχει βελτιωθεί σημαντικά με τη χρήση ηλεκτρονικών ελέγχου ισχύος και της αναγεννητικής πέδησης. Οι θετικές επιπτώσεις αυτές όμως αντισταθμίζονται λίγο εν μέρει με την αυξημένη κατανάλωση ενέργειας που προέρχεται από τις αυξημένες ταχύτητες των τρένων σήμερα. Για τα καθαρά ηλεκτρικά τρένα, οι περαιτέρω βελτιώσεις της απόδοσης ή μειώσεις στις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα διεγείρονται από το γεγονός ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση τουλάχιστον, αποτελεί κομμάτι του συστημάτων εμπορίας ρύπων (EU ETS emission trading system).

Για την επιπλέον μείωση των εκπομπών από τα τρένα εμπορευματικών μεταφορών και βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης υπάρχει μια σειρά τεχνικών μέτρων που μπορούν να βασιστούν είτε απευθείας στους κινητήρες των τρένων ή σε άλλες εφαρμογές. Τα μέτρα που δεν βασίζονται στους κινητήρες για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης είναι τα εξής

Βελτιστοποίηση των φυσικών παραμέτρων τρένων όπως η μείωση του βάρους των βαγονιών, βελτιωμένος αεροδυναμικός σχεδιασμός και μείωση της αντίστασης τριβής

Συστήματα αναγεννητικής πέδησης με ανάκτηση ενέργειας

Βελτιστοποίηση της ταχύτητας σε όλη τη διάρκεια της διαδρομής

Αύξηση του συντελεστή φορτίου ώστε να μεταφέρονται περισσότερα αγαθά με τα ίδια βαγόνια

3.5 Συμμετοχή των Παρόχων Υπηρεσιών Logistics Σχετικά με τις Πρωτοβουλίες προς μια Εφοδιαστική Αλυσίδα Μηδενικού Άνθρακα στο Κοντινό Μέλλον

Οι πάροχοι υπηρεσιών logistics προσφέρουν μια πληθώρα υπηρεσιών που συμπεριλαμβάνει την αποθήκευση, την συσκευασία, την διεκπεραίωση τελωνειακών συναλλαγών και κυριότερα δια-μεταφορικές υπηρεσίες από πόρτα σε πόρτα (door-to-door freight transport services). Μεγάλες εταιρείες στον τομέα αυτό όπως η DHL και η Kühne + Nagel παρακολουθούν και καταγράφουν τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα από την επαγγελματική τους δραστηριότητα και τις δημοσιεύουν στις τακτικές τους εκθέσεις βιωσιμότητας. Οι εκθέσεις αυτές περιλαμβάνουν στοιχεία για τις εκπομπές που προέρχονται από τον ίδιο τους τον στόλο άμεσα και αυτές που προέρχονται από τους στόλους των συνεργαζόμενων μεταφορέων, ώστε να παρουσιάζεται μια συνολική εικόνα από τις δραστηριότητές τους.

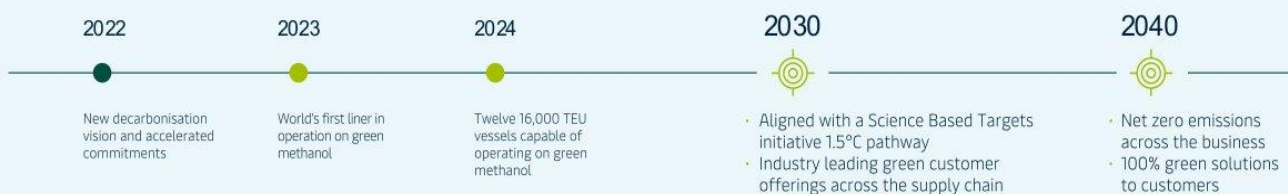
Όλοι οι μεγάλοι πάροχοι υπηρεσιών logistics έχουν θέσει στόχους σχετικά με τη μείωση των εκπομπών τους στον τομέα των μεταφορών και της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η εταιρεία Kühne + Nagel, είχε θέσει στόχο να μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 15% έως το 2020 σε σχέση με τα επίπεδα του 2010. Το 2018 η εταιρεία AP Moller – Maersk έθεσε στόχο να επιτύχει καθαρές μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (net-zero CO2 emissions) από τις λειτουργίες της έως το 2050. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, ο Chief Operations Officer της Maersk, Søren Toft, είχε πει ότι είναι αναγκαία η πλήρης στροφή προς καύσιμα και εφοδιαστικές αλυσίδες μηδενικού άνθρακα. Η Maersk αποφάσισε ότι από το 2030 κι έπειτα θα ναυπηγεί μόνο πλοία που θα έχουν μηδενικό αποτύπωμα σε άνθρακα, ώστε τα πλοία που ναυπηγήθηκαν πριν το έτος 2030, να έχουν αποσυρθεί πλήρως έως το 2050, καθώς η εκμεταλλεύσιμη περίοδος ζωής των πλοίων ανέρχεται στα 20-25 χρόνια. Έως τον Ιούνιο του 2019, η Maersk είχε ήδη επενδύσει περισσότερο από 1 δισεκατομμύριο δολάρια και απασχολούσε περισσότερους από 50 μηχανικούς το χρόνο για την εξεύρεση και ανάπτυξη ενεργειακά αποδοτικών λύσεων για τον στόλο της.⁶¹ Η εταιρεία εστιάζει στην εξεύρεση λύσεων που αφορούν ειδικά τις θαλάσσιες μεταφορές, καθώς η βιομηχανία απαιτεί διαφορετικές λύσεις σε σύγκριση με τις οδικές, σιδηροδρομικές και αεροπορικές μεταφορές. Στις αρχές του 2022 η εταιρεία επιτάχυνε

⁶¹ Johnson, T., Towards a zero-carbon future, Maersk, 26 June 2019

τους στόχους της ώστε να πετύχει μηδενικές εκπομπές άνθρακα από τις λειτουργίες της έως το 2040 αντί του αρχικού στόχου για το 2050.⁶²

Τα μέτρα που λαμβάνουν οι πάροχοι υπηρεσιών logistics για την επίτευξη των στόχων τους ποικίλουν. Αυτά μπορεί να είναι η ηλεκτροδότηση του εξοπλισμού τους, η χρησιμοποίηση φώτων τύπου LED για εξοικονόμηση ενέργειας, οι παραδόσεις στο τελευταίο κομμάτι της εφοδιαστικής αλυσίδας να πραγματοποιούνται αποκλειστικά με ηλεκτροκίνητα οχήματα, ο καλύτερος σχεδιασμός στη διαχείριση των εμπορευμάτων ώστε να μειωθεί ο βαθμός των μετακινήσεων κ.α. Είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί ότι όλος ο εξοπλισμός στις αποθήκες της εταιρείας Kühne + Nagel λειτουργεί με ρεύμα και ο φωτισμός είναι κατά 75% με λάμπες LED.

Εικόνα 6 Ο χάρτης της Maersk για εφοδιαστικές αλυσίδες μηδενικού άνθρακα



OUR DECARBONISATION COMMITMENTS



2030: Industry-leading green customer offerings across the supply chain



2030: Aligned with a Science Based Targets initiative 1.5°C pathway



2040: Net zero emissions across the business and 100% green solutions to customers

Our **customer commitment** to decarbonise their supply chains in time and...

...a **societal commitment** to act and drive impact in this decade



Η κυριότερη ώθηση που κάνει τους παρόχους υπηρεσιών logistics να στραφούν προς τη βιωσιμότητα των μεταφορών και να πετύχουν εφοδιαστικές αλυσίδες μηδενικού άνθρακα είναι το ίδιο το κίνητρο των εταιρειών αυτών να είναι βιώσιμες και να συμβάλλουν στη μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης.

⁶² Maersk, A.P. Moller - Maersk accelerates Net Zero emission targets to 2040 and sets milestone 2030 targets, 12 January 2022

Υπάρχουν και άλλες περιπτώσεις στις οποίες ο πελάτης που ζητά την μεταφορική υπηρεσία, ζητά επίσης τη μέτρηση του ανθρακικού αποτυπώματος από τον μεταφορέα. Για παράδειγμα, η Vitol που αποτελεί τον μεγαλύτερο ανεξάρτητο οίκο που εμπορεύεται πετρελαιοειδή, καταγράφει το ενεργειακό αποτύπωμα από τα πλοία που μεταφέρουν τα φορτία της μέσω του συστήματος Siglar Carbon. Μέσω αυτού του συστήματος, οι πλοιοκτήτες δεξαμενόπλοιων που ναυλώνουν τα πλοία τους στην Vitol, απαιτείται να αναφέρουν σε καθημερινή βάση, από τη στιγμή που ξεκινά το ταξίδι χωρίς φορτίο (ballast leg) μέχρι την ολοκλήρωσή του μετά το πέρας της εκφόρτωσης, τις καταναλώσεις του πλοίου τους. Το σύστημα Siglar Carbon συλλέγει δεδομένα σχετικά με την κατανάλωση του πλοίου για ολόκληρο το ταξίδι ώστε τα δεδομένα αυτά να επεξεργαστούν ύστερα από την Vitol. Μέσω των δεδομένων αυτών η εταιρεία εξάγει στοιχεία και συμπεράσματα σχετικά με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και το ενεργειακό της αποτύπωμα στο εκάστοτε ταξίδι. Το πρόγραμμα αυτό έχει την παρακάτω μορφή:

SIGLAR CARBON REPORT - CO2 EMISSIONS											
1. Fill in Voyage details:				2. Select bunker types currently on				3. Fill in daily bunker reports, see reporting guidelines:			
Vessel name: <input type="text"/>				Bunker type <input type="text" value="HFO"/>				First report should be from COSP ballast port (final discharge port previous voyage).			
Vessel IMO: <input type="text"/>				Bunker type <input type="text" value="MGO"/>				Daily reports to be submitted at NOON, whether at sea or in port			
CP date: <input type="text"/>				Bunker type <input type="text" value="N/A"/>				Reports also to be submitted at EOSP/COSP in each load- and discharge port throughout the voyage			
Charterer: <input type="text"/>				Bunker categories explained:				Final report should be COSP from final discharge port			
Owner: <input type="text"/>				HFO: Includes ISO 8217 Fuel Grades RME through RMK (e.g. VLS)				Emission reporting template to be sent daily			
Charterers voyage ref: <input type="text"/>				LFO: Includes ISO 8217 Fuel Grades RMA through RMD				See example on next sheet			
Load port (s): <input type="text"/>				MGO: Includes ISO 8217 Fuel Grades DMX through DMB							
Discharge port(s): <input type="text"/>											
REPORT DATE	LOCAL TIME	UTC OFFSET	REPORT TYPE	PORT NAME	SAILED DISTANCE	CARGO QUANTITY ON BOARD	HFO	HFO	MGO	MGO	REMARKS
(YYYY-MM-DD)	(HH:MM)	(+/-HH:MM)	(NOON/COSP/EOSP)		(NM)	(MT)	ROB (MT)	CONSUMPTION(MT)	ROB (MT)	CONSUMPTION(MT)	

Εικόνα 7 Vitol Siglar Carbon Reporting Format

3.6 Ευρωπαϊκές πολιτικές για επίτευξη μεταφορών μηδενικού άνθρακα έως το 2050⁶³

Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τον τομέα των μεταφορών αντιπροσωπεύουν σήμερα έως και το ένα τέταρτο των συνολικών εκπομπών της ΕΕ και, σε αντίθεση με άλλους τομείς, οι εκπομπές εξακολουθούν να αυξάνονται. Έως το

⁶³ Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Ερωτήσεις και απαντήσεις: Βιώσιμες μεταφορές, υποδομές και καύσιμα

2050, οι εκπομπές από τις μεταφορές πρέπει να μειωθούν κατά 90 %. Η επιτυχία της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας εξαρτάται από την ικανότητά μας να καταστήσουμε το σύστημα μεταφορών πιο βιώσιμο στο σύνολό του. Κάθε μέσο μεταφοράς πρέπει να διαδραματίσει τον ρόλο του και να συνεισφέρει το μερίδιό του αναλογικά στους στόχους που ορίζονται στον ευρωπαϊκό νόμο για το κλίμα.

3.6.1 Τα νέα πρότυπα εκπομπών CO₂ που προτείνονται για τα αυτοκίνητα και τα ημιφορτηγά

Έως το 2050, σχεδόν όλα τα αυτοκίνητα και τα ημιφορτηγά στο οδικό δίκτυο θα πρέπει να είναι οχήματα μηδενικών εκπομπών. Τα πρότυπα εκπομπών CO₂ για τα αυτοκίνητα και τα ημιφορτηγά αποτελούν βασικό παράγοντα για τη μείωση των εκπομπών CO₂ στον τομέα των οδικών μεταφορών. Το 2020, παρά τη συρρίκνωση της συνολικής αγοράς καινούριων αυτοκινήτων λόγω της πανδημίας του κορονοϊού, ο συνολικός αριθμός των ηλεκτρικών αυτοκινήτων που ταξινομήθηκαν τριπλασιάστηκε, και ξεπέρασε για πρώτη φορά το 1 εκατομμύριο ετησίως. Όλο και περισσότερα οικονομικά προσιτά μοντέλα ηλεκτρικών αυτοκινήτων διατίθενται στην αγορά. Με την αυξημένη προσφορά μοντέλων αυτοκινήτων μηδενικών εκπομπών, θα πρέπει να γίνουν ακόμη πιο προσιτά.

Η αύξηση αυτού του μεριδίου της αγοράς συμπίπτει με τη σταδιακή θέσπιση αυστηρότερων προτύπων εκπομπών CO₂ για τα αυτοκίνητα από την 1η Ιανουαρίου 2020. Σήμερα, η Επιτροπή προτείνει την περαιτέρω ενίσχυση των υφιστάμενων προτύπων. Ο στόλος των αυτοκινήτων που ταξινομούνται για πρώτη φορά πρέπει να μειώσει τις εκπομπές κατά 55 % έως το 2030 και κατά 100 % έως το 2035 σε σύγκριση με το 2021. Για τα καινούρια ημιφορτηγά, οι στόχοι μείωσης είναι 50 % και 100 %, αντίστοιχα.

Αυτά τα ενισχυμένα πρότυπα εκπομπών CO₂ θα ενθαρρύνουν τη χρήση πολύ περισσότερων οχημάτων μηδενικών εκπομπών στην αγορά της Ένωσης. Ως εκ τούτου, ο κανονιστικός μηχανισμός παροχής κινήτρων για τα οχήματα μηδενικών και χαμηλών εκπομπών (ZLEV), στόχος του οποίου είναι η στήριξη της έγκαιρης απορρόφησης από την αγορά, δεν θα εξυπηρετούσε πλέον τον αρχικό του σκοπό και καταργείται από το 2030. Όλοι οι κατασκευαστές αυτοκινήτων και ημιφορτηγών θα πρέπει να συμβάλουν στη μείωση των εκπομπών CO₂ και, ως εκ τούτου, η παρέκκλιση για τους κατασκευαστές με μικρή παραγωγή —εκείνους που πωλούν από 1 000 έως 10 000

καινούρια αυτοκίνητα ή 22 000 καινούρια ημιφορτηγά σε ένα ημερολογιακό έτος— καταργείται από το 2030.

Τα αυστηρότερα πρότυπα CO₂ δεν είναι μόνο επωφελή από την άποψη της απαλλαγής από τις ανθρακούχες εκπομπές, αλλά θα αποφέρουν επίσης οφέλη για τους πολίτες διά της μείωσης των ενεργειακών δαπανών και της βελτίωσης της ποιότητας του αέρα. Ταυτόχρονα, παρέχουν ένα σαφές και μακροπρόθεσμο μήνυμα για την καθοδήγηση τόσο των επενδύσεων της αυτοκινητοβιομηχανίας σε καινοτόμες τεχνολογίες μηδενικών εκπομπών, όσο και της ανάπτυξης υποδομών επαναφόρτισης και ανεφοδιασμού. Η καινοτομία στην κινητικότητα μηδενικών εκπομπών αποτελεί βασικό στοιχείο για τη διατήρηση της ηγετικής θέσης της βιομηχανίας της ΕΕ στην τεχνολογία αυτοκινήτων, καθώς και για την τόνωση της απασχόλησης στις νέες τεχνολογίες.

3.6.2 Οι στόχοι για την ανάπτυξη υποδομών επαναφόρτισης και ανεφοδιασμού ελαφρών και βαρέων οχημάτων

Η ανάπτυξη υποδομών ηλεκτρικής φόρτισης πρέπει να επιταχυνθεί με ρυθμό ανάλογο του αναμενόμενου στόλου ηλεκτρικών οχημάτων στο οδικό δίκτυο της ΕΕ, ο οποίος προβλέπεται να ανέλθει σε τουλάχιστον 30 εκατομμύρια αυτοκίνητα έως το 2030. Οι στόχοι με βάση τον στόλο θα εξασφαλίσουν ότι για κάθε ηλεκτρικό αυτοκίνητο με συσσωρευτή που ταξινομείται σε ένα κράτος μέλος, εγκαθίσταται ικανότητα φόρτισης 1 KW. Αυτό θα πρέπει επίσης να συνάδει με τους προηγούμενους στόχους για τις υποδομές, όπως ορίζονται στη στρατηγική της Επιτροπής για βιώσιμη και έξυπνη κινητικότητα, καθώς αναμένεται να αποφέρει περισσότερα από 1 εκατομμύρια σημεία επαναφόρτισης έως το 2025 και περίπου 3,5 εκατομμύρια έως το 2030.

Για να διασφαλιστεί η πλήρης συνδεσιμότητα των ευρωπαϊκών αυτοκινητοδρόμων ολόκληρου του δικτύου ΔΕΔ-Μ, θα πρέπει να εγκατασταθεί δυναμικότητα τουλάχιστον 300 kW —η οποία θα παρέχεται από σημεία ταχείας επαναφόρτισης (με τουλάχιστον ένα σημείο δυναμικότητας 150 kW) ανά 60 χιλιόμετρα του κεντρικού δικτύου ΔΕΔ-Μ— έως το 2025 και δυναμικότητα 600 kW έως το 2030. Στο εκτεταμένο δίκτυο ΔΕΔ-Μ, οι στόχοι αυτοί πρέπει να επιτευχθούν έως το 2030 και το 2035, αντίστοιχα.

Για τον ανεφοδιασμό με υδρογόνο, θα πρέπει να υπάρχει ένας σταθμός ανεφοδιασμού ανά 150 χιλιόμετρα κατά μήκος του κεντρικού δικτύου ΔΕΔ-Μ, καθώς και σε κάθε αστικό κόμβο, προς εξυπηρέτηση τόσο των ελαφρών οχημάτων, συμπεριλαμβανομένων των επιβατικών αυτοκινήτων, όσο και των βαρέων οχημάτων.

Για τα ηλεκτρικά βαρέα οχήματα, πρέπει να παρέχονται σημεία επαναφόρτισης ανά 60 χιλιόμετρα κατά μήκος του κεντρικού δικτύου ΔΕΔ-Μ, με παραγόμενη ισχύ τουλάχιστον 1 400 kW έως το 2025 και 3 500 kW έως το 2030. Στο εκτεταμένο δίκτυο ΔΕΔ-Μ, οι στόχοι αυτοί πρέπει να επιτευχθούν ανά 100 χιλιόμετρα έως το 2030 και το 2035, αντίστοιχα. Ομοίως, πρέπει να δημιουργηθούν σημεία επαναφόρτισης σε ασφαλείς και προστατευμένους χώρους στάθμευσης και σε μεγάλες πόλεις και οικισμούς στο διευρωπαϊκό δίκτυο μεταφορών (αστικοί κόμβοι), ώστε να καταστεί δυνατή ιδίως η επαναφόρτιση φορτηγών αστικής διανομής. Τα κενά στις υποδομές ανεφοδιασμού με υδροποιημένο φυσικό αέριο για φορτηγά θα καλυφθούν έως το 2025.

3.6.3 Ευρωπαϊκές πολιτικές για οικολογικές θαλάσσιες μεταφορές

Για να διασφαλιστεί ότι ο τομέας των θαλάσσιων μεταφορών συμβάλλει στις κλιματικές φιλοδοξίες της ΕΕ, η Επιτροπή προτείνει την επέκταση του πεδίου εφαρμογής του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών της ΕΕ ώστε να καλύπτονται οι εκπομπές CO₂ από μεγάλα πλοία (ολικής χωρητικότητας άνω των 5 000 τόνων).

Τα καύσιμα που διατίθενται για χρήση στη ναυτιλία απαλλάσσονται επί του παρόντος από τη φορολόγηση δυνάμει της ισχύουσας οδηγίας. Η σημερινή πρόταση FuelEU Maritime προτείνει ελάχιστους φορολογικούς συντελεστές που ενθαρρύνουν τη μετάβαση σε πιο βιώσιμα καύσιμα. Στην πράξη, οι νέοι κανόνες θεσπίζουν ελάχιστο συντελεστή ειδικού φόρου κατανάλωσης για τα σχετικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται από τα οχηματαγωγά, τα αλιευτικά και τα φορτηγά πλοία εντός της ΕΕ.

Η επέκταση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών της ΕΕ στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών θα διασφαλίσει ότι για πρώτη φορά οι εκπομπές από τη ναυτιλία θα εμπίπτουν επίσης στο γενικό ανώτατο όριο και θα στείλει ένα μήνυμα μέσω των τιμών για την προώθηση της απαλλαγής από τις ανθρακούχες εκπομπές.

Πέραν της εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών, η πρωτοβουλία FuelEU Maritime θα αυξήσει τη χρήση βιώσιμων εναλλακτικών καυσίμων στη ναυτιλία και στους ευρωπαϊκούς λιμένες.

Και οι δύο προτάσεις θα βασίζονται στο υφιστάμενο σύστημα παρακολούθησης, επαλήθευσης και υποβολής εκθέσεων σχετικά με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τον εν λόγω τομέα. Θα έχουν επίσης το ίδιο γεωγραφικό πεδίο, δηλαδή την ενδο-ενωσιακή κυκλοφορία, συν το ήμισυ των διεθνών πλόων (δηλαδή το ήμισυ των εισερχόμενων και το ήμισυ των εξερχόμενων διεθνών πλόων). Η προσέγγιση αυτή θα συμβάλει στη διασφάλιση ισότιμων όρων ανταγωνισμού, στη διατήρηση της ανταγωνιστικότητας των θαλάσσιων μεταφορών μικρών αποστάσεων έναντι άλλων τρόπων μεταφοράς και στην αποφυγή της διαρροής άνθρακα.

Επιπλέον, η αναθεώρηση της οδηγίας για τη φορολόγηση της ενέργειας θα στηρίξει επίσης τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, με την πρόταση ελάχιστων φορολογικών συντελεστών για τα σχετικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται από τα οχηματαγωγά, τα αλιευτικά και τα φορτηγά πλοία εντός της ΕΕ.

Τέλος, προκειμένου να υποστηριχθεί η χρήση καθαρών καυσίμων κατά την ελλιμενισμό, ο νέος κανονισμός για τις υποδομές εναλλακτικών καυσίμων απαιτεί από τους θαλάσσιους λιμένες του ΔΕΔ-Μ να εγκαθιστούν υποδομές παροχής ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη της ζήτησης τουλάχιστον του 90 % των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και των επιβατηγών πλοίων που καταπλέουν στον εν λόγω λιμένα. Σε κάθε λιμένα εσωτερικής ναυσιπλοΐας του ΔΕΔ-Μ πρέπει να υπάρχει μία εγκατάσταση παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από ξηράς.

3.6.4 Οι στόχοι που έχουν τεθεί για τη χρήση βιώσιμων καυσίμων στο πλαίσιο της πρωτοβουλίας «FuelEU Maritime»

Η πρόταση καθορίζει όρια για την ένταση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου της ενέργειας που χρησιμοποιούν τα πλοία. Οι στόχοι καθορίζονται βάσει τιμής αναφοράς η οποία αντικατοπτρίζει τη μέση ένταση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου του στόλου της ενέργειας που χρησιμοποίησαν τα πλοία το 2020 και μειώνεται κατά τα ακόλουθα ποσοστά:

- 2 % έως το 2025·

- 6 % έως το 2030·
- 13 % έως το 2035·
- 26 % έως το 2040·
- 59 % έως το 2045·
- 75 % έως το 2050.

Επιπλέον, τα επιβατηγά πλοία και τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων υποχρεούνται να χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια από ξηράς, εκτός εάν μπορούν να αποδείξουν τη χρήση άλλης τεχνολογίας μηδενικών εκπομπών. Η πρόταση ευνοεί μια τεχνολογικά ουδέτερη προσέγγιση, κι έτσι καλύπτει όλα τα ανανεώσιμα καύσιμα και τα καύσιμα χαμηλών εκπομπών άνθρακα στις θαλάσσιες μεταφορές, όπως τα υγρά βιοκαύσιμα, τα συνθετικά καύσιμα, το απανθρακοποιημένο φυσικό αέριο (συμπεριλαμβανομένου του βιολογικού υγροποιημένου φυσικού αερίου και του συνθετικού φυσικού αερίου), το απανθρακοποιημένο υδρογόνο και τα καύσιμα που προέρχονται από το απανθρακοποιημένο υδρογόνο (συμπεριλαμβανομένου του μεθανίου και της αμμωνίας), καθώς και η ηλεκτρική ενέργεια. Ενώ ορισμένα από αυτά τα καύσιμα έχουν ήδη ωριμάσει από τεχνολογική άποψη, η εφαρμογή τους στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών δεν έχει ακόμη δοκιμαστεί και χρησιμοποιηθεί ευρέως και μέχρι στιγμής είναι εξαιρετικά περιορισμένη, χωρίς σαφείς στόχους που να παρέχουν ασφάλεια στους επενδυτές.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι ενέργειες και τα βήματα για μετάβαση προς πράσινες μεταφορές και απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα έχουν υπάρξει αργές. Νομοθεσίες και κανονισμοί έχουν εφαρμοστεί σε περιφερειακό και διεθνές επίπεδο, προκειμένου να αποφευχθούν οι αρνητικές επιπτώσεις των θαλάσσιων μεταφορών στο περιβάλλον και να οδηγηθεί

η ναυτιλιακή βιομηχανία και οι μεταφορές γενικότερα, προς την πορεία της βιωσιμότητας. Λόγω της μετάβασης αυτής οι πλοιοκτήτριες και οι διαχειρίστριες εταιρείες καλούνται να πληρώσουν επιπρόσθετα κόστη για να συμμορφωθούν με τους όλο και περισσότερο απαιτητικούς κανονισμούς.

Στην πραγματικότητα η μετάβαση προς τις μεταφορές μηδενικού άνθρακα πολύ να είναι πιο δύσκολη από ότι στην θεωρία. Τα μεταφορικά μέσα χρειάζονται ενέργεια για να κινούνται και το ζήτημα είναι ποια εναλλακτική υπάρχει ή μπορεί να βρεθεί ώστε να γίνει πλήρης απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα. Ακόμα και οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτροκίνητα αυτοκίνητα χρειάζονται ενέργεια για να παραχθούν. Επιπλέον χρειάζονται ενέργεια για κάθε κύκλο φόρτισης. Για να θεωρηθεί ότι αυτή η τεχνολογία είναι μηδενικού άνθρακα, πρέπει από την κατασκευή αυτών των αυτοκινήτων και μπαταριών να μην υπάρχει κατανάλωση ενέργειας που να δημιουργεί εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Πρέπει να αναφέρουμε ότι το ρεύμα που θα προέρχεται για κάθε κύκλο φόρτισης πρέπει να έχει παραχθεί μόνο από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που δεν εκπέμπουν καθόλου ρύπους. Αν το ρεύμα έχει παραχθεί με τη χρήση γαιάνθρακα ή πετρελαίου τότε δεν μπορούμε να πούμε ότι έχουμε πετύχει μεταφορά μηδενικού άνθρακα. Το μόνο που πετυχαίνουμε έτσι είναι η ρύπανση να προκαλείται σε άλλη γεωγραφική τοποθεσία.

Για τα τρένα η εικόνα είναι καλύτερη από τα αυτοκίνητα καθώς στα περισσότερα σιδηροδρομικά δίκτυα, τουλάχιστον στις αναπτυγμένες χώρες, έχει γίνει ηλεκτροδότηση του σιδηροδρομικού δικτύου και χρησιμοποιούνται τρένα καινούριας τεχνολογίας και όχι οι ντηζελάμαξες. Έπειτα είναι πιο εύκολη η εφαρμογή λύσεων στις δικές μεταφορές καθώς είναι πιο εύκολο να έχεις ηλεκτροκίνητα αυτοκίνητα και φορτηγά και οι εναλλακτικές είναι περισσότερες. Σε αποστάσεις λίγων χιλιομέτρων μπορεί να εφαρμοστεί και η παράδοση με ποδήλατα. Τα πράγματα είναι πιο περίπλοκα στο χώρο των υδάτινων μεταφορών καθώς οι απαιτήσεις για ενέργεια και ιπποδύναμη στα πλοία είναι συγκριτικά πολύ πιο μεγάλες. Η ιπποδύναμη που απαιτεί ένα πλοίο για πρόωση δεν έχει κάποια σχέση με την ιπποδύναμη που απαιτούν τα τρένα ή τα φορτηγά ως μονάδα.

Μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις όσον αφορά την απανθρακοποίηση των μεταφορών είναι η συλλογή των πραγματικών δεδομένων σχετικά με τις εκπομπές ρύπων και καυσαερίων. Οι ναυλωτές και οι δια-μεταφορείς έχουν πολλούς λόγους για

ώστε να προσπαθήσουν να συλλέξουν δεδομένα όσο πιο ορθά γίνεται ώστε να θέτουν σημεία αναφοράς σχετικά με την πορεία τους προς εφοδιαστικές αλυσίδες μηδενικού άνθρακα, καθώς η Ευρωπαϊκή Ένωση και ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμούς διαφάνεια στις ετήσιες εκθέσεις αερίων του θερμοκηπίου από τα μεταφορικά μέσα και τη ναυτιλία. Στην ποντοπόρο ναυτιλία ειδικά, οι χρονο-ναυλωτές μπορούν να έχουν καλύτερη εικόνα του ανθρακικού αποτυπώματος του χρονο-ναυλωμένου πλοίου καθώς οι ίδιοι είναι υπεύθυνοι για τα καύσιμα και γνωρίζουν πόσους τόνους καυσίμου έχει κάψει το χρονο-ναυλωμένο πλοίο σε μια δεδομένη χρονική περίοδο. Οι χρονο-ναυλωτές έχουν επίσης την ευχέρεια να ρυθμίσουν την ταχύτητα του πλοίου όπως εκείνοι θα ήθελαν. Έτσι μειώνοντας την ταχύτητα ενός πλοίου σε ορισμένο ταξίδι να μειώσουν και τις εκπομπές άνθρακα, καθώς το πλοίο θα καταναλώσει λιγότερα καύσιμα. Όμως τα πράγματα είναι πολύ πιο περίπλοκα όταν αφορά την ναυτιλία γραμμών (liner shipping) και ειδικότερα την αγορά πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων όπου οι υψηλές ταχύτητες και οι σωστοί χρόνοι σε κάθε τμήμα του ταξιδιού παίζουν καθοριστικό ρόλο στον προγραμματισμό των αποστολών και παραληπτών.

Ένας πολύ σημαντικός στόχος που πρέπει να τεθεί είναι να συλλέγονται δεδομένα για κάθε θέμα ή παρτίδα φορτίου, συμπεριλαμβανομένων των μιλίων του ταξιδιού από πόρτα σε πόρτα σε κάθε διαφορετικό μέσο μεταφοράς, τόνοι μεταφερόμενου φορτίου, τα καύσιμα που καταναλώθηκαν σε όλη την αλυσίδα, συνολικές εκπομπές αερίων, εκπομπές ανά χιλιόμετρο, εκπομπές ανά τόνο φορτίου και τέλος εκπομπές ανά τόνο-χιλιόμετρο. Επιπλέον το πιο σημαντικό κομμάτι σε αυτή τη διαδικασία μπορεί να θεωρηθεί η εκτίμηση της ποιότητας των δεδομένων. Με τα σωστά συστήματα και τεχνικές είναι εφικτό να οδεύσουμε σε στοχευμένες μειώσεις εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κάθε χρόνο και εν τέλη να πετύχουμε τον τελικό στόχο για εφοδιαστικές αλυσίδες μηδενικού άνθρακα.

Πρέπει να επιταχυνθούν οι διαδικασίες έρευνας και ανάπτυξης για πρακτικά εφαρμόσιμες λύσεις. Πρέπει να πια να ξεφύγουμε από την θεωρία και να πάμε στην εφαρμογή. Οι τεχνολογίες χρειάζεται όχι μόνο να βελτιωθούν αλλά να γίνουν και οικονομικά βιώσιμες για τους επενδυτές ώστε να έχουν και εκείνοι το κίνητρο να προβούν σε ορισμένες πρακτικές. Αν η εφαρμογή μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας ή αγορά ενός συγκεκριμένου τύπου πλοίου ή τρένου ή φορτηγού δεν θα επιφέρει οικονομικό όφελος αλλά οικονομική ζημιά σε έναν επενδυτή, τότε εκείνος δεν θα

προχωρήσει σε μια τέτοια επένδυση, όσο φιλική κι αν είναι αυτή προς το περιβάλλον. Ένα από τα πιο δύσκολα κομμάτια για τη βελτίωση της απόδοσης των μεταφορικών μέσων είναι η νοοτροπία των ανθρώπων. Πολλοί επενδυτές δεν είναι διατεθειμένοι να επενδύσουν σε νέες τεχνολογίες όταν οι αγορές είναι χαμηλά επομένως και τα κέρδη τους. Δεν θέλουν να πάρουν οικονομικά ρίσκα σε περιόδους χαμηλής ζήτησης γιατί δεν ξέρουν αν θα αποσβέσουν την αξία της επένδυσης τελικά.

Το πιο σημαντικό κομμάτι για την ανακεφαλαίωση αυτής της εργασίας είναι ότι δεν επαρκούν μόνο οι νομοθεσίες και οι κανονισμοί για την επίτευξη εφοδιαστικών αλυσίδων μηδενικού άνθρακα. Χρειάζεται ένας χάρτης με πραγματικά εφαρμόσιμες λύσεις για τα δεδομένα της σημερινής εποχής, λαμβάνοντας υπόψη των σημερινό πληθυσμό του πλανήτη και τις ανάγκες των ανθρώπων όπως έχουν διαμορφωθεί σήμερα καθώς και τις μελλοντικές απαιτήσεις.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Asariotis, R., Climate change impacts on seaports: A growing threat to sustainable trade and development, Article No. 75 [UNCTAD Transport and Trade Facilitation Newsletter N°90 - Second Quarter 2021]
2. Bates, A., The IMO global Sulphur content cap – one year on, The Swedish Club, 2020
3. Bilings, R., Perez, H., Port of Savannah Shore Power Analysis, 2019
4. California Air Resources Board, Ocean-Going Vessels at Berth Regulation, 2020
5. California Climate Investments, Zero- and Near Zero-Emission Freight Facilities Project: Oakland
6. Clarksons Research, Shipping Intelligence Weekly Reports
7. Clarksons Research, Shipping Review and Outlook, Μάρτιος 2022, σελ 183
8. Cristea, A., Hummels, D., Puzello, L., & Avetisyan, M. (2013). Trade and the greenhouse gas emissions from international freight transport. *Journal of Environmental Economics and Management*, 65(1). σελ.153–173
9. DNV, EEXI overview and implementation
10. DNV, Overview of the Carbon Intensity indicator (CII)
11. Edison Energy, Solar Panels Installed at Port of Long Beach
12. GLOMEEP, Solar Panels
13. European Environment Agency, Emissions of air pollutants from transport
14. Eyring V., Corbett J., Lee D., and Winebrake J. (2007). Brief summary of the impact of ship emissions on atmospheric composition, climate, and human health, σελ. 2
15. Freudenberger, F., Melting Glaciers Could Add 10 Inches to Sea Levels, University of Alaska Fairbanks, 2019
16. Fuglestvedt, J., et al, Climate forcing from the transport sectors, Center for International Climate and Environmental Research–Oslo, 2007
17. Georgia Ports Authority, Georgia Ports Authority by the number, 2018
18. Green Marine, Green Marine Certification Programme, 2020
19. Houtven, G. et al, Act Now or Pay Later: The Costs of Climate Inaction for Ports and Shipping, Environmental Defense Fund, 2022

20. IMO, Initial IMO GHG Strategy 2018
21. IMO, Marpol Annex VI
22. IMO, RESOLUTION MEPC.176(58), 10 Οκτωβρίου 2008, σελ. 20
23. IMO, *Third IMO Greenhouse Gas Study 2014*, (2014), σελ. 1
24. International Chamber of Shipping, 2020 Global Sulphur Cap
25. Intergovernmental Panel on Climate Change (17 Νοεμβρίου 2007). "Climate Change 2007: Synthesis Report", σελ. 5
26. Johnson, T., Towards a zero-carbon future, Maersk, 26 June 2019
27. Karatuğ, Çağlar & Durmusoglu, Yalcin. (2020). Design of a solar photovoltaic system for a Ro-Ro ship and estimation of performance analysis: A case study. *Solar Energy*.
28. Kreis, D., Audit Template for Inland Port Sustainability, Kentucky Transportation Center, 2014
29. Kruse, J. et al, A Modal Comparison of Domestic Freight Transportation Effects on the General Public: 2001–2014, Texas A&M Transportation Institute, 2017
30. Latache M., Ship Insight, How do scrubbers on ships really work, 03 Οκτωβρίου 2017
31. Lindsay, R., Climate Change: Global Sea Level, NOAA, 2022
32. Maersk, A.P. Moller, Maersk accelerates Net Zero emission targets to 2040 and sets milestone 2030 targets, 12 January 2022
33. Marine Insight, Sea Cargo Ships to be World's First Vessel with Tilting Rotor Sails Arrived in Rotterdam, 13 Ιανουαρίου 2021
34. North of England P&I Club, No Scrubs: Countries and Ports Where Restrictions on EGCS Discharges Apply. 31 Αυγούστου 2022
35. Olmer N., Comer B., Roy B., Mao X., and Rutherford D., Greenhouse Gas Emissions from Global Shipping 2013-2015, (2017), *The International Council on Clean Transportation*, σελ. V
36. Port Miami, Protecting the Environment
37. Port of New Orleans, Clean Trip
38. Port of Seattle, Solar Energy at the Port, 2019
39. Sargun Sethi, Marine Insight, A Guide to Scrubber System On Ship, 20 Οκτωβρίου 2019
40. Sinkoff, R., Seaport Air Quality 2020 and Beyond Plan, 2019

41. Smokers, R., and B. Kampman (2006), Energy Efficiency in the Transport Sector - Discussion paper prepared for the PEEREA Working Group on Energy Efficiency and Related Environmental Aspects, CE Delft, Delft, the Netherlands, 2006.
42. The Port of Los Angeles, Environment, Sustainability, and Solar Power
43. The Port of Los Angeles, Port Of Los Angeles Ready To Meet California's Shore-Side Power Requirements, 2014
44. The Port of Los Angeles, Shore Power Regulations, 2020
45. The St. Lawrence Seaway Management Corporation (<http://www.greatlakes-seaway.com>)
46. UNCTAD, Report of the Multi-year Expert Meeting on Transport, Trade Logistics and Trade facilitation on its eighth session, Geneva, 2020
47. UNCTAD, Review of Maritime Transport 2019, σελ 71
48. UNCTAD, Review of Maritime Transport 2020, σελ 93
49. UNCTAD, Review of Maritime Transport 2021, σελ 31
50. United Nations, Sustainable Development Goals of the United Nations, World Ports Sustainability Program
51. U.S. Environmental Protection Agency, Funding Opportunities for Ports and Near-Port Communities
52. U.S. Environmental Protection Agency, Georgia Ports Authority Reduces Diesel Emissions, Improves Efficiency, and Saves Costs
53. Valentin, L., What is the Economic Impact of Climate Change on Ports?, SINAY Maritime Data Solutions, 2022
54. Valter Selen, Ports and Climate Change, Part 1, the state of play in European ports, VAISALA, 2022
55. Wartsila, Just in time is just the beginning, 2021
56. Safety4Sea, Just in time arrival guide, 2020
57. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Ερωτήσεις και απαντήσεις: Βιώσιμες μεταφορές, υποδομές και καύσιμα