



ΔΠΜΣ

Διοίκηση στη Ναυτική Επιστήμη και Τεχνολογία

Διπλωματική Εργασία

“Η Πολιτική Οικονομία της Πράσινης Μετάβασης στη Ναυτιλία: Ενσωμάτωση ESG Κριτηρίων, Επιπτώσεις και Κατανομή του Κόστους Συμμόρφωσης”

Λαμπρινή Χ. Μέλου

ΜΝΣΝΔ24031

Επιβλέπων Καθηγητής:

Θεόδωρος Πελαγίδης

Πειραιάς

Μάρτιος 2026

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ / ΖΗΤΗΜΑΤΑ COPYRIGHT

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

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΜΕΛΟΣ Α΄: Θεόδωρος Πελαγίδης

ΜΕΛΟΣ Β΄: Ιωάννης Λαγούδης

ΜΕΛΟΣ Γ΄: Διονύσιος Πολέμης

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Θεόδωρο Πελαγίδη, επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, για την εξαιρετική συνεργασία και την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε κατά τη συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής τον καθηγητή και διευθυντή του μεταπτυχιακού προγράμματος κ. Ιωάννη Λαγούδη, τον καθηγητή κ. Διονύσιο Πολέμη, καθώς και όλους τους διδάσκοντες του μεταπτυχιακού προγράμματος “Διοίκηση στη Ναυτική Επιστήμη και Τεχνολογία” για την αγαστή συνεργασία και τις γνώσεις που μου προσέφεραν.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στους γονείς μου για την αμέριστη συμπαράσταση και ενθάρρυνση, αποτελώντας το πιο σταθερό μου στήριγμα καθ’ όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια, η πράσινη μετάβαση αποτελεί στρατηγική προτεραιότητα της ευρωπαϊκής και διεθνούς πολιτικής ατζέντας, η οποία έχει στόχο να αντιμετωπίσει όσο το δυνατόν πιο άμεσα την σοβαρή απειλή της κλιματικής αλλαγής. Για να καταστεί δυνατή η πράσινη μετάβαση, είναι γεγονός ότι η ναυτιλία εκπέμπει 2,89% των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και εξυπηρετεί το 80% των μεταφορικών αναγκών κάθε είδους φορτίου παγκοσμίως. Αυτό σημαίνει ότι, έρχεται άμεσα αντιμέτωπη με αυστηρότερους κανόνες και νέες περιβαλλοντικές απαιτήσεις. Συγχρόνως, η υιοθέτηση ESG (Environmental, Social, Governance) κριτηρίων, αποτελεί απαραίτητη αλλαγή, όχι μόνο για λόγους κανονιστικής συμμόρφωσης στις νέες απαιτήσεις, αλλά και για λόγους εύκολης πρόσβασης στη χρηματοδότηση. Παρόλα αυτά, η πράσινη μετάβαση δεν είναι εύκολη: δημιουργεί αυξημένο οικονομικό κόστος καθιστώντας δύσκολη την κατανομή αυτού μεταξύ ναυτιλιακών εταιρειών, ναυλωτών και τελικών καταναλωτών.

Το βασικό ερώτημα που προκύπτει είναι: Πως η πολιτική της πράσινης μετάβασης επηρεάζει τη ναυτιλιακή βιομηχανία σε όρους κόστους, φορολογίας και στρατηγικής συμμόρφωσης; Πως μπορεί να γίνει επιτυχημένη ενσωμάτωση των ESG κριτηρίων και πως γίνεται η κατανομή του σχετικού κόστους μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα;

Προκειμένου να απαντηθούν τα παραπάνω ερωτήματα, σκοπός της εργασίας είναι να διερευνηθεί πως η βιομηχανία της ναυτιλίας ανταποκρίνεται στις προκλήσεις της πράσινης μετάβασης, ποια είναι τα κύρια κόστη που προκύπτουν από τις νέες πολιτικές, πως επηρεάζονται οι στρατηγικές των επιχειρήσεων και ποιοι πληρώνουν τελικά, αναφερόμενη στον δημόσιο και στον ιδιωτικό τομέα, στις εταιρείες και στους καταναλωτές.

Λέξεις-Κλειδιά: ESG κριτήρια, βιώσιμη ναυτιλία, κόστος, φορολογία, κανονιστική συμμόρφωση, στρατηγική διαχείριση, EU ETS, Greenflation

ABSTRACT

In recent years, the green transition has become a strategic priority on the European and international policy agenda, aiming to address as urgently as possible the serious threat of climate change. To enable the green transition, it is a fact that the shipping industry accounts for 2.89% of global carbon dioxide emissions while serving 80% of the world's freight transport needs. This means it faces stricter regulations and new environmental requirements. At the same time, the adoption of ESG (Environmental, Social, Governance) criteria represents a necessary change, not only for regulatory compliance with new requirements but also to facilitate access to financing. Nevertheless, the green transition is not easy: as it creates increased economic costs, making them harder to allocate across shipping firms, charterers and consumers.

The key question that arises is: How does green transition policy impact the shipping industry in terms of costs, taxation, and compliance strategies? How can the integration of ESG criteria be successfully implemented, and how is the related cost distributed between the public and private sectors?

To answer these questions, the aim of this study is to explore how the shipping industry responds to the challenges of the green transition, what are the main costs arising from new policies, how company strategies are affected, and who ultimately bears the costs, referring to the public and private sectors, companies, and consumers.

Keywords: ESG criteria, sustainable shipping, cost, taxation, regulatory compliance, strategic management, EU ETS, Greenflation

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT.....	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	12
1.1 ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ.....	12
1.2 ΙΜΟ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ.....	13
1.3 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΦΟΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	14
1.4 ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ESG (SOCIAL/GOVERNANCE).....	16
1.5 ΤΙΜΟΛΟΓΙΑΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ GREENFLATION.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	18
2.1 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ.....	18
2.2 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΣΚΕΨΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ.....	19
2.3 ΠΟΣΟΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	20
2.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ (INCREMENTAL COST).....	21
2.5 ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (DATA SOURCES).....	23
2.6 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	24
2.7 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΕΡΜΗΝΕΥΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ (SCENARIO ANALYSIS).....	25
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	25
3.2 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ.....	26
3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΩΣ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΟ ΣΗΜΕΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (PROXY).....	27
3.4 ΣΕΝΑΡΙΟ 1: ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΙΤΗΡΩΝ ΜΕ ΠΛΟΙΟ ΤΥΠΟΥ PANAMAX.....	28
3.4.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	29

3.4.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΑΞΙΔΙΟΥ.....	31
3.4.3 ΚΟΣΤΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ (VLSFO & EU ETS).....	32
3.4.4 ΚΟΣΤΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΜΕΘΑΝΟΛΗΣ.....	34
3.5 ΣΕΝΑΡΙΟ 2: ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ ΜΕ ΠΛΟΙΟ ΤΥΠΟΥ NEW PANAMAX...37	
3.5.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	38
3.5.2 ΚΟΣΤΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ (VLSFO & EU ETS).....	41
3.5.3 ΚΟΣΤΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΜΕΘΑΝΟΛΗΣ.....	42
3.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΝΑ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΟ ΠΡΟΪΟΝ.....	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	44
4.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	44
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	47

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.a: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΑΞΙΔΙΟΥ - ΠΛΟΙΟΥ PANAMAX (SANTOS – ROTTERDAM).....	31
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.b.: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΑΞΙΔΙΟΥ - ΠΛΟΙΟΥ ΝΕΟ-PANAMAX (SHANGHAI – ROTTERDAM)...	40

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα καίρια ζητήματα που επηρεάζει σημαντικά το περιβάλλον και συνεπώς την κοινωνία και την οικονομία παγκοσμίως, φέροντας ουσιαστικές προκλήσεις, είναι το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής. Αυτό το φαινόμενο φέρει ραγδαία αύξηση της θερμοκρασίας και της στάθμης της θάλασσας, καθώς και έντονες καιρικές συνθήκες, τα οποία συνεπάγονται σημαντικές μεταβολές στην καθημερινότητα, στον παραγωγικό τομέα και στο διεθνές μεταφορικό δίκτυο. Το διεθνές δίκτυο μεταφορών και κατά προτεραιότητα η ναυτιλία, επειδή σχετίζεται άμεσα με τις εκπομπές ρύπων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κατανάλωση ενεργειακών πόρων, βρίσκεται στο επίκεντρο των επιπτώσεων. Σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα, δημιουργείται η ανάγκη βιώσιμης προόδου τόσο σε διεθνές όσο και σε εθνικό επίπεδο, καθιστώντας τις περιβαλλοντικές πολιτικές το επίκεντρο των νέων στρατηγικών κατευθύνσεων.

Η σημασία της πράσινης μετάβασης, δηλαδή της προοδευτικής προσαρμογής του οικονομικού και βιομηχανικού τομέα σε νέες πολιτικές μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την ενθάρρυνση της βιώσιμης ανάπτυξης, έχει αναγνωριστεί ως κύριος άξονας στρατηγικής από την Ευρωπαϊκή Ένωση και αποτελεί μέρος του ευρύτερου παγκόσμιου πολιτικού πλαισίου. Αυτή η περιβαλλοντική μεταστροφή, δεν περιορίζεται μόνο σε περιβαλλοντικό και τεχνολογικό ζήτημα, είναι ταυτοχρόνως κοινωνική, οικονομική και πολιτική αλλαγή, η οποία προϋποθέτει τη συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων πλευρών και φυσικά αναφερόμαστε σε κράτη, κυβερνήσεις, παγκόσμιους οργανισμούς, επιχειρήσεις και καταναλωτές.

Η ναυτιλιακή βιομηχανία κατέχει κεντρικό ρόλο στην παγκόσμια οικονομία, μεταφέροντας περίπου το 80% των διεθνών μεταφορών φορτίων και εμπορευμάτων. Ταυτόχρονα όμως, συμβάλλει με περίπου 2,89% στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως, κάτι που την καθιστά σε καθοριστική θέση για την επίτευξη των στόχων μείωσης των ρυπογόνων εκπομπών. Ο οικονομικός ρόλος και η περιβαλλοντική επίδραση, θέτουν τον τομέα της ναυτιλίας στο επίκεντρο των διεθνών προσπαθειών για βιώσιμη αναδιοργάνωση και την απαίτηση υιοθέτησης πολιτικών που ενσωματώνουν περιβαλλοντικά, κοινωνικά και διοικητικά κριτήρια.

Στο πλαίσιο αυτό, οι κατευθυντήριες αρχές ESG (Environmental, Social, Governance), θεωρούνται ιδιαίτερα σημαντικές και αποτελούν μέσο στρατηγικού σχεδίου διαχείρισης και ουσιώδης βιώσιμης προόδου. Το Environmental επικεντρώνεται στην μείωση των εκπομπών ρύπων και στην ενεργειακή απόδοση, το Social στην κοινωνία, στην προστασία εργαζομένων και πληρωμάτων και τέλος το Governance σχετίζεται με την συμμόρφωση σε κανονισμούς, την λογοδοσία, την διαφάνεια και τις στρατηγικές διαχείρισης κινδύνων.

Ο IMO (Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός) έχει ορίσει ξεκάθαρους στόχους περιορισμού των ρύπων, στο πλαίσιο της Συμφωνίας των Παρισίων, με στόχο την μείωση της έντασης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά 40% έως το 2030 και κατά 70% έως το 2050 συγκριτικά με τα επίπεδα του 2008. Για αυτόν τον σκοπό εισήγαγε εργαλεία όπως το EEDI (Energy Efficiency Design Index) για τον στόλο νέων πλοίων, το EEXI (Energy Efficiency Existing Ship Index) για τον ήδη υπάρχοντα στόλο των υφιστάμενων πλοίων και τον CII (Carbon Intensity Indicator) για την αξιολόγηση και την βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στην πράξη. Όσον αφορά την Ευρωπαϊκή Ένωση, οι πολιτικές που τίθενται σε εφαρμογή θέτουν ακόμη πιο αυστηρότερους κανόνες. Η ναυτιλία υπάγεται στο EU ETS (Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών) και ακόμη μια σημαντική πρωτοβουλία (Fuel EU Maritime), ενθαρρύνει τη χρήση καυσίμων χαμηλών εκπομπών όπως αυτά των βιοκαυσίμων. Για την εφαρμογή των πολιτικών αυτών, συνεπάγονται επενδυτικές κινήσεις για την τεχνολογική βελτιστοποίηση του στόλου, οι οποίες οδηγούν σε ταυτόχρονη αύξηση στα λειτουργικά κόστη των εταιρειών.

Η υιοθέτηση των ESG προτύπων φέρνει πολλές προκλήσεις, επιβαρύνοντας τις ναυτιλιακές επιχειρήσεις με οικονομικά και διοικητικά έξοδα. Μερικές σημαντικές επενδύσεις που πρέπει να πραγματοποιηθούν είναι αυτές που αφορούν την τεχνολογία, τον υποχρεωτικό τεχνολογικό εκσυγχρονισμό των στόλων και γενικότερα την τήρηση πιο αυστηρών κανονισμών τόσο στη στεριά όσο και στη θάλασσα. Επιπροσθέτως, δημιουργούνται επιπλέον φορολογικά έξοδα και πιθανές ανισότητες ανάμεσα στα κράτη, στις επιχειρήσεις και στους stakeholders. Οι μεγαλύτερες επιχειρήσεις με ευκολότερη πρόσβαση σε πράσινη χρηματοδότηση μπορούν να εφαρμόσουν ταχύτερα τα νέα πρότυπα. Αυτό δεν συμβαίνει όμως με την ίδια ευκολία σε επιχειρήσεις μικρότερου μεγέθους καθώς υπάρχει καθυστέρηση άμεσης προσαρμογής. Οι εν λόγω διαφοροποιήσεις φέρουν ως αποτέλεσμα ένα σύνθετο πλαίσιο πολιτικής οικονομίας,

όπου η ισορροπία επιβαρύνσεων μεταξύ του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα, εταιρειών και stakeholders να αποκτά καθοριστική σημασία.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω στοιχεία καταλαβαίνουμε ότι η σε βάθος μελέτη των οικονομικών και επιχειρησιακών παραμέτρων της πράσινης μετάβασης προς χαμηλότερες εκπομπές ρύπων στον τομέα της ναυτιλίας θεωρείται κρίσιμη. Η εφαρμογή των ESG προτύπων ασκεί άμεση επίδραση στον στρατηγικό σχεδιασμό των εταιρειών, στις αποφάσεις κεφαλαιακών επενδύσεων και στον καθορισμό των τιμών των ναύλων, αλλά τα αποτελέσματα διαφέρουν ανάλογα με το επίπεδο προσαρμοστικότητας, τα διαθέσιμα κεφάλαια και την κρατική ενίσχυση. Η μελέτη του κανονιστικού πλαισίου και των ESG προτύπων, δημιουργεί υπόβαθρο μελέτης των οικονομικών επιπτώσεων, των φορολογικών επιβαρύνσεων και των στρατηγικών συμμόρφωσης των επιχειρήσεων.

Το βασικό ερευνητικό ερώτημα είναι: Με ποιον τρόπο η πολιτική της πράσινης μετάβασης και η ενσωμάτωση των ESG προτύπων, επηρεάζουν τη ναυτιλία όσον αφορά το κόστος προσαρμογής μεταξύ ιδιωτικού και δημόσιου τομέα, τις φορολογικές επιβαρύνσεις, και ποιοι επωμίζονται το μεγαλύτερο μέρος των αλλαγών, το κράτος, οι εταιρείες ή οι τελικοί καταναλωτές. Η μελέτη αυτών των ερωτημάτων μπορούν να παρέχουν καλύτερη εικόνα των στρατηγικών μηχανισμών που επιτρέπουν την επιτυχή υλοποίηση των προαναφερόμενων πολιτικών και ελαχιστοποιούν τις αρνητικές οικονομικές επιβαρύνσεις.

Σκοπός της μελέτης είναι να εξετάσει τον τρόπο με τον οποίο ο ελληνικός ναυτιλιακός κλάδος προσαρμόζεται στα νέα δεδομένα της πράσινης μετάβασης, λαμβάνοντας υπόψη τις οικονομικές και στρατηγικές πλευρές. Στόχος είναι η παρουσίαση των βασικών κοστών που προκύπτουν από την επιβολή των νέων πολιτικών, τις αποφάσεις συμμόρφωσης που λαμβάνει κάθε επιχείρηση, ποιοι επωμίζονται το κόστος των αλλαγών και την κατανομή αυτών μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα. Ιδιαίτερη βαρύτητα θα δοθεί στην διαδικασία μεταφοράς κόστους (cost pass through), εξετάζοντας σε ποιο επίπεδο η επιβάρυνση μεταβιβάζεται από τη ναυτιλιακή εταιρεία στον ναυλωτή και καταλήγει στην τελική τιμή των μεταφερόμενων προϊόντων.

Η εισαγωγή ολοκληρώνεται με την αποτύπωση του βασικού προβλήματος που μας οδηγεί στη διαδικασία παράθεσης των κύριων ερευνητικών πεδίων, ενώ στο επόμενο κεφάλαιο της βιβλιογραφικής ανασκόπησης θα δούμε τι έχουν επισημάνει άλλοι ερευνητές για το θέμα μας και θα διαμορφώσουμε το θεωρητικό πλαίσιο που συμβάλλει στην βαθύτερη κατανόηση του ζητήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Με τον παρόν κεφάλαιο θα μελετηθεί η βιβλιογραφία που προκύπτει από κυρίως ακαδημαϊκά άρθρα και νομοθετικά πλαίσια, αποτυπώνοντας τον τρόπο με τον οποίο οι πολιτικές της πράσινης μετάβασης και η υιοθέτηση των αρχών ESG, ασκούν επίδραση στην ναυτιλιακή επιχειρηματικότητα, δίνοντας έμφαση στα κόστη προσαρμογής, στις επιπτώσεις της φορολογικής πολιτικής και στον τρόπο κατανομής του κόστους μεταξύ κρατικών και ιδιωτικών φορέων. Σκοπός είναι η ανάλυση της συνοπτικής εικόνας διεθνών ερευνών και θεωρητικών μοντέλων, συνδέοντας τα διεθνή ευρήματα με τις αντίστοιχες ελληνικές συνθήκες και πως αυτές επιδρούν στις νέες περιβαλλοντικές εξελίξεις.

1.1 ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

Όπως ήδη έχουμε αναφέρει και στο προηγούμενο κεφάλαιο της εισαγωγής, οι νέες εξελίξεις για υιοθέτηση βιώσιμων πράσινων πολιτικών δεν αφορούν μόνο την μείωση των ρύπων και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, αλλά αποτελούν καθοριστική πρωτοβουλία των τελευταίων ετών για μετασχηματισμό της επιχειρηματικής στρατηγικής, των τεχνολογικών κατευθύνσεων και των διοικητικών μηχανισμών διοίκησης.

Ξεκινώντας την μελέτη στην διεθνή βιβλιογραφία διαπιστώνουμε ότι η ναυτιλιακή βιομηχανία εντάσσεται στους πιο σύνθετους κλάδους όσον αφορά το πεδίο της απανθρακοποίησης, λόγω δομικών χαρακτηριστικών όπως: μεγάλες αποστάσεις που πρέπει να καλυφθούν για την μεταφορά φορτίων και εμπορευμάτων, περιορισμένες επιλογές πράσινων καυσίμων, μακροχρόνιος κύκλος ζωής του πλοίου ως επενδυτικό κεφάλαιο και υψηλή εξάρτηση από συμβατικά καύσιμα (heavy fuel oil) ως βασική πηγή ενέργειας (Pereda, 2025). Σε αυτό το σημείο

αξίζει να σημειωθεί ότι ανεξάρτητα από άλλους κλάδους της βιομηχανίας, ο ναυτιλιακός τομέας δεν ρυθμίζεται από ένα ενιαίο διεθνές φορολογικό πλαίσιο, αλλά λειτουργεί μέσω εθνικών και υπερεθνικών νομοθετικών πλαισίων, στοιχείο που εντείνει την πολυπλοκότητα και εμποδίζει τον αποτελεσματικό συντονισμό της ομαλής εφαρμογής των νέων περιβαλλοντικών πολιτικών.

1.2 IMO ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

Από πλευράς ρυθμιστικών πλαισίων, βλέπουμε την παρέμβαση του IMO (Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός), ο οποίος υιοθετεί τεχνικούς δείκτες αποδοτικότητας όπως EEDI και EEXI, εισάγει μηχανισμούς επιχειρησιακής λειτουργικής αξιολόγησης (CII) με στόχο την μείωση των εκπομπών ρύπων και προωθεί μελλοντικά συστήματα τιμολόγησης άνθρακα. Πολλοί μελετητές υποστηρίζουν βέβαια πως οι στόχοι είναι προοδευτικοί, αλλά ανεπαρκείς για την πλήρη ευθυγράμμιση με τα όρια της Συμφωνίας των Παρισίων (Paris-aligned), ενώ παράλληλα υπάρχουν μελέτες για περιορισμένη δυνατότητα λειτουργικότητας, κατά κύριο λόγο σε πιο παλιά πλοία και πιο μικρούς στόλους εταιρειών (Rauca L. & Batrinca G., 2023).

Από πλευράς Ευρωπαϊκής Ένωσης, προβλέπονται ακόμη πιο αυστηροί κανονισμοί, με τη ναυτιλία να εντάσσεται στο EU ETS και να καθιερώνει το Fuel EU Maritime. Με αυτόν τον τρόπο, όπως τονίζεται, θα αυξηθεί η χρήση εναλλακτικών πράσινων καυσίμων καθώς και η εφαρμογή οικονομικών κυρώσεων σε πλοία που αποκλίνουν των περιβαλλοντικών στόχων (European Commission, 2025). Επιπροσθέτως, η σχετική βιβλιογραφία κάνει σαφές ότι το ευρωπαϊκό ρυθμιστικό πλαίσιο προωθεί τις τεχνολογικές εξελίξεις, όμως επιφέρουν ανομοιόμορφες οικονομικές επιβαρύνσεις για τις ναυτιλιακές εταιρείες που τακτικά εξυπηρετούν ευρωπαϊκά λιμάνια (Selimi G., 2024). Επιπλέον σύμφωνα με την έκθεση (OECD/International Transport Forum, 2022), υπάρχουν διάφοροι ενδεχόμενοι μηχανισμοί carbon leakage, στο πλαίσιο εφαρμογής του EU ETS στην ναυτιλιακή βιομηχανία, όπου περιλαμβάνεται η ανακατεύθυνση δρομολογίων σε λιμάνια εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης ή χρήση μη ευρωπαϊκών κέντρων διαμετακόμισης. Ωστόσο, από την ανάλυση βλέπουμε ότι ο κίνδυνος διαρροής άνθρακα στο σύνολο του για τα σημερινά δεδομένα κόστους είναι περιορισμένος.

1.3 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΦΟΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Σε συνέχεια των κανονιστικών πλαισίων εκτός και εντός Ευρωπαϊκής Ένωσης, η βιβλιογραφία εκτείνεται στις χρηματοοικονομικές και φορολογικές επιπτώσεις, με πρόσφατες σχετικές έρευνες, που φέρουν αυτές οι νέες πολιτικές πράσινης μετάβασης στη ναυτιλία. Πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι εκτός από τα θετικά αποτελέσματα που φέρει η πράσινη μετάβαση, φέρει αυτόματα δυσκολίες και διαφοροποιήσεις στο κόστος λειτουργίας ώστε να επιτευχθεί η συμμόρφωση, αναπροσαρμόζοντας τις συνθήκες πρόσβασης σε χρηματοδοτικά εργαλεία και τις συνθήκες της αγοράς σε όρους ανταγωνισμού (Tvedt J. & Wergeland T., 2023 / Li Minjie, Luan J., Li X., & Jia P., 2024). Σύμφωνα με στοιχεία της πρόσφατης βιβλιογραφίας η εισαγωγή μηχανισμών carbon pricing δηλαδή την χρήση πολιτικών τιμολόγησης των εκπομπών άνθρακα, η εφαρμογή δεικτών ενεργειακής αποδοτικότητας, η μετάβαση σε εναλλακτικά καύσιμα χαμηλού ή μηδενικού άνθρακα και τα ESG reporting obligations, λειτουργούν ως καθοριστικοί παράγοντες αναπροσαρμογής των εταιρικών χρηματοοικονομικών στρατηγικών (Lu P. & Theocharis D., 2025). Σχετικές ερευνητικές πηγές αναφέρουν πως η οικονομική επιβάρυνση κατανέμεται με διαφορετικό τρόπο σε κάθε εταιρεία. Η διαφοροποίηση επηρεάζεται άμεσα από την ηλικία και την τεχνική κατάσταση του στόλου, το μέγεθος της κάθε εταιρείας, την γεωγραφική ζώνη δραστηριότητας και το ρυθμιστικό πλαίσιο που κατά περίπτωση υπάγεται (Lagouvardou & Psaraftis, 2022).

Συγκεκριμένα, στη βιβλιογραφία οι περισσότερες έρευνες κατηγοριοποιούν τις συγκεκριμένες χρηματοοικονομικές επιβαρύνσεις, διαχωρίζοντας τις σε δύο κατηγορίες ως εξής: στις Κεφαλαιουχικές Δαπάνες (CapEx) και τις Λειτουργικές Δαπάνες (OpEx). Τα επενδυτικά κόστη σχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με την ναυπήγηση νέων βαποριών ή τον εκσυγχρονισμό του ήδη υπάρχοντος στόλου (retrofitting) με νέες τεχνολογικές και τεχνικές παρεμβάσεις που επιτάσσουν οι νέες κανονισμοί. Κάποια παραδείγματα τεχνικών εκσυγχρονισμών σε παλαιότερα βαπόρια είναι η εγκατάσταση συσκευών για εξοικονόμηση ενέργειας (ESDs), όπως και η προσαρμογή των μηχανών για εναλλακτικά καύσιμα (Lyridis D. & Kostidi E., 2025).

Η έκθεση της UNCTAD (2023) αναφέρει πως η ανάγκη που προκύπτει για επιλογή μεταξύ εναλλακτικών καυσίμων όπως η αμμωνία, η μεθανόλη ή άλλων μορφών «πράσινης» ενέργειας

δημιουργεί ένα ασαφές τοπίο μεγάλης αβεβαιότητας, εφόσον ακόμη δεν έχει γίνει γνωστό ποια νέα τεχνολογία θα επικρατήσει διεθνώς μακροπρόθεσμα. Για τις ναυτιλιακές εταιρείες το γεγονός αυτό αποτελεί μεγάλο επενδυτικό ρίσκο και αυξάνει την αναμονή (wait and see approach), περιορίζοντας με αυτόν τον τρόπο την κάθε επενδυτική απόφαση που μπορεί να ληφθεί, υπό τον φόβο φυσικά της λανθασμένης τεχνολογικής επιλογής (Storford, 2025).

Όσο αφορά τον κίνδυνο της τεχνολογικής απαξίωσης (Stranded Assets), οι ραγδαίες αλλαγές και η αυστηριοποίηση των κανονιστικών πλαισίων, δημιουργούν σοβαρό κίνδυνο στα «απαξιωμένα περιουσιακά στοιχεία» (stranded assets), δηλαδή στα πλοία που χάνουν πρόωρα την οικονομική τους αξία. Σε αναφορά του (Laskar I., 2025), όπου λόγω της εκτεταμένης διάρκειας εκμετάλλευσης των βαποριών (20-25 ετών), μία επένδυση μεταβατικής τεχνολογικής λύσης, όπως πλοίο με κατανάλωση LNG, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος να καταστεί οικονομικά ασύμφορη πριν την συνολική απόσβεση της, εάν οι νομοθετικοί περιορισμοί γίνουν ακόμη πιο απαιτητικοί και αυστηροί. Για την ελαχιστοποίηση του εν λόγω κινδύνου, ο κλάδος παρατηρείται πως επιλέγει την στρατηγικές ευελιξίας παραγγέλλοντας πλοία διπλού κασίμου (dual fuel) ή «ammonia/methanol ready» (DNV, 2024). Ανεξαρτήτως αν αυτή η στρατηγική ανεβάζει το κόστος ναυπήγησης (CapEx), θεωρείται μονόδρομος για τη διατήρηση της μεταπωλητικής αξίας του βαποριού και την εξασφάλιση τραπεζικών χρηματοδοτήσεων μελλοντικά.

Συνεχίζοντας με τις λειτουργικές δαπάνες (OpEx), η κύρια πρόκληση σχετίζεται με τα υψηλά κόστη των εναλλακτικών καυσίμων. Το τιμολογιακό χάσμα που προκύπτει, δημιουργεί μεγάλη απόκλιση μεταξύ των συμβατικών καυσίμων που χρησιμοποιούνταν έως τώρα (VLSFO) και καυσίμων με χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Μεταφορικά γνωστή και ως «ψαλίδα» κόστους το Green Premium, όπως αναφέρεται και στη διεθνή βιβλιογραφία, καθιστά απαγορευτική οικονομικά για την ώρα την ευρεία χρήση καθαρών καυσίμων. Σε σχετικό άρθρο (Christodoulou, 2023) τονίζεται πως χωρίς παρεμβατικούς ρυθμιστικούς μηχανισμούς, η επιλογή της «πράσινης» αμμωνίας ή μεθανόλης είναι μη βιώσιμη. Τα αγορακεντρικά εργαλεία πολιτικής, όπως το Σύστημα Εμπορίας Ρύπων της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU ETS), έχουν ως στόχο τη μεταφορά του περιβαλλοντικού κόστους στην αγορά, καθιστώντας τις εκπομπές άμεσα οικονομικά επιβαρυντικές, με την επιβολή κόστους ανά τόνο εκπεμπόμενων αερίων διοξειδίου του άνθρακα. Σύμφωνα με το κανονιστικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι ναυτιλιακές

επιχειρήσεις είναι υποχρεωτικό να αγοράζουν και να αποδίδουν δικαιώματα εκπομπών (όπως ονομάζονται EU Allowances – EUAs) για τις συνολικές εκπομπές ρύπων που εκπέμπουν σε ταξίδια που πραγματοποιούνται εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης και για ποσοστό 50% για δρομολόγια που πραγματοποιούνται εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης, δηλαδή από και προς τρίτες χώρες. Όπως αναλύεται βιβλιογραφικά στη μελέτη της (Christodoulou, 2023), ο συγκεκριμένος μηχανισμός προκαλεί αισθητή αύξηση των λειτουργικών εξόδων (OpEx) του βαποριού, αναδιαμορφώνοντας την δομή των ναύλων και των λειτουργικών εξόδων της θαλάσσιας διαδρομής, ενώ παράλληλα προωθεί ισχυρές οικονομικές πρακτικές για μείωση κατανάλωσης καυσίμου, λειτουργώντας ως καταλύτης για περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας.

Βεβαίως, το κρίσιμο ερώτημα που προκύπτει και συνεπώς απασχολεί πολλούς ερευνητές και αναλυτές είναι το κατά πόσο αυτό το επιπλέον κόστος μεταφέρεται (Pass through) στους ναυλωτές και εν συνεχεία στην τελική καταναλωτική αγορά. Όπως αναφέρεται στην σχετική μελέτη (OECD, 2025), η έκταση του pass – through προσδιορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τις επικρατούσες συνθήκες στις ναυλαγορές και στην ελαστικότητα της ζήτησης. Κατά τη διάρκεια ανοδικών κύκλων της αγοράς, δηλαδή περιόδους με υψηλή ζήτηση (boom period), οι πλοιοκτήτες μπορούν με μεγαλύτερη ευκολία να μετακυλήσουν το κόστος των εκπομπών ρύπων στους ναυλωτές. Εν αντιθέσει, σε περιόδους κάμψης της αγοράς, δηλαδή χαμηλής ζήτησης, οι πλοιοκτήτες συχνά υποχρεούνται να απορροφήσουν αυτό το κόστος για να διατηρηθεί η ανταγωνιστικότητα τους βέβαια με τίμημα τη μείωση του κέρδους, το οποίο επηρεάζει αρνητικά τις αποδόσεις τους.

1.4 ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ESG (SOCIAL/GOVERNANCE)

Εκτός από τις άμεσες πράσινες επενδύσεις και τα κόστη των καυσίμων, οι βιβλιογραφικές αναφορές υπογραμμίζουν επίσης κρίσιμα ζητήματα στους τομείς των κοινωνικών ευθυνών και της εταιρικής διακυβέρνησης. Η συμμόρφωση με τα πρότυπα ESG δεν είναι πλέον ένα προαιρετικό ζήτημα εταιρικής υπευθυνότητας, αλλά έχει μετατραπεί πλέον σε υποχρεωτική κανονιστική απαίτηση. Αυτό το υποχρεωτικό ρυθμιστικό πλαίσιο, συνεπάγεται υψηλό οργανωτικό και διοικητικό κόστος (administrative burden), επιφέροντας ουσιαστικό κόστος συμμόρφωσης.

Όπως προβλέπεται από την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive), οι επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στον ναυτιλιακό κλάδο υποχρεούνται να παρέχουν και να δημοσιοποιούν ολοκληρωμένες και λεπτομερείς εκθέσεις βιωσιμότητας (ESG reports). Το γεγονός αυτό δημιουργεί την ανάγκη συγκρότησης εξειδικευμένων τμημάτων ESG, την στελέχωση ειδικού καταρτισμένου προσωπικού και την εφαρμογή ειδικών πληροφοριακών συστημάτων τα οποία θα καταγράφουν και θα αναλύουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Το κόστος αυτής της νέας συμμόρφωσης και εξωτερικής διασφάλισης για αρκετές επιχειρήσεις θεωρείται αυξημένο και οι δαπάνες είναι ιδιαίτερα υψηλές. Επιπροσθέτως, η ενεργειακή μετάβαση με την υιοθέτηση νέων εναλλακτικών καυσίμων, δημιουργεί προκλήσεις που σχετίζονται με την κοινωνική διάσταση (Social). Σε μελέτη του DNV (2023), υπογραμμίζεται πως ο ναυτιλιακός κλάδος αντιμετωπίζει σοβαρές ελλείψεις δεξιοτήτων (skills gap), καθώς οι ναυτικοί πρέπει να αποκτήσουν νέες δεξιότητες και να εκπαιδευτούν ειδικά για αυτή τη νέα συμμόρφωση και την διαχείριση των νέων καυσίμων. Παρατηρείται φυσικά, ότι οι δαπάνες για εκπαίδευση και νέες ειδικές πιστοποιήσεις (retraining costs), αυξάνουν τα λειτουργικά έξοδα (OpEx), φέροντας ως αποτέλεσμα επιπλέον πιέσεις και επιπλέον αύξηση στο συνολικό κόστος.

1.5 ΤΙΜΟΛΟΓΙΑΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ GREENFLATION

Το σύνολο των παραπάνω δαπανών (περιβαλλοντικά τέλη, CapEx επενδύσεις, διοικητικά έξοδα), επηρεάζουν τόσο τη δημόσια πολιτική όσο και τις τελικές τιμές των προϊόντων που φθάνουν στο καταναλωτή. Πρόσφατες βιβλιογραφικές αναφορές υιοθετούν τον όρο “Greenflation” που μεταφράζεται ως πράσινος πληθωρισμός και αποδίδει την αυξητική τάση των τελικών μεταφορικών τιμών και φυσικά των προϊόντων λόγω της εισαγωγής των πράσινων φόρων (Konradt & Weder di Mauro, 2023).

Έτσι προκύπτει μια αγορά όπου τα ενεργειακά αποδοτικά πλοία απολαμβάνουν προτιμησιακές σε ναύλους (charter rate premium), δεδομένου ότι οι ναυλωτές (charterers) στοχεύουν στον περιορισμό του δικού τους ανθρακικού αποτυπώματος, επιλέγοντας λύσεις που περιορίζουν τις περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις (Scope 3 emissions), όπως αναλύεται στην μελέτη των (Psaraftis H. & Kontonas C., 2020). Παρόλα αυτά, η βιβλιογραφία δεν έχει ποσοτικοποιήσει επαρκώς το

μέγεθος της επίδρασης στο τελικό προϊόν. Όπως είναι ήδη πλέον δεδομένο ενώ το κόστος τείνει να αυξάνεται, δεν είναι σαφές το ποσοστό το οποίο αυξάνεται τελικά και επιβαρύνει διαδοχικά την ναυτιλιακή επιχείρηση, τον ναυλωτή και ακολούθως τον τελικό καταναλωτή.

Η μελέτη της παρούσας εργασίας προσπαθεί να επικεντρωθεί ακριβώς σε αυτή την πτυχή του προβλήματος. Αξιοποιώντας τα θεωρητικά δεδομένα που αναπτύχθηκαν μέσω από την ήδη υπάρχουσα βιβλιογραφία, η ανάλυση αποσκοπεί στην κατανόηση των στρατηγικών διαχείρισης του αυξημένου κόστους από τους εμπλεκόμενους φορείς, καθώς και τον βαθμό στον οποίο θεωρούν ότι αυτό το επιπρόσθετο κόστος επηρεάζει τις τελικές τιμές των αγαθών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

2.1 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Στο παρόν κεφάλαιο προσδιορίζεται το μεθοδολογικό πλαίσιο της έρευνας και παρουσιάζεται αναλυτικά η ερευνητική σκέψη που ακολουθήθηκε, με σκοπό να μελετηθούν οι σύνθετες επιδράσεις της πράσινης μετάβασης στον κλάδο της ναυτιλίας. Όπως προέκυψε από την βιβλιογραφική ανάλυση στο προηγούμενο κεφάλαιο, ο ναυτιλιακός κλάδος βρίσκεται στο επίκεντρο σημαντικών κανονιστικών παρεμβάσεων (EU ETS, Fuel EU Maritime). Παρόλο που το ρυθμιστικό πλαίσιο έχει γίνει ήδη σαφές, η επιστημονική και εμπορική κοινότητα συνεχίζει να διαφωνεί ως προς την τελική οικονομική επιβάρυνση των εμπλεκόμενων φορέων.

Πιο συγκεκριμένα μπορούμε να πούμε πως παρατηρείται ένα ασαφές σημείο αναφορικά με τη μέτρηση και την διαδικασία μεταφοράς του κόστους (cost pass through mechanism) κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας από τον πάροχο μεταφορικής υπηρεσίας στον πελάτη και έπειτα στον τελικό αποδέκτη. Η παρούσα μελέτη λοιπόν προσπαθεί να προσεγγίσει όσο το δυνατόν περισσότερο αυτό το κενό, όχι μόνο με την θεωρητική ανάλυση αλλά και με μετρήσιμα στοιχεία.

Συνεπώς, οι βασικοί στόχοι της έρευνας διαμορφώνονται ως εξής:

1. Ποσοτικός υπολογισμός δαπανών: Ο ποσοτικός υπολογισμός των μεταβολών των Λειτουργικών Εξόδων (OpEx) για συγκεκριμένες κατηγορίες πλοίων, έχοντας υπόψη τα τρέχοντα και μελλοντικά ενεργειακά σενάρια.
2. Ανάλυση κατανομής κόστους: Η ανάλυση του βαθμού ενσωμάτωσης με τον οποίο το πρόσθετο περιβαλλοντικό κόστος αποτυπώνεται στους ναύλους μεταφοράς και κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας.
3. Εκτίμηση τιμολογιακών πιέσεων: Η εκτίμηση των επιπτώσεων της πράσινης μετάβασης στο επίπεδο τιμών και στην προσιτότητα βασικών αγαθών.

2.2 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΣΚΕΨΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Η παρούσα μελέτη βασίζεται στην προσέγγιση του πραγματισμού (pragmatism). Η επιλογή αυτή κρίθηκε κατάλληλη, καθώς το ερευνητικό ερώτημα εστιάζει σε συγκεκριμένα και μετρήσιμα προβλήματα της αγοράς: “Ποιος επωμίζεται το κόστος;”. Η πραγματική προσέγγιση διευκολύνει τη χρήση συνδυαστικών μεθόδων και σαφώς την πρακτική κατανόηση του προβλήματος. Σε επίπεδο ερευνητικής λογικής, η μελέτη βασίζεται σε παραγωγική προσέγγιση (deductive approach). Η ανάλυση ξεκινά από τις βασικές αρχές της περιβαλλοντικής οικονομικής, δηλαδή σύμφωνα με τις οποίες η ρύθμιση των εξωτερικών επιβαρύνσεων επιδρά στο κόστος παραγωγής και μέσω της αξιοποίησης των δεδομένων καταλήγει σε ειδικά συμπεράσματα για επιλεγμένους κλάδους όπως αυτούς του ξηρού φορτίου και των εμπορευματοκιβωτίων.

Για την συνολική και ουσιαστική εξέταση των ερευνητικών ερωτημάτων δεν αρκεί η εφαρμογή μίας μεθόδου έρευνας αλλά απαιτείται ο συνδυασμός μεθόδων. Για τον λόγο αυτό εφαρμόστηκε η μεικτή ερευνητική προσέγγιση (mixed methods approach), κατά την οποία συνδυάζονται ποσοτικά και ποιοτικά εργαλεία. Η μελέτη οργανώνεται σε δύο παράλληλους βασικούς άξονες:

1. Ποσοτικός άξονας: Ποσοτικός υπολογισμός του κόστους ανά μονάδα φορτίου μέσω ανάλυσης πιθανού σεναρίου.
2. Ποιοτικός άξονας: Ποιοτική διάσταση της έρευνας δηλαδή ανάλυση της συμπεριφοράς της αγοράς και απόψεων των stakeholders.

2.3 ΠΟΣΟΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η χρήση των σεναρίων επιτρέπει τον διαχωρισμό της επίδρασης κάθε μεταβλητής. Σε έναν κλάδο με δυναμικό και ασταθές επιχειρηματικό περιβάλλον όπως αυτό της ναυτιλίας, η μέθοδος αυτή μας επιτρέπει να διασφαλίσουμε ότι οι εξωτερικές επιδράσεις παραμένουν αμετάβλητες (καιρός, λιμανιάτικα έξοδα) και να εστιάσουμε αποκλειστικά στην επίδραση του περιβαλλοντικού κόστους. Έγιναν επιλογές τύπων πλοίων ξηρού φορτίου και εμπορευματοκιβωτίων, προκειμένου να πραγματοποιήσουμε τις αναλύσεις μας. Η επιλογή των πλοίων έγινε στοχευμένα βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων και όχι τυχαία, λαμβάνοντας υπόψη τη σημασία τους στο παγκόσμιο εμπόριο καθώς και της επίδρασης τους στο τελικό στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αναλυτικότερα ακολουθούν οι τύποι των πλοίων και η προσέγγιση των σεναρίων:

- Τύπος Πλοίου: Μεταφορά Ξηρού Φορτίου (Dry Bulk) – Πλοίο Panamax

Επιλέχθηκε πλοίο κατηγορίας Panamax με μέση χωρητικότητα περίπου 75.000 DWT το οποίο μεταφέρει σιτηρά (καλαμπόκι). Ο συγκεκριμένος τύπος πλοίου επιλέχθηκε ως καταλληλότερος δεδομένου ότι πολλά λιμάνια στη Νότια Αμερική αντιμετωπίζουν περιορισμούς βυθίσματος, περιορίζοντας τη δυνατότητα εξυπηρέτησης πλοίων μεγαλύτερου μεγέθους, όπως Capesize. Το παράδειγμα των σιτηρών είναι στοχευμένο καθώς είναι ένα από τα βασικά αγαθά της διατροφικής αλυσίδας και οποιαδήποτε αυξομείωση μπορεί να προκύψει στο κόστος της μεταφοράς έχει άμεσες επιπτώσεις στον πληθωρισμό των τροφίμων. Όσον αφορά τη μεταφορά η διαδρομή που επιλέχθηκε είναι από το λιμάνι του Santos (Βραζιλία) προς το λιμάνι του Rotterdam (Ολλανδία). Η Βραζιλία όσον αφορά το καλαμπόκι ηγείται στις πρόσφατες στατιστικές εξαγωγές, ενώ το λιμάνι του Rotterdam στην Ολλανδία, όπως είναι ήδη γνωστό, αποτελεί τον μεγαλύτερο ευρωπαϊκό εμπορικό κόμβο εισαγωγής (hub). Οπότε το συγκεκριμένο παράδειγμα καλύπτει πλήρως το πεδίο εφαρμογής EU ETS.

- Τύπος Πλοίου: Μεταφορά Εμπορευματοκιβωτίων (Containers) – Πλοίο Post-Panamax

Για τις ανάγκες μεταφοράς τελικών προϊόντων η ανάλυση βασίζεται σε πλοίο κατηγορίας Post-Panamax με χωρητικότητα περίπου 110.000 DWT (9.000 TEU). Σε αντίθεση με τις μη τακτικές

θαλάσσιες μεταφορές χύδην φορτίου (Tramp Shipping), στις τακτικές γραμμές (Liner Shipping) Ασίας-Ευρώπης χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο πλοία μεγάλης χωρητικότητας, ώστε να εξασφαλιστεί μεγαλύτερη αποδοτικότητα κόστους ή όπως ονομάζεται επίτευξη οικονομιών κλίμακας (economies of scale). Η εξέταση πλοίου μικρότερης χωρητικότητας θα αλλοίωνε το αποτέλεσμα της ανάλυσης, καθώς θα οδηγούσε σε μη ρεαλιστική αύξηση του κόστους ανά μονάδα προϊόντος, χωρίς να λαμβάνει υπόψη τις πραγματικές συνθήκες κόστους των logistics. Όσον αφορά το φορτίο στην ανάλυση περιλαμβάνονται τελικά καταναλωτικά αγαθά, συμπεριλαμβανομένων παπουτσιών και ηλεκτρονικών προϊόντων στην κύρια εμπορική γραμμή Άπω Ανατολής – Ευρώπης (Far East Trade). Σε πρακτικό επίπεδο, το δρομολόγιο ξεκινά από την Shanghai (Κίνα), με ενδιάμεσο σταθμό τον λιμάνι του Πειραιά (Ελλάδα) και κατάληξη στο λιμάνι του Rotterdam (Ολλανδία), ώστε να καλυφθεί το φάσμα της αγοράς τόσο της Νότιας όσο και της Βόρειας Ευρώπης.

2.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ (INCREMENTAL COST)

Βασικό στοιχείο της ερευνητικής προσέγγισης αποτελεί ο τρόπος υπολογισμού των οικονομικών επιβαρύνσεων. Είναι σημαντικό να διευκρινιστεί πως η ανάλυση δεν βασίζεται στον υπολογισμό της εκτίμησης ταξιδιού (voyage estimation) με πιθανό στόχο τον υπολογισμό του δείκτη χρονοναύλωσης (TCE – time charter equivalent). Ο δείκτης TCE απορρίπτεται, καθώς μετρά τα κέρδη και αποτυπώνει πρωτίστως την οικονομική απόδοση του πλοιοκτήτη, δεδομένου ότι επηρεάζεται άμεσα από την μεταβλητότητα της ναυλαγοράς και τις λειτουργικές εμπορικές δαπάνες, τα οποία αφορούν προμήθειες και λιμενικά τέλη, τα οποία στην συγκεκριμένη προσέγγιση δεν σχετίζονται άμεσα με τις περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις. Έτσι, η παρούσα μελέτη βασίζεται στην ανάλυση του επιπλέον κόστους (Incremental Cost Analysis), κατά την οποία εντοπίζονται τα κόστη που σχετίζονται αποκλειστικά με τις ανάγκες συμμόρφωσης στο ρυθμιστικό πλαίσιο (Regulatory Compliance Costs), δηλαδή δαπάνες που περιλαμβάνουν τόσο τα δικαιώματα των εκπομπών όσο και τη διαφορά στο κόστος μεταξύ συμβατικών και πράσινων καυσίμων.

Αφού έγινε πλέον ξεκάθαρο ότι δεν θα χρησιμοποιηθεί ο δείκτης TCE που αφορά τα κέρδη του πλοιοκτήτη, η έρευνα κατευθύνθηκε προς μια πιο πρακτική προσέγγιση, αυτής του επιμερισμού

του κόστους (cost allocation). Η βασική ιδέα είναι το περιβαλλοντικό κόστος να αποτελέσει έναν επιπλέον «λογαριασμό» ο οποίος πρέπει να εξοφληθεί μετά την ολοκλήρωση του κάθε ταξιδιού. Το κύριο ερώτημα που προκύπτει είναι το εξής: “Πόσο από αυτόν τον λογαριασμό επιβαρύνει τελικά κάθε μονάδα μεταφερόμενου φορτίου;” Προκειμένου λοιπόν να δώσουμε μια ουσιαστική και ορθή απάντηση στο ερώτημα μας, η σκέψη μας κατευθύνθηκε στην διαμόρφωση ενός μαθηματικού μοντέλου, με το οποίο στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνουν οι υπολογισμοί μας για να τεκμηριώσουμε την θέση μας. Η λογική αυτή της προσέγγισης είναι να δούμε αναλυτικά το κόστος της πρόσθετης επιβάρυνσης ως εξής:

Η πρόσθετη επιβάρυνση (Surcharge) είναι ίση με το σύνολο του περιβαλλοντικού κόστους (Ρύποι & Καύσιμα) διά το συνολικό φορτίο. Συγκεκριμένα, σε τύπο αυτό το μοντέλο μεταφράζεται ως:

$$\text{Surcharge} = \text{Total Voyage Cost (Emissions + Fuel Cost)} / \text{Total Transported Cargo}$$

Η συγκεκριμένη προσέγγιση είναι κεντρικής σημασίας με σημαντικό ρόλο στην παρούσα προσπάθεια μελέτης, καθώς μετατρέπει ένα ευρύτερο ναυτιλιακό κόστος, δηλαδή το κόστος ενός ταξιδιού, σε μετρήσιμη επιβάρυνση για την πραγματική οικονομία. Σε αυτό το σημείο, στο πλαίσιο μίας ρεαλιστικής προσέγγισης, συνυπολογίζεται στο συνολικό κόστος και το σκέλος του ταξιδιού με άδειο πλοίο (ballast leg). Κατά την προσέγγιση ενός πλοίου στο λιμάνι φόρτωσης, το πλοίο συνεχίζει να εκπέμπει ρύπους καθώς φυσικά και σε αυτή την περίπτωση γίνεται κατανάλωση καυσίμων, δημιουργώντας πρόσθετο κόστος που δεν μπορεί να αγνοηθεί κατά τον υπολογισμό της τελικής επιβάρυνσης. Βέβαια, για την ορθή αποτύπωση της μετακύλισης του κόστους μέχρι να φτάσει στον τελικό καταναλωτή, προκύπτει ότι η μεθοδολογία της κατανομής δεν μπορεί να εφαρμοστεί ενιαία, αλλά απαιτεί διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο τύπων πλοίων που εξετάζονται:

- Αναφορικά με τον τομέα των σιτηρών (Dry Bulk): Η λογική κατανομής του κόστους παρουσιάζει γραμμική μορφή. Σε ένα πλοίο μεταφοράς χύδην φορτίου, το εμπόρευμα είναι ομοιογενές ως προς την μορφή του. Επομένως, η μέθοδος υπολογισμού προκύπτει απευθείας από την διαίρεση του συνολικού πρόσθετου περιβαλλοντικού κόστους αναλογικά με τους μεταφερόμενους τόνους φορτίου. Ο δείκτης αυτός είναι ιδιαίτερα

σημαντικός, διότι οι τυχόν αυξήσεις του μεταφορικού κόστους επηρεάζουν άμεσα τον πληθωρισμό βασικών ειδών.

- Όσον αφορά τον τομέα των εμπορευματοκιβωτίων (Containers): Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η σκέψη της ερευνητικής μελέτης του μοντέλου, κινήθηκε υποχρεωτικά σε μοντέλο δύο σταδίων, με δεδομένο φυσικά το γεγονός ότι τα πλοία στην liner ναυτιλία τακτικών γραμμών μεταφέρουν ετερογενή και έτοιμα φορτία (finished goods). Ο υπολογισμός συνεπώς δεν μπορεί να παραμείνει στον τόνο όπως στην περίπτωση των ομοιογενών φορτίων. Σε αυτή την περίπτωση το κόστος διανέμεται ανά εμπορευματοκιβώτιο μετρήσιμα σε TEU. Συνεχίζοντας την σκέψη, επειδή ο τελικός καταναλωτής όπως είναι λογικό αγοράζει μεμονωμένα προϊόντα, η μεθοδολογία που ακολουθείται προβλέπει και ακόμη μία διαίρεση, εξετάζοντας στην πράξη πόσα περίπου τεμάχια χωράνε σε ένα TEU.

2.5 ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (DATA SOURCES)

Ένα σημαντικό στάδιο του ερευνητικού σχεδίου είναι η εξασφάλιση των αξιόπιστων πηγών δεδομένων για τη διασφάλιση εγκυρότητας των ποσοτικών στοιχείων. Επομένως, κρίθηκε αναγκαίο να μην χρησιμοποιηθούν αυθαίρετες εκτιμήσεις. Η άντληση αξιόπιστων πηγών έγινε αποκλειστικά από επίσημες και διεθνώς θεσμικά αναγνωρισμένες πηγές. Πιο συγκεκριμένα:

- Για τα δρομολόγια και τις γεωγραφικές αποστάσεις αξιοποιήθηκαν αποδεκτοί ψηφιακοί ναυτιλιακοί πίνακες αποστάσεων (Sea Distances).
- Για τα κανονιστικά και τεχνικά χαρακτηριστικά όπως η κατανάλωση των πλοίων, οι συντελεστές εκπομπών), οι υπολογισμοί βασίζονται στους συντελεστές εκπομπών που ορίζονται από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO).
- Για τα οικονομικά δεδομένα των καυσίμων και των ρύπων, οι τιμές αντλήθηκαν από επίσημους δείκτες, όπως το Ευρωπαϊκό Χρηματιστήριο Ενέργειας (EEX) και το Ship & Bunker, όπως αυτές επικαιροποιήθηκαν στις αρχές του 2026.

2.6 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η αγορά της ναυτιλίας δεν λειτουργεί αποκλειστικά με αριθμητικά μοντέλα, αλλά λειτουργεί σε συνθήκες αβεβαιότητας και δυναμικής μεταβλητότητας, αποτελώντας ένα σύνθετο οικονομικό σύστημα με έντονα συμπεριφορικά χαρακτηριστικά. Τα ποσοτικά εργαλεία επιτρέπουν τον προσδιορισμό του ύψους του κόστους συμμόρφωσης, ωστόσο δεν επαρκούν στο να αποδώσουν πλήρως τις στρατηγικές αντιδράσεις των εμπλεκόμενων μερών.

Ως εκ τούτου, η μεθοδολογία μας δεν περιορίζεται στην ποσοτική ανάλυση, αλλά ενισχύεται από ένα συμπληρωματικό σκέλος ποιοτικής προσέγγισης. Μέσω της άντλησης εμπειρικών και γενικών απόψεων και πληροφοριών επαγγελματιών της αγοράς τόσο του ναυτιλιακού κλάδου όσο και του ευρωπαϊκού ρυθμιστικού πλαισίου, η προσέγγιση αυτή εξυπηρετεί δύο βασικούς σκοπούς: Αφενός, την διασταύρωση των υπολογιστικών παραμέτρων στην πραγματική αγορά και αφετέρου την κατανόηση του γενικότερου πνεύματος της κανονιστικής λογικής του νομοθέτη που υιοθετείται σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, πίσω από την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει». Αυτή η ποιοτική προσέγγιση έχει καθαρά υποστηρικτικό χαρακτήρα. Σκοπός της είναι να μας βοηθήσει να κατανοήσουμε ορθότερα τα υπολογιστικά αποτελέσματα που θα προκύψουν, συμβάλλοντας στη διαμόρφωση πιο ώριμων ερμηνειών, ενισχύοντας την πρακτική αξία των τελικών διαπιστώσεων, χωρίς ωστόσο να συνεπάγεται πλήρη ποιοτική μελέτη και τυχόν αναλύσεις συνεντεύξεων.

2.7 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΕΡΜΗΝΕΥΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Φτάνοντας στο τέλος του σχεδιασμού του μεθοδολογικού πλαισίου, κρίνεται αναγκαία η αποσαφήνιση των περιορισμών στα πλαίσια της επιστημονικής πληρότητας και για λόγους μεθοδολογικής διαφάνειας. Η διεθνής ναυτιλία αποτελεί μια αγορά ακραίας μεταβλητότητας (volatility) και υψηλής αβεβαιότητας, καθώς διακρίνεται από έντονες διακυμάνσεις των τιμών όπου επηρεάζονται άμεσα από εξωγενείς παράγοντες. Επομένως, οι επιλεγμένες τιμές των καυσίμων και δικαιωμάτων ρύπων αποτελούν μια στιγμιαία απεικόνιση της τρέχουσας αγοράς αυτή την περίοδο. Η αξία της έρευνας δεν συνδέεται με την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών καυσίμων, αλλά την αποκωδικοποίηση του οικονομικού μηχανισμού που ενεργοποιείται μέσω της κανονιστικής επιβάρυνσης. Το συγκεκριμένο μοντέλο λειτουργεί ως εργαλείο για να

κατανοήσουμε τη δομική σχέση μεταξύ του περιβαλλοντικού κόστους που προκύπτει και της τελικής τιμής του προϊόντος. Ως εκ τούτου, ακόμη και αν τα επίπεδα τιμών διαφοροποιηθούν, η λογική της επιβάρυνσης και η μαθηματική διαδικασία που ακολουθούνται, παραμένουν θεωρητικά συνεπείς και πρακτικά εφαρμόσιμες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ (SCENARIO ANALYSIS)

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Εισάγοντας το παρόν κεφάλαιο, γίνεται πρακτική εφαρμογή του μεθοδολογικού πλαισίου που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, όπου αναλύθηκε η μέθοδος που θα ακολουθηθεί, με κύριο σκοπό την ποσοτική τεκμηρίωση της οικονομικής επιβάρυνσης που συνεπάγεται η ενεργειακή πράσινη μετάβαση στην εφοδιαστική αλυσίδα. Προκειμένου η έρευνα να μην περιοριστεί σε ένα καθαρά θεωρητικό και ίσως μη ρεαλιστικό σχήμα, αλλά να αποτυπώνουν την πολυπλοκότητα και τις πραγματικές συνθήκες της ναυτιλιακής δραστηριότητας, η ανάλυση οργανώνεται πάνω σε ρεαλιστικά σενάρια ταξιδιών (voyage scenarios), λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες που συχνά δεν εξετάζονται επαρκώς.

Η σύνδεση της θεωρητικής ανάλυσης με την πρακτική εφαρμογή, δηλαδή από το μακροοικονομικό επίπεδο στο επίπεδο της επιχείρησης, προϋποθέτει την αναγκαία κατανόηση του μηχανισμού διαμόρφωσης και τιμολόγησης του ναύλου. Όπως έγινε ήδη γνωστό στον σχεδιασμό της ποιοτικής έρευνας, η οποία βασίστηκε σε ανταλλαγή απόψεων με ενεργούς επαγγελματίες της αγοράς, είναι και η προσμέτρηση του ballast ταξιδιού στον υπολογισμό της συνολικής δαπάνης, ιδίως σε αγορές όπου το ballast αποτελεί ουσιώδες μέρος της σύμβασης ναύλωσης, όπως στον τομέα του ξηρού φορτίου.

Στην πράξη σε όρους ναυτιλιακής πραγματικότητας, τα πλοία σπανίως βρίσκονται στη σωστή γεωγραφική θέση, δηλαδή την επιθυμητή χρονική στιγμή που θα προκύψει η κάθε ναύλωση στο λιμάνι φόρτωσης. Μεσολαβεί ένας σημαντικός χρόνος ταξιδιού μετακίνησης επανατοποθέτησης (positioning voyage), κατά το οποίο το πλοίο ταξιδεύει χωρίς φορτίο, έτσι ώστε το να προσεγγίσει τον σταθμό εκκίνησης. Κατά τη διάρκεια αυτού το πλοίο δεν δύναται να παράξει μεταφορική

δραστηριότητα, όμως αυτό δεν σημαίνει ότι δεν καταναλώνει μεγάλες ποσότητες καυσίμων με αποτέλεσμα και σε αυτή την περίπτωση να εκπέμπει ρύπους (CO₂). Η ενσωμάτωση και αυτής της παραμέτρου του ballast, ενισχύει την ρεαλιστικότητα του μοντέλου και προσεγγίζει με καλύτερο τρόπο τις πραγματικές πρακτικές της βιομηχανίας (industry standard approach).

3.2 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Για να ποσοτικοποιηθεί το φαινόμενο του πράσινου πληθωρισμού “greenflation” που επισημάνθηκε στη βιβλιογραφική ανασκόπηση, το μοντέλο αναπτύσσεται σε δύο διαφοροποιημένα σενάρια, διακριτά τόσο χρονικά όσο και τεχνολογικά για κάθε τύπο πλοίου που θα εξεταστεί. Κρατώντας σταθερές τις γεωγραφικές διαδρομές “ceteris paribus” και την ποσότητα του μεταφερόμενου φορτίου, οι υποθέσεις των σεναρίων ορίζονται ως εξής:

- Τρέχον Καθεστώς της Αγοράς (Baseline Scenario): Προσπαθεί να αποτυπώσει τις υφιστάμενες συνθήκες του ισχύον κανονιστικού και εμπορικού περιβάλλοντος της ναυτιλιακής αγοράς (με έτος αναφοράς το 2026). Στην συγκεκριμένη φάση το πλοίο καταναλώνει συμβατικό καύσιμο με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο (VLSFO), ενώ παράλληλα υπάγεται και στο καθεστώς τιμολόγησης εκπομπών άνθρακα του συστήματος της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU ETS). Ένα σημαντικό σημείο που αξίζει να επισημανθεί είναι πως το 2026 λειτουργεί ως ένα έτος ορόσημο για την ναυτιλιακή βιομηχανία, καθώς σύμφωνα με την αναθεωρημένη οδηγία (ΕΕ) 2023/959, το ευρωπαϊκό σύστημα εμπορίας εκπομπών ρύπων τίθεται από δω και στο εξής σε πλήρη πλέον εφαρμογή (100% phase in για το μέρος των εκπομπών που υπάγεται στον κανονισμό, έναντι του 40% το 2024 και το 70% αντίστοιχα του 2025). Η συνολική οικονομική επιβάρυνση που προκύπτει σε αυτό το σενάριο αποτυπώνεται στο άθροισμα του κόστους προμήθειας καυσίμου και σε συνδυασμό με την οικονομική υποχρέωση αγοράς δικαιωμάτων ρύπων (EUAs).
- Καθεστώς Πράσινης Μετάβασης (Green Transition): Γίνεται προσπάθεια εξέτασης του καθεστώτος ολοκληρωτικής στροφής και υιοθέτησης εναλλακτικών καυσίμων μηδενικού αποτυπώματος άνθρακα στην ναυτιλία (Zero Carbon Fuels). Σε αυτό το μοντέλο, δεν

απαιτείται πλέον η ανάγκη δαπάνης για αγορά δικαιωμάτων ρύπων (EU ETS) μηδενίζονται εντελώς, παρέχοντας έμμεσο οικονομικό κίνητρο και όφελος για μηδενικές εκπομπές στο πλοίο. Παρόλα αυτά, το κόστος αυτό δεν εξαφανίζεται αλλά ανακατανέμεται. Η συνολική δαπάνη αυξάνεται ραγδαία λόγω της αυξημένης πλέον τιμολόγησης του πράσινου καυσίμου αυτό που στην βιβλιογραφία αναφέραμε ξανά με τον όρο “green premium” και της σημαντικά χαμηλότερης ενεργειακής πυκνότητας, οδηγώντας σε ανάγκη αύξησης των ποσοτήτων κατανάλωσης καυσίμου για το ίδιο ακριβώς ταξίδι.

3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΩΣ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΟ ΣΗΜΕΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (PROXY)

Σε αυτό το σημείο, είναι απαραίτητο να τεκμηριωθεί η επιλογή του καυσίμου που θα χρησιμοποιηθεί στο μοντέλο της ανάλυσης. Η πράσινη μεθανόλη ως εναλλακτικό καύσιμο είναι αυτό που επιλέγεται για να εισαχθεί στο σενάριο της πράσινης μετάβασης. Χρειάζεται να υπογραμμιστεί πως ο ναυτιλιακός κλάδος διανύει μία έντονη περίοδο ταχείας τεχνολογικής καινοτομίας και ασταθούς ρυθμιστικού πλαισίου. Μέχρι και σήμερα, δεν έχει υπάρξει οριστική συμφωνία σχετικά με το επικρατέστερο ενεργειακό πρότυπο που θα αποτελέσει τον νέο βιομηχανικό κανόνα. Η τάση της αγοράς δείχνει ξεκάθαρα ένα μέλλον πολλαπλών ενεργειακών λύσεων (multi fuel era), κατά το οποίο επιλογές όπως η αμμωνία (green ammonia) και το υδρογόνο (hydrogen), εμφανίζονται ως ιδιαίτερα τεχνολογικά ελκυστικές και πιθανώς να καταστούν βασικές λύσεις στο μακροπρόθεσμο ορίζοντα.

Ωστόσο, για το πλαίσιο αυτής της έρευνας, η προσπάθεια κάλυψης κάθε ενδεχόμενου μελλοντικού καυσίμου στα μοντέλα που θα πραγματοποιηθούν στην επόμενη υποενότητα θα καθιστούσε την ανάλυση λιγότερο στοχευμένη και θα αποπροσανατόλιζε την έρευνα από το βασικό σκοπό της: την μικροοικονομική ανάλυση της μετάβασης του κόστους στις τιμές των προϊόντων. Το σενάριο με την πράσινη μεθανόλη δεν συνεπάγεται λοιπόν ότι αποτελεί την απόλυτη και μοναδική λύση τεχνολογικά για την αγορά. Η επιλογή έγινε καθαρά για λόγους μεθοδολογίας, ως ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα καυσίμου (proxy fuel), επειδή την δεδομένη

χρονική στιγμή, μας παρέχει συγκριτικά με τα άλλα επαρκή εμπορική ετοιμότητα (market readiness) για εμπορική αξιοποίηση.

Για να γίνουμε πιο επεξηγηματικοί, η τεχνολογία dual fuel methanol engines δηλαδή οι κινητήρες διπλού καυσίμου, βρίσκεται ήδη σε φάση εμπορικής εκμετάλλευσης με αρκετά μεγάλο αριθμό πλοίων τέτοιου τύπου να λειτουργούν ήδη σε εμπορικές γραμμές και οι αρχικές υποδομές ανεφοδιασμού (bunkering) να βρίσκονται υπό εξέλιξη. Ως αποτέλεσμα, μας δίνεται το πλεονέκτημα να έχουμε προς χρήση μετρήσιμα δεδομένα κόστους καυσίμου για τις τρέχουσες τιμές στην ελεύθερη αγορά.

Από την άλλη, λύσεις όπως η πράσινη αμμωνία που προαναφέραμε, παρά το υψηλό δυναμικό και τις προοπτικές που διαθέτει, βρίσκονται σε ακόμη πρώιμο στάδιο και απαιτούν σημαντική πρόοδο τόσο σε υποδομές bunkering όσο και σε θέματα κανονιστικής συμμόρφωσης ασφαλείας. Η εκτίμηση των τρεχουσών τιμών αυτών των καυσίμων (spot prices) θα είχε υποθετικό χαρακτήρα και δεν θα επέτρεπε την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων. Για τον λόγο αυτό, ως αντιπροσωπευτικό καύσιμο επιλέγουμε την πράσινη μεθανόλη ως πιο αξιόπιστο δείγμα μελέτης, προκειμένου να μας αποτυπώσει μία πιο ρεαλιστική εικόνα και μετρήσιμη εκτίμηση του μεγέθους του “green premium” που θα κληθεί να επωμιστεί η αγορά, ανεξαρτήτως φυσικά από το ποιο καύσιμο zero emissions θα επιλεγεί στο μέλλον.

3.4 ΣΕΝΑΡΙΟ 1: ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΙΤΗΡΩΝ ΜΕ ΠΛΟΙΟ ΤΥΠΟΥ PANAMAX

Η πρώτη μελέτη περίπτωσης, εξετάζει την μεταφορά ενός βασικού διατροφικού προϊόντος το καλαμπόκι, σε μία από τις σημαντικότερες εμπορικές διαδρομές παγκοσμίως που συνδέει τη Νότια Αμερική με την ευρωπαϊκή αγορά. Η επιλογή του συγκεκριμένου φορτίου δεν έγινε τυχαία καθώς το καλαμπόκι έχει ιδιαίτερη οικονομική σημασία. Τα σιτηρά είναι εμπορεύματα ανελαστικής ζήτησης (inelastic demand), δηλαδή η ζήτηση τους παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από τις μεταβολές στην τιμή, καθώς συνδέονται άμεσα με την παγκόσμια επισιτιστική σταθερότητα και την παραγωγή ζωοτροφών. Συνεπώς, οποιαδήποτε αύξηση ναύλου στο κόστος μεταφοράς μεταφέρεται σχεδόν άμεσα και επηρεάζει έντονα τον πληθωρισμό των τροφίμων.

Η συγκεκριμένη προσέγγιση βασίζεται στην υπόθεση της απόλυτης μετακύλισης της επιβάρυνσης στον ναύλο, κατά το οποίο ανά περιπτώσεις ο πλοιοκτήτης/ναυλωτής μεταφέρει το σύνολο της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης στο μεταφερόμενο φορτίο.

3.4.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Για τις ανάγκες της ποσοτικής ανάλυσης του μοντέλου, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί ένα τυπικό πλοίο μεταφοράς χύδην φορτίου (bulk carrier) τύπου Panamax με συνολική χωρητικότητα 75.000 DWT (Deadweight Tonnage). Προκειμένου το μοντέλο να διασφαλίσει ότι ανταποκρίνεται πλήρως στις πραγματικές συνθήκες της ναύλωσης, το καθαρό φορτίο που μεταφέρεται (deadweight cargo capacity) εκτιμήθηκε στους 70.000 τόνους καλαμποκιού. Αυτό προκύπτει καθώς για την εκτέλεση του ταξιδιού πρέπει να αφαιρεθούν από την συνολική χωρητικότητα τα απαιτούμενα λειτουργικά φορτία (bunkers, προμήθειες, αποθέματα ύδατος) όπως και τα περιθώρια ασφαλείας (safety margins) και η σταθερά του πλοίου (vessel's constant). Επιπλέον, στο όριο φόρτωσης ενσωματώνεται ο συντελεστής στοιβασίας (stowage factor) του καλαμποκιού, δεδομένου ότι ο όγκος του καλαμποκιού τείνει να καταλαμβάνει σημαντικό χώρο των αμπαριών (grain capacity), πριν επιτευχθεί το μέγιστο επιτρεπόμενο βύθισμα του πλοίου.

Το δρομολόγιο που εξετάζεται ενώνει το λιμάνι του Santos στην Βραζιλία με το λιμάνι του Rotterdam στην Ολλανδία. Η γεωγραφική απόσταση που το πλοίο ταξιδεύει έμφορτο (laden voyage) εκτιμάται σε 5.300 ναυτικά μίλια, όπως υπολογίστηκε με το εργαλείο υπολογισμού αποστάσεων Sea – Distances. Παράλληλα, λαμβάνεται υπόψη και το ταξίδι που πραγματοποίησε το πλοίο για να φτάσει στο λιμάνι του Santos και να παραλάβει το φορτίο. Υποθέτουμε πως το πλοίο χρειάστηκε να ταξιδέψει άδειο ενδεικτικά από περιοχή της Δυτικής Αφρικής προς το λιμάνι φόρτωσης και ενσωματώνουμε ballast voyage 1.500 ναυτικών μιλίων στον υπολογισμό μας.

Ορίζοντας μια τυπική μέση ταχύτητα πλεύσης 13 κόμβων (knots), ο χρόνος πλεύσης που απαιτείται για το έμφορτο ταξίδι ανέρχεται στις 17 μέρες και μέρες αντίστοιχα για το ballast voyage (ταξίδι συνολικής διάρκειας sea time 22 ημερών). Παρακάτω παρατίθεται αναλυτικά ο τρόπος υπολογισμού των ημερών:

Ο τύπος που χρησιμοποιήθηκε είναι ο τύπος υπολογισμού του χρόνου ταξιδιού.

(Χρόνος = Απόσταση / Ταχύτητα)

Με δεδομένο ότι ο 1 κόμβος ισούται με 1 ναυτικό μίλι ανά ώρα, το πλοίο θα διανύσει ανά ημέρα 312 ναυτικά μίλια (13 μίλια/ώρα * 24 ώρες).

- Laden: 5.300 ναυτικά μίλια / 312 ανά ημέρα = 16,98 ημέρες (στρογγυλοποίηση 17 ημέρες)
- Ballast: 1.500 ναυτικά μίλια / 312 ανά ημέρα = 4,80 ημέρες (στρογγυλοποίηση 5 ημέρες)
- Total Sea Time: 17 + 5 = 22 ημέρες πλεύσης

Προχωρώντας, για να προσδιορίσουμε την ημερήσια κατανάλωση καυσίμου, η οποία αποτελεί σημαντική μεταβλητή για το μοντέλο, στηριχθήκαμε σε αναγνωρισμένες ναυτιλιακές πηγές (industry benchmarks). Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τα παραρτήματα της 4^{ης} μελέτης του IMO (4th IMO GHG Study 2020), η τυπική ημερήσια κατανάλωση για bulk carries με μέγεθος 60.000 – 99.999 DWT κυμαίνεται μεταξύ 30 έως 34 τόνους ανά ημέρα, σύμφωνα πάντα με την ταχύτητα πλεύσης. Σε συνδυασμό με διαθέσιμα τεχνικά στοιχεία κατασκευαστών κινητήρων, η ημερήσια κατανάλωση για 13 κόμβους εκτιμάται στους 32 τόνους σε συνθήκες laden. Αντίστοιχα, όσον αφορά το ballast ταξίδι, δεδομένου ότι το πλοίο ταξιδεύει χωρίς φορτίο, συνεπάγεται με μικρότερο αισθητά βύθισμα, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η υδροδυναμική αντίσταση και η απαιτούμενη ισχύς της κύριας μηχανής. Σύμφωνα με αυτόν τον κανόνα, προκύπτει εξοικονόμηση καυσίμου κατά 10% έως 15% σε σχέση με τις συνθήκες laden, διαμορφώνοντας την εκτίμηση σε 28 τόνους κατανάλωσης ανά ημέρα.

Με στόχο την εξασφάλιση της εγκυρότητας των αριθμητικών και υπολογιστικών εκτιμήσεων, τα τεχνικά και οικονομικά δεδομένα της ανάλυσης βασίστηκαν σε έγκυρες, δημοσίως διαθέσιμες πηγές της ναυτιλιακής αγοράς. Οι τιμές για τα καύσιμα (VLSFO και Methanol) αποτυπώνουν τις τρέχουσες εκτιμήσεις της spot αγοράς για τις αρχές του 2026 και ειδικά του πρώτου τριμήνου. Επιπλέον, η αποτίμηση για το δικαίωμα εκπομπών (EUA) αντανακλά την τρέχουσα χρηματιστηριακή αξία στο πλαίσιο του EU ETS, ενώ οι παράγοντες μετατροπής ενέργειας και

εκπομπών βασίζονται στα επίσημα πρότυπα που έχει εκδώσει ο ΙΜΟ. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα βασικά δεδομένα και οι κύριες παράμετροι του σεναρίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.α: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΑΞΙΔΙΟΥ - ΠΛΟΙΟΥ PANAMAX (SANTOS – ROTTERDAM)

Παράμετροι	Τιμές / Δεδομένα
Τύπος Πλοίου & Χωρητικότητα	Panamax Bulk Carrier 75.000 DWT
Καθαρό Μεταφερόμενο Φορτίο	70.000 τόνοι καλαμποκιού
Λιμάνι Αναχώρησης	Santos, Βραζιλία
Λιμάνι Προορισμού	Rotterdam, Ολλανδία
Αποστάσεις (Laden / Ballast)	5.430 ν.μ. / 1.500 ν.μ.
Sea-Time (Laden / Ballast)	17,4 ημέρες (στρογγυλ. 17) / 5 ημέρες
Ημερήσια Κατανάλωση (Laden / Ballast)	32 τόνοι / 28 τόνοι
Τιμή Συμβατικού Καυσίμου (VLSFO)	535,50\$ / ανά τόνο (23/02/2026)
Τιμή Πράσινης Μεθανόλης (e-Methanol)	1.000\$ / ανά τόνο
Τιμή Δικαιώματος Ρύπων (EUA – EU ETS)	75\$ / ανά τόνο CO ₂

3.4.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΑΞΙΔΙΟΥ

Προκειμένου να υπολογιστεί το συνολικό κόστος ενέργειας και ρύπων, η βασική αφετηρία του μαθηματικού μοντέλου είναι η αποτύπωση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης του ταξιδιού, σε όλη την έκταση του εκτελούμενου δρομολογίου. Σύμφωνα με τα δεδομένα που

έχουμε καταγράψει στον παραπάνω πίνακα, η πραγματική ναυτιλιακή απόσταση του έμφορτου δρομολογίου που διανύεται από το λιμάνι του Santos στο λιμάνι του Rotterdam φτάνει τα 5.430 ναυτικά μίλια (Sea Distances). Λαμβάνοντας υπόψη την σταθερή ταχύτητα πλεύσης 13 κόμβων, ο υπολογιζόμενος χρόνος ταξιδιού φτάνει τις 17,4 ημέρες (17 ημέρες και 10 ώρες). Παρόλα αυτά, για να είναι ευκολότερη η μαθηματική επεξεργασία του μοντέλου και με βάση την καθιερωμένη μέθοδο που συνυπολογίζεται weather routing, η χρονική διάρκεια του δρομολογίου στρογγυλοποιείται σε 17 πλήρεις μέρες. Βάσει των δεδομένων λοιπόν, η εκτίμηση πραγματοποιείται υπολογίζοντας ξεχωριστά τα δύο μέρη της διαδρομής:

- Έμφορτο μέρος (Laden): 17 ημέρες * 32 τόνοι/ημέρα = 544 τόνοι
- Υπό Έρμα (Ballast): 5 ημέρες * 28 τόνοι/ημέρα = 140 τόνοι

Προσθέτοντας τα δύο παραπάνω, η συνολική κατανάλωση καυσίμου προκύπτει ως εξής:

544 τόνοι + 140 τόνοι = 684 τόνοι καυσίμου.

Η συνολική αυτή κατανάλωση καυσίμου που μόλις υπολογίσαμε των 684 τόνων θα λειτουργήσει ως η βασική παράμετρος υπολογισμού του σεναρίου. Με ήδη δεδομένο αυτό το σταθερό επίπεδο κατανάλωσης καυσίμου, θα προστεθούν στην συνέχεια τα αντίστοιχα στοιχεία κόστους και εκπομπών, με στόχο την αποτίμηση της διαφοράς μεταξύ δύο εναλλακτικών μοντέλων λειτουργίας.

3.4.3 ΚΟΣΤΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ (VLSFO & EU ETS)

Προχωρώντας στο πλαίσιο της ανάλυσης κόστους, το σενάριο εξετάζει την παρούσα λειτουργική πραγματικότητα, κατά το οποίο το πλοίο καταναλώνει συμβατικό καύσιμο χαμηλό σε περιεκτικότητα θείου (VLSFO). Καθώς το συγκεκριμένο δρομολόγιο που εξετάζεται έχει ως αφετηρία λιμάνι εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης το οποίο βρίσκεται στη Βραζιλία και φθάνει σε λιμάνι εντός ευρωπαϊκού εδάφους στην Ολλανδία, εντάσσεται στο πεδίο ρυθμίσεων του συστήματος τιμολόγησης των εκπομπών (EU ETS) για τα γνωστά “extra EU” δρομολόγια. Σύμφωνα με την οδηγία που θεσπίζει η Ευρωπαϊκή Ένωση, για τα συγκεκριμένα δρομολόγια ο πλοιοκτήτης έχει υποχρέωση παράδοσης δικαιωμάτων εκπομπών (EUAs) για ποσοστό 50% των συνολικών ρύπων που παράγει.

Για να προσδιορίσουμε αριθμητικά την επιβάρυνση, αξιοποιούμε την συνολική κατανάλωση των 684 τόνων που ήδη έχουμε υπολογίσει και συνδυάζουμε τις τιμές της αγοράς ως εξής:

- Υπολογισμός Fuel Cost: Καθώς οι τιμές των marine fuels διαρκώς δέχονται έντονες διακυμάνσεις, ώστε να διατηρηθεί η αξιοπιστία του υποδείγματος, αντλήθηκαν δεδομένα από ανοιχτής πρόσβασης πλατφόρμα ναυτιλιακών τιμών Ship & Bunker, με σημείο αναφοράς τον παγκόσμιο ημερήσιο δείκτη Global 20 Ports Average. Κατά τον χρόνο συγγραφής του σεναρίου (23/02/2026), η τιμή spot του VLSFO ανέρχεται ακριβώς στα 535,50\$ ανά τόνο.

Άρα, υπολογίζεται ως εξής: $684 \text{ τόνοι} * 535,50\$ = 366.282\$$ το συνολικό κόστος καυσίμου

- Υπολογισμός EU ETS Cost: Σύμφωνα με τον Κανονισμό EU MRV 2015/757 και τις οδηγίες του IMO, ο συντελεστής εκπομπών (emission factor) για τα συμβατικά καύσιμα (VLSFO) είναι μία μη μεταβαλλόμενη σταθερά που εφαρμόζεται παγκόσμια. Ο συντελεστής είναι 3,114 και σημαίνει πρακτικά ότι κάθε τόνος καταναλώσιμου καυσίμου παράγει 3,114 τόνους διοξειδίου του άνθρακα. Όποτε για το δικό μας σενάριο οι συνολικές παραγόμενες εκπομπές έχουν ως εξής:

$684 \text{ τόνοι καυσίμου} * 3,114 = 2.130 \text{ τόνοι διοξειδίου του άνθρακα (CO}_2\text{)}$

Αφού το δρομολόγιο ξεκινά από λιμάνι που βρίσκεται εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης (Βραζιλία), το νομοθετικό πλαίσιο του EU ETS επιβαρύνει την αγορά δικαιωμάτων ρύπων μόνο για το μισό του ταξιδιού. Οπότε, ο υπολογισμός περιορίζεται στο μισό των συνολικών εκπομπών:

$2.130 \text{ τόνοι CO}_2 * 50\% = 1.065 \text{ φορολογήσιμοι τόνοι διοξειδίου του άνθρακα (CO}_2\text{)}$

Σύμφωνα με την τιμή του χρηματιστηρίου η τιμή για κάθε τόνο δικαιώματος ανέρχεται στα 75\$, άρα η τελική τιμή επιβάρυνσης για τον πλοιοκτήτη ορίζεται:

$1.065 \text{ τόνοι} * 75\$ = 79.875\$$ συνολικά.

- Υπολογισμός Συνολικού Κόστους και Τελική Επιβάρυνση (Freight Surcharge): Προσθέτοντας τα δύο παραπάνω ποσά που υπολογίσαμε, το κόστος που αγοράζουμε το

συμβατικό καύσιμο και το κόστος αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών ρύπων το συνολικό μεταβλητό κόστος του δρομολογίου είναι: $366.282\$, + 79.875\$, = 446.157\$,$.

Η κύρια πρόκληση για την αγορά της ναυτιλίας είναι πως αυτό το αυξημένο κόστος επιβαρύνει την ίδια την αξία του προϊόντος. Με βάση τη μακροοικονομική αρχή ότι το κόστος μετακυλά (cost pass through), διαιρούμε το συνολικό κόστος με την ποσότητα του φορτίου που μεταφέρουμε για να βρούμε την επιβάρυνση ανά τόνο καλαμποκιού: $446.157\$, / 70.000 \text{ τόνοι} = 6,37\$,$ ανά τόνο

Οικονομική Ερμηνεία των Αποτελεσμάτων: Τα αποτελέσματα αυτού του υπολογισμού αποτυπώνουν τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί σήμερα η ναυλαγορά των bulk carriers. Το τρέχων καθεστώς τιμολόγησης του ευρωπαϊκού μηχανισμού των εκπομπών ρύπων, σε συνάρτηση με την παρούσα τιμή του καυσίμου, επιβαρύνει το κόστος μεταφοράς κατά 6,37 δολάρια ανά τόνο καλαμποκιού. Εφόσον επιμερίσουμε το κόστος αυτό στη μονάδα κατανάλωσης ή του παραγωγού ζωοτροφών, το επιπλέον κόστος αντιστοιχεί σε μόλις 0,0063\$ ανά μονάδα κιλού, κάτι περισσότερο δηλαδή από μισό σεντ του δολαρίου. Είναι εμφανές ότι, χάρη στις σημαντικές οικονομίες κλίμακας (economies of scale) οι οποίες καθίστανται εφικτές λόγω της υψηλής μεταφορικής ικανότητας των 70.000 τόνων ενός πλοίου κατηγορίας Panamax, η συνολική επιβάρυνση κατανέμεται ομαλά στο σύνολο της ποσότητας. Επομένως, σύμφωνα με το σενάριο που μόλις αναλύθηκε, το επιπλέον κόστος συμμόρφωσης κρίνεται οικονομικά απορροφήσιμο, χωρίς να δημιουργεί ισχυρές πληθωριστικές επιδράσεις στη διαμόρφωση των τελικών τιμών βασικών αγαθών.

3.4.4 ΚΟΣΤΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΜΕΘΑΝΟΛΗΣ

Συνεχίζοντας την μελέτη περίπτωσης θα αναλύσουμε το δεύτερο σκέλος του σεναρίου που αφορά την εκτίμηση για την πράσινη μεθανόλη. Η υπόθεση που έγινε παραπάνω συνεχίζει να ισχύει και θεωρούμε ότι το ίδιο πλοίο τύπου Panamax 75.000 DWT, λειτουργεί πλέον με αναβαθμισμένο διπλό κινητήρα καυσίμου (dual fuel) και καλύπτει την ίδια απόσταση 5.300 ν.μ. με 70.000 τόνους φορτωμένου καλαμποκιού και βασίζεται εξ ολοκλήρου στην κατανάλωση πράσινης μεθανόλης (e-methanol).

Για να διασφαλίσουμε την αναλυτική συνέπεια των υπολογισμών, τα σχετικά στοιχεία για το εναλλακτικό καύσιμο βασίστηκαν από ελεύθερης πρόσβασης πηγές διεθνών οργανισμών, δεδομένου ότι η μεθανόλη έχει δύο σημαντικές διαφορές σε σχέση με το προηγούμενο συμβατικό καύσιμο πετρελαίου (VLSFO) που ήδη αναλύσαμε:

1. Στο κόστος του καυσίμου: Σε τελείως διαφορετική λογική από το συμβατικό VLSFO, το οποίο καθημερινά λαμβάνει συνεχώς διαφορετικές τιμολογήσεις στη spot αγορά, η πράσινη μεθανόλη βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο επίπεδο εμπορικής ανάπτυξης και οικονομικών κλίμακας. Όπως αναφέρουν επίσημες εκτιμήσεις του Διεθνούς Φορέα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (IRENA) και η έκθεση Renewable Methanol, το τρέχον κόστος ανά δολάριο παραγωγής κυμαίνεται από 800 έως 1.600\$. Προκειμένου λοιπόν να χρησιμοποιήσουμε μία ενδεικτική και όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτική τιμή για την εκτίμηση μας, λαμβάνουμε ως αναφορά η μέση τιμή των 1.000\$ ανά τόνο φορτίου.
2. Στην κατανάλωση και στην ενεργειακή πυκνότητα: Ανά τόνο φορτίου η μεθανόλη παρουσιάζει σαφώς μικρότερη αποδιδόμενη ενέργεια σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα. Όπως βλέπουμε από τα τεχνικά στοιχεία του Methanol Institute καθίσταται αναγκαία η εφαρμογή συντελεστή μετατροπής 2,1. Λειτουργικά αυτό σημαίνει πως για να εκτελεστεί το ίδιο ακριβώς δρομολόγιο, το πλοίο αυξάνει την ποσότητα κατανάλωσης καυσίμου και υπερβαίνει την διπλάσια ποσότητα.

Φυσικά δεν γίνεται να παραλείψουμε να αναφέρουμε ότι το σημαντικό πλεονέκτημα της πράσινης μεθανόλης είναι η μηδενική εκπομπή ρύπων, που φέρει θετικό περιβαλλοντικό αντίκτυπο και πλήρη απαλλαγή του πλοίου από τις φορολογικές επιπτώσεις του EU ETS. Μεταφράζοντας μαθηματικά τα όσα αναφέραμε η οικονομική αναδιαμόρφωση του δρομολογίου με το εξεταζόμενο καύσιμο έχει ως εξής:

- Για να υπολογίσουμε το κόστος του καυσίμου, χρησιμοποιούμε τον συντελεστή όγκου που αναφέραμε 2,1 στη κατανάλωση 684 τόνων που ήδη έχουμε υπολογίσει στο προηγούμενο μέρος:

684 τόνοι * 2,1 = 1.436,4 τόνοι (στρογγυλοποιούμε 1.436 τόνους μεθανόλης)

Έπειτα πολλαπλασιάζουμε αυτή την ποσότητα με την εκτίμηση που δώσαμε στην τιμή του καυσίμου και το κόστος ανεβαίνει στα:

$$1.436 \text{ τόνοι} * 1.000\$ = 1.436.000\$$$

- Σε αυτό το σημείο να διευκρινίσουμε ότι λόγω της πλήρης απαλλαγής του πράσινου καυσίμου από την ρυθμιστική νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το κόστος αυτό μηδενίζεται (0\$).
- Άρα το συνολικό κόστος της τελικής επιβάρυνσης εφαρμόζοντας ξανά το cost pass through έχει ως εξής:

$$1.436.000\$ / 70.000 \text{ τόνοι} = 20,51\$ \text{ επιβάρυνσης ανά τόνο φορτίου (καλαμποκιού)}$$

Οικονομική Ερμηνεία των Αποτελεσμάτων: Από την ανάλυση των δύο σεναρίων φαίνονται ξεκάθαρα οι εμπορικές ανησυχίες της αγοράς, που έχουν επισημανθεί και στην βιβλιογραφία, σχετικά με το φαινόμενο του πράσινου πληθωρισμού (greenflation). Η στροφή προς το πράσινο καύσιμο εκτοξεύει την επιπλέον επιβάρυνση στο ναύλο από τα 6,37\$ ανά τόνο που υπολογίσαμε για το συμβατικό καύσιμο VLSFO, στα 20,51\$ ανά τόνο φορτίου.

Στην τελική τιμή πώλησης, το επιπρόσθετο αυτό κόστος είναι στα 0,02\$ ανά κιλό καλαμποκιού. Παρά το γεγονός του ότι το νούμερο δείχνει μικρό, σε μία ευρύτερη οικονομική διάσταση λειτουργεί ως συστημική δομική πίεση. Όταν συμπεραίνουμε ότι οι δαπάνες έχουν ραγδαία αύξηση υπερτριπλασιαμού σε πλήθος εκατομμυρίων τόνων πρώτων υλών που μεταφέρονται, όπως και στο παράδειγμα μας το καλαμπόκι ως βασικό αγροτικό εμπόρευμα, η επιβάρυνση μεταφέρεται κλιμακωτά σε όλη την εφοδιαστική διαδικασία, στις δαπάνες της ζωικής παραγωγής και συνεπώς στις τιμές λιανικής βασικών προϊόντων όπως το κρέας και τα γαλακτοκομικά.

3.5 ΣΕΝΑΡΙΟ 2: ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ ΜΕ ΠΛΟΙΟ ΤΥΠΟΥ NEW PANAMAX

Η δεύτερη μελέτη περίπτωσης, εστιάζει στην αγορά των τακτικών γραμμών (liner shipping) και ειδικά στην μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων (containers). Η συγκεκριμένη αγορά εμφανίζει διακριτικά δομικά και επιχειρησιακά λειτουργικά χαρακτηριστικά. Για να διασφαλιστεί η ορθότητα του μαθηματικού μοντέλου και να παραμείνει απόλυτα συγκρίσιμο με το προηγούμενο σενάριο, τα δεδομένα της ανάλυσης ορίστηκαν σύμφωνα με τα ακόλουθα κριτήρια:

- Επιλογή δρομολογίου: Για το συγκεκριμένο σενάριο επιλέχθηκε ο σημαντικότερος παγκόσμιος εμπορικός άξονας που συνδέει την Ασία με την Ευρώπη. Το δρομολόγιο ξεκινά από το λιμάνι της Σαγκάης, το οποίο αποτελεί το παγκόσμιο μεγαλύτερο λιμάνι εμπορευματοκιβωτίων και καταλήγει στην Ευρώπη στο λιμάνι του Ρότερνταμ στην Ολλανδία. Αυτή η επιλογή είναι ιδιαίτερης σημασίας, καθώς εντάσσεται στις μεταφορικές δραστηριότητες που συνδέουν την Ασία με την Ευρωπαϊκή Ένωση. Άρα κατατάσσεται στο ίδιο ακριβώς πλαίσιο του συντελεστή κάλυψης 50% των παραγόμενων ρύπων του μηχανισμού EU ETS, διευκολύνοντας μας στην άμεση σύγκριση και αξιολόγηση, σε σχέση με το πρώτο δρομολόγιο Βραζιλία – Ευρώπη που εξετάστηκε ανωτέρω.
- Επιλογή πλοίου Neo Panamax 15.000 TEUs: Όσον αφορά τον τύπο πλοίου που θα πραγματοποιήσει το δρομολόγιο η επιλογή δεν ήταν τυχαία, καθώς εκπροσωπεί τις τρέχουσες Extra EU μεταφορικές δραστηριότητες της αγοράς των τακτικών γραμμών. Ενώ για τα bulk φορτία, όπως αυτό του προηγούμενου σεναρίου, ένα πλοίο τύπου Panamax θεωρείται ιδανικό ώστε να ανταποκρίνεται κατάλληλα στις διαθέσιμες υποδομές των λιμανιών φόρτωσης, δεν ισχύει το ίδιο όμως και στη μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων. Τα καταναλωτικά αγαθά υψηλής αξίας που μεταφέρονται μεταξύ Ασίας και Ευρώπης απαιτούν ταχύτερη θαλάσσια εξυπηρέτηση, γεγονός που αυξάνει την κατανάλωση του καυσίμου. Με στόχο την εξισορρόπηση αυτού του αυξημένου λειτουργικού κόστους και να παραμείνει φυσικά ο ναύλος σε ανταγωνιστικά επίπεδα ανά «κουτί» (TEU), είναι απαραίτητη η μεγιστοποίηση της κλίμακας εκμετάλλευσης. Ένα πλοίο τέτοιου τύπου (Neo Panamax) με χωρητικότητα 15.000 TEUs

διευκολύνει αυτόν τον στόχο αποτελώντας την πιο αξιόπιστη επιλογή για τα συγκεκριμένα δρομολόγια, φτάνοντας στο μέγιστο τον όγκο φορτίου σε κάθε μεταφορά, ενώ παράλληλα πληροί τις προδιαγραφές προσαρμογής στις εγκαταστάσεις των σύγχρονων mega ports όπως η Σαγκάη και το Ρότερνταμ.

- Επιλογή Φορτίου: Ενώ στην πρώτη μελέτη περίπτωσης είχαμε επιλέξει φορτίο χαμηλής μοναδιαίας αξίας, τα εμπορευματοκιβώτια μεταφέρουν έτοιμα βιομηχανικά προϊόντα σημαντικής αξίας ανά μονάδα όπως είδη τεχνολογίας, παπούτσια, συσκευές κ.λπ. Σε αυτό το σημείο, η μετακύλιση του κόστους (pass through) δεν θα υπολογιστεί με τον τόνο, αλλά ανά κουτί (TEU). Σκοπός μας είναι να δείξουμε πως το επιπρόσθετο περιβαλλοντικό κόστος και το greenflation, επηρεάζει την λιανική τιμή ενός τελικού «έτοιμου» προϊόντος όπως για παράδειγμα ένα κινητό ή ένα ζευγάρι παπούτσια.

3.5.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Στα πλαίσια της ανάλυσης του μοντέλου, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί αντιπροσωπευτικό πλοίο μεταφοράς container τύπου Neo Panamax με μέγιστη χωρητικότητα 15.000 TEUs. Για να γίνει πλήρη αποτύπωση της μέγιστης αποδοτικότητας των οικονομιών κλίμακας, θεωρούμε πως το πλοίο αξιοποιεί την μέγιστη μεταφορική ικανότητα του κατά το head haul από την Ασία στην Ευρώπη. Η διαδρομή του ταξιδιού περιλαμβάνει αναχώρηση από το λιμάνι της Shanghai στην Κίνα προς το λιμάνι του Rotterdam στην Ολλανδία μέσω της Διώρυγας του Σουέζ. Σύμφωνα με τα στοιχεία του εργαλείου υπολογισμού Sea Distances είναι 10.525 ναυτικά μίλια. Τα container ships δεν έχουν ταξίδια σε ballast leg συνθήκες, επειδή λειτουργούν σε κυκλικές γραμμές δρομολογίων. Επομένως, το back haul δηλαδή το ταξίδι επιστροφής, επαναλαμβάνει ακριβώς την ίδια γεωγραφική απόσταση 10.525 ν.μ. και περιλαμβάνει φορτία και μετακίνηση κενών εμπορευματοκιβωτίων (empty TEUs).

Εδώ θα πρέπει να γίνει μία σημαντική διευκρίνιση πως σύμφωνα με τη θεωρία των τακτικών γραμμών, το κόστος υπολογίζεται βάση επιπέδου πλήρους κυκλικού δρομολογίου (round trip costing). Με δεδομένη την έντονη ανισορροπία των εμπορικών ροών στα δρομολόγια Ασίας – Ευρώπης, ολόκληρη η οικονομική επιβάρυνση συμπεριλαμβανομένων των περιβαλλοντικών και

λειτουργικών δαπανών του συνολικού κύκλου του ταξιδιού μεταφέρεται στο κύριο εμπορικό σκέλος των πλήρως φορτωμένων TEUs του head haul. Έτσι, γίνεται ρεαλιστική προσέγγιση της εμπορικής λογικής του pass through στην αγορά των liner. Ως ταχύτητα αναφοράς ορίζεται στους 18 κόμβους, καθώς ανταποκρίνεται στους σύντομους χρόνους μεταφοράς για άμεση διαθεσιμότητα των αγαθών, με την καθιερωμένη πλέον πρακτική μείωσης ταχύτητας, που κύριο στόχο έχει τον περιορισμό κατανάλωσης καυσίμων και εκπομπών ρύπων, όπως επισημαίνεται στην επίσημη μελέτη της 4th IMO GHG Study 2020. Με δεδομένη αυτή την ταχύτητα το sea time διαμορφώνεται στις 24,36 ημέρες (Ασία – Ευρώπη). Όμως, όπως κάναμε και στο πρώτο σενάριο για λόγους υπολογιστικής διευκόλυνσης συνυπολογίζουμε και την συνηθισμένη μέθοδο του weather routing (για την βέλτιστη πορεία σύμφωνα με πιο ευνοϊκά ρεύματα) και στρογγυλοποιούμε τον χρόνο σε 24 ολόκληρες ημέρες. Ο υπολογισμός για το χρόνο του ταξιδιού αποδεικνύεται με τον τύπο Χρόνος = Απόσταση / Ταχύτητα. Άρα υπολογίζουμε πρώτα την απόσταση που καλύπτεται από το πλοίο μέσα σε μία πλήρης ημέρα. Όπως είπαμε και στο προηγούμενο σενάριο έχοντας ως δεδομένο ότι 1 κόμβος (knot) = 1 ναυτικό μίλι ανά ώρα άρα 18 κόμβοι = 18 ναυτικά μίλια ανά ώρα. Οπότε:

Απόσταση ανά ημέρα: 18 ν.μ./ώρα * 24 ώρες = 432 ν.μ. ανά ημέρα

Άρα αφού βρήκαμε την απόσταση ανά ημέρα, διαιρούμε με τη συνολική γεωγραφική απόσταση για να βρούμε τις μέρες:

Head haul (Ασία προς Ευρώπη): 10.525 ν.μ. / 432 ν.μ. ανά ημέρα = 24,36 ημέρες

Και για το back haul ισχύει ο ίδιος υπολογισμός. Όπως είπαμε στρογγυλοποιούμε στις 24 ημέρες άρα: Total Sea time: 24 + 24 = 48 ημέρες πλεύσης για όλο τον κύκλο του ταξιδιού.

Τα δεδομένα ημερήσιας κατανάλωσης καυσίμου VLSFO προσαρμόζονται στις αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις που απαιτεί η πλεύση με ταχύτητα 18 κόμβων. Κατά το έμφορτο μέρος του ταξιδιού (head haul), η εκτίμηση ορίζεται στους 130 τόνους, αντλώντας δεδομένα από τα industry benchmarks και την 4^η μελέτη του IMO 2020. Η συγκεκριμένη τιμή είναι πραγματικός μέσος όρος για την κατανάλωση ενός πλοίου τύπου Neo Panamax. Για το μέρος της επιστροφής (back haul), επειδή μεταφέρονται ελαφρύτερα φορτία και άδεια κουτιά έχουμε πιο μικρό βύθισμα και μειωμένη υδροδυναμική αντίσταση πλοίου. Οπότε λαμβάνοντας υπόψη

συνηθισμένες ναυτιλιακές πρακτικές , οι ενεργειακές απαιτήσεις περιορίζουν την κατανάλωση καυσίμου σε 110 τόνους ανά ημέρα. Αυτό φαίνεται υπολογιστικά από την εξής πράξη:

130 τόνους – 15% = 110,5 τόνους ανά ημέρα (στρογγυλοποιούμε 110 τόνους ανά ημέρα)

Όσον αφορά τις τιμές των καυσίμων VLSFO, πράσινης μεθανόλης και αξίας του δικαιώματος εκπομπών EU ETS, για να υπάρξει ρεαλιστική σύγκριση με το προηγούμενο σενάριο θα διατηρηθούν οι ίδιες τρέχουσες τιμές που ορίσαμε στο πρώτο σενάριο. Τα ανωτέρα δεδομένα φαίνονται καθαρά στον παρακάτω πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.b: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΑΞΙΔΙΟΥ - ΠΛΟΙΟΥ ΝΕΟ-PANAMAX (SHANGHAI – ROTTERDAM)

Παράμετροι	Τιμές / Δεδομένα
Τύπος Πλοίου & Χωρητικότητα	Neo Panamax Container Ship 15.000 TEUS
Καθαρό Μεταφερόμενο Φορτίο	15.000 TEUs (καταναλωτικά αγαθά)
Λιμάνι Αναχώρησης	Shanghai, Κίνα
Λιμάνι Προορισμού	Rotterdam, Ολλανδία
Αποστάσεις (Head haul / Back haul)	10.525 ν.μ. / 10.525 ν.μ.
Sea-Time (Head haul / Back haul)	24,36 ημέρες (στρογγυλ. 24) / -//-
Ημερήσια Κατανάλωση (Laden / Ballast)	130 τόνους / 110 τόνους
Τιμή Συμβατικού Καυσίμου (VLSFO)	535,50\$ / ανά τόνο (23/02/2026)
Τιμή Πράσινης Μεθανόλης (e-Methanol)	1.000\$ / ανά τόνο
Τιμή Δικαιώματος Ρύπων (EUA – EU ETS)	75\$ / ανά τόνο CO2

3.5.2 ΚΟΣΤΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ (VLSFO & EU ETS)

Αφού διαμορφώθηκε ο πίνακας δεδομένων, σειρά έχει ο υπολογισμός της συνολικής κατανάλωσης καυσίμου του πλοίου, αφού πολλαπλασιάσουμε τις ημέρες του κάθε μέρους με την κάθε ημερήσια κατανάλωση αντίστοιχα:

Κατανάλωση Head haul: 24 ημέρες * 130 τόνοι ανά ημέρα = 3.120 τόνοι VLSFO

Κατανάλωση Back haul: 24 ημέρες * 110 τόνοι ανά ημέρα = 2.640 τόνοι VLSFO

Συνολική Κατανάλωση: 3.120 + 2.640 = 5.760 τόνοι VLSFO

- Στην συνέχεια θα υπολογίσουμε το κόστος του καυσίμου και του EU ETS όπως και στο πρώτο σενάριο ως εξής:

Fuel Cost: 5.760 τόνοι * 535,50\$ (τιμή τόνου) = 3.084.480\$

- Για τον υπολογισμό του EU ETS πρέπει να βρούμε τις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αφού συμπεριλάβουμε την σταθερά του IMO 3,114.

5.760 τόνοι συμβατικού καυσίμου VLSFO * 3,114 = 17.936,64 τόνοι διοξειδίου του άνθρακα CO₂

- Αφού το δρομολόγιο ξεκινά από λιμάνι που βρίσκεται εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης (Κίνα), το νομοθετικό πλαίσιο του EU ETS επιβαρύνει την αγορά δικαιωμάτων ρύπων μόνο για το μισό του ταξιδιού όπως και στο πρώτο σενάριο. Οπότε, ο υπολογισμός περιορίζεται στο μισό των συνολικών εκπομπών:

17.936,64 * 50% = 8.968,32 τόνοι CO₂

Σύμφωνα με την τιμή του χρηματιστηρίου η τιμή για κάθε τόνο δικαιώματος ανέρχεται στα 75\$, άρα η τελική τιμή επιβάρυνσης ορίζεται:

8.968,32 τόνοι CO₂ * 75\$ = 672.624\$

- Για να βρούμε το συνολικό κόστος και την επιβάρυνση ανά μονάδα TEU αθροίζουμε τα ποσά που μόλις βρήκαμε για να προκύψει το συνολικό κόστος για όλο τον κύκλο του δρομολογίου:

Κόστος συνολικού δρομολογίου: 3.084.480\$ (fuel) + 672.624\$ (ρύποι) = 3.757.104\$

- Δεδομένης της ανισορροπίας των εμπορικών ροών (trade imbalance), το σύνολο του κόστους του round trip μετακυλίεται στα φορτωμένα TEUs του head haul ταξιδιού και φαίνεται παρακάτω ως εξής:

Συνολική επιβάρυνση ανά TEU: $3.757.104\$ / 15.000 \text{ TEUs} = 250,47\$$ ανά TEU

Άρα: Κόστος καυσίμου ανά TEU: $3.084.480\$ / 15.000 = 205,63\$$

Κόστος EU ETS ανά TEU: $672.624\$ / 15.000 = 44,84\$$

Οικονομική Ερμηνεία των Αποτελεσμάτων: Η τελική συνολική χρέωση των 250,47\$ ανά TEU αποτυπώνει πρακτικά τον δυναμικό ρόλο των οικονομικών κλίμακας. Αν και το συνολικό ποσό του δρομολογίου φτάνει τα 3,7 εκατομμύρια δολάρια, η κατανομή σε 15.000 ισοδύναμες μονάδες μεταφοράς (20 ποδών) το καθιστά βιώσιμο εμπορικά. Πιο συγκεκριμένα, η καθαρή περιβαλλοντική δαπάνη (EU ETS) αντιστοιχεί σε μόλις 44,84\$ ανά TEU. Έχοντας ως δεδομένο, ότι η αυτή η μονάδα χωρητικότητας μεταφέρει πλήθος καταναλωτικών έτοιμων εμπορευμάτων αξίας όπως υποδήματα και συσκευές τεχνολογίας, η επιβάρυνση αυτή στην πράξη είναι ρεαλιστικά αμελητέα. Επομένως, με την εφαρμογή της τρέχουσας εμπορικά περιβαλλοντικής ρύθμισης με τη χρήση του συμβατικού καυσίμου, δεν διατρέχει κίνδυνος για δημιουργία πιέσεων στον πληθωρισμό και στις τιμές λιανικής των εμπορευμάτων.

3.5.3 ΚΟΣΤΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΜΕΘΑΝΟΛΗΣ

Σε συνέχεια της μελέτης περίπτωσης, θα αναλυθεί φυσικά και το σενάριο της πράσινης μεθανόλης. Στην υπόθεση μας έχουμε το ίδιο πλοίο Neo Panamax 15.000 TEUs που εκτελεί το ταξίδι, το οποίο υποθετικά θα λειτουργεί πλέον με διπλό κινητήρα (dual fuel). Το πλήρες δρομολόγιο είναι το ίδιο με 10.525 ναυτικά μίλια ανά μέρος ταξιδιού από την Ασία στην Ευρώπη και χρησιμοποιεί ως καύσιμο αποκλειστικά πράσινη μεθανόλη. Όπως έχουμε ήδη προκαθορίσει στο πρώτο σενάριο των bulk carriers έτσι και εδώ ισχύει η ίδια συνέπεια για την μέση τιμή της μεθανόλης η οποία έχει οριστεί στα 1.000\$ ανά τόνο και με την εφαρμογή του ίδιου συντελεστή ενέργειας 2,1 και φυσικά έχουμε μηδενική επιβάρυνση του φόρου EU ETS αφού πλέον δεν

έχουμε εκπομπές ρύπων. Όποτε για να δούμε στην πράξη την οικονομική διατύπωση του ταξιδιού υπολογίζουμε ως εξής:

- Κατανάλωση Μεθανόλης ανά ημέρα: $130 \text{ τόνοι} * 2,1 = 273 \text{ τόνοι ανά ημέρα (head haul)}$
 $110 \text{ τόνοι} * 2,1 = 231 \text{ τόνοι ανά ημέρα (back haul)}$

Η συνολική κατανάλωση του δρομολογίου μπορεί να βρεθεί από τον πολλαπλασιασμό της κατανάλωσης ανά ημέρα με τις 24 ημέρες sea time ανά μέρος ταξιδιού:

- Head haul: $273 \text{ τόνοι} * 24 \text{ ημέρες} = 6.552 \text{ τόνοι μεθανόλης}$
- Back haul: $231 \text{ τόνοι} * 24 \text{ ημέρες} = 5.544 \text{ τόνοι μεθανόλης}$
- Σύνολο ταξιδιού: $6.552 + 5.544 = 12.096 \text{ συνολικά τόνοι}$

Με δεδομένη την τιμή σύμφωνα με τις εκτιμήσεις μας στα 1.000\$ ανά τόνο, το κόστος αγοράς καυσίμου ανέρχεται στα: $12.096 \text{ τόνοι} * 1.000\$ = 12.096.000\$$

Εδώ σημειώνεται όπως ήδη είπαμε ότι λόγω μηδενικών εκπομπών το κόστος του EU ETS είναι 0\$.

- Με εφαρμογή του cost pass through στα 15.000 έμφορτα TEUs του πρώτου μέρους του ταξιδιού από την Ασία, η τελική επιπρόσθετη δαπάνη ανά TEU προκύπτει:

$$12.096.000\$ / 15.000 \text{ TEUs} = 806,40 \$ \text{ ανά μονάδα TEU}$$

Οικονομική Ερμηνεία Αποτελεσμάτων: Όπως γίνεται αντιληπτό με την εφαρμογή της μεθανόλης οι λειτουργικές δαπάνες ανά μεταφορική μονάδα αυξάνονται σε μεγάλο βαθμό. Παρόλο που υπάρχει πλήρης απαλλαγή του φόρου ρύπων, η αυξημένη τιμή του εναλλακτικού καυσίμου και η ελαχιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης, φέρουν υπερδιπλασιασμό της ποσότητας κατανάλωσης και αυξάνει δραματικά την επιπλέον δαπάνη στα 806,40\$ ανά TEU.

3.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΝΑ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΟ ΠΡΟΪΟΝ

Για να δείξουμε το φαινόμενο του greenflation καταναλωτικά, θα πρέπει να διαιρεθεί το κόστος των TEU 250,47\$ για το συμβατικό καύσιμο και 806,40\$ για το εναλλακτικό αντίστοιχα με την

ποσότητα του φορτίου που μεταφέρεται. Στην συγκεκριμένη περίπτωση υποθέτουμε ότι το κάθε container χωρά κουτιά για 10.000 ζευγάρια παπούτσια και αντίστοιχα για ηλεκτρονικές συσκευές που ο όγκος του κουτιού είναι μεγαλύτερος υποθέτουμε κατά μέσο όρο ότι χωρούν 5.000 κουτιά συσκευασμένων ηλεκτρονικών συσκευών:

1. Αθλητικά παπούτσια (10.000 ζευγάρια)

Με συμβατικό καύσιμο (+ ETS): $250,47\$ / 10.000 = 0,025\$$ ανά ζευγάρι

Με εναλλακτικό καύσιμο: $806,40\$ / 10.000 = 0,080\$$ ανά ζευγάρι

2. Ηλεκτρονικές Συσκευές / Λάπτοπ (5.000 τεμάχια)

Με συμβατικό καύσιμο (+ETS): $250,47\$ / 5.000 = 0,050\$$ ανά τεμάχιο

Με εναλλακτικό καύσιμο: $806,40\$ / 5.000 = 0,161\$$ ανά τεμάχιο

Οικονομικά Συμπεράσματα: Έπειτα από την σύγκριση που μόλις πραγματοποιήσαμε, αντιλαμβανόμαστε ότι και σε αυτό το σενάριο διαφορετικών αγαθών οι τιμές υπερτριπλασιάζονται ραγδαία. Αν εξετάσουμε το κάθε τεμάχιο συσκευών ή ζευγάρι παπουτσιών μεμονωμένα μπορεί τα νούμερα να μην φαντάζουν υψηλά, αφού το κόστος των 12 εκατ. δολαρίων κατανέμεται από τις οικονομίες κλίμακας των 15.000 TEUs, όμως σε ένα διευρυμένο εμπορικό περιβάλλον προκαλούν μεγάλη οικονομική σύγχυση. Αν υποθέσουμε ότι ένας εισαγωγέας μεταφέρει πλήθος εμπορευμάτων κάθε χρόνο, τα μεταφορικά του κόστη δέχονται ραγδαίες αυξήσεις, επιφέροντας ένα ντόμινο οικονομικών επιβαρύνσεων. Αυτά τα επιπλέον κόστη μετακυλούν διαδοχικά σε όλη την διαδικασία εφοδιασμού και φυσικά εντάσσονται στις τελικές τιμές των προϊόντων και εμπορευμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η μελέτη που πραγματοποιήθηκε στα δύο χαρακτηριστικά σενάρια που επιλέξαμε, παρουσίασε το πραγματικό μέγεθος της ενεργειακής επιβάρυνσης που συνοδεύει την πράσινη μετάβαση. Η πλέον κρίσιμη διαπίστωση που προκύπτει από αυτή την ανάλυση, είναι η δραματική άνοδος των λειτουργικών δαπανών, η οποία και στις δύο περιπτώσεις των αγορών σχεδόν αγγίζει το

222%. Η συγκεκριμένη δαπάνη αποδίδεται από τον συνδυασμό του ιδιαίτερα υψηλού κόστους παραγωγής της πράσινης μεθανόλης και φυσικά της μειωμένης ενεργειακής πυκνότητας, γεγονός το οποίο απαιτεί αναγκαίο, σχεδόν τον υπερδιπλασιασμό του όγκου καυσίμου για την εκτέλεση του ίδιου μεταφορικού έργου. Σύμφωνα με τα ευρήματά μας, στο πρώτο σενάριο που αναλύθηκε, στην αγορά των Bulk Carriers, το συνολικό λειτουργικό κόστος ταξιδιού διαμορφώνεται από τα 446.157\$ στα 1.436.000\$, ενώ στο δεύτερο σενάριο, στην αγορά των Container Ships, το κόστος ενός πλήρους κυκλικού δρομολογίου από τα 3.757.104\$ ανέρχεται στα 12.096.000\$, κάνοντας ξεκάθαρη πλέον την διαφορά μεταξύ των συμβατικών και εναλλακτικών καυσίμων (green).

Πολύ ενδιαφέρουσα είναι η αντίθεση που παρουσιάζεται μεταξύ του κόστους ανά μονάδα προϊόντος και στο συνολικό μεταφορικό κόστος του φορτίου. Ενώ η μελέτη στο επίπεδο της λιανικής πώλησης αποδίδει αποτελέσματα ήπιας προσαύξησης, κάτι που σε αρχική ανάγνωση φαίνεται αποδεκτό, δεδομένου ότι το κόστος για ένα ζευγάρι αθλητικά παπούτσια ανέρχεται μόλις στα 0,08\$ και αντίστοιχα για ένα προϊόν τεχνολογίας (π.χ. λάπτοπ) στα 0,16\$, η πραγματική εικόνα αλλάζει ριζικά όταν εξετάζεται σε επίπεδο του συνολικού φορτίου. Η ραγδαία αύξηση του κόστους από τα 250,47\$ στα 806,40\$ ανά TEU και από τα 6,37\$ στα 20,51\$ στον τόνο καλαμποκιού, δημιουργεί μια εκτεταμένη χρηματοοικονομική επιπρόσθετη δαπάνη σε όλο το επίπεδο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτή η νέα εξέλιξη ενισχύει το φαινόμενο του πράσινου πληθωρισμού “greenflation”, επιβεβαιώνοντας πως το κόστος της πράσινης μετάβασης ενσωματώνεται σταδιακά από το κόστος μεταφοράς στις τιμές των πρώτων υλών και τελικά στις τελικές τιμές των προϊόντων.

Παράλληλα, η αξιολόγηση του πράσινου καυσίμου έφερε στο προσκήνιο σημαντικές τεχνικές πτυχές που πολλές φορές δεν λαμβάνουν ιδιαίτερη προσοχή. Η μειωμένη ενεργειακή απόδοση των πράσινων καυσίμων συνεπάγεται πως τα μελλοντικά βαπόρια θα χρειάζονται σημαντικά μεγαλύτερη χωρητικότητα δεξαμενών για την κάλυψη της ίδιας απόστασης, περιορίζοντας την αποδοτικότητα μεταφοράς φορτίου. Σε αυτό το σημείο προκύπτει ένας προβληματισμός στρατηγικής σημασίας, ως προς την αποδοτικότητα των τρεχουσών ρυθμίσεων. Αφορά το κατά πόσο είναι υλοποιήσιμη η επίτευξη των μηδενικών εκπομπών ρύπων (net zero emissions), τη στιγμή που ένα μεγάλο τμήμα του παγκόσμιου στόλου, στηρίζεται σε πλοία ηλικίας 20-25 ετών.

Παρατηρείται ένα χάσμα μεταξύ των πράσινων μελλοντικών κανονιστικών απαιτήσεων και της τεχνικής κατάστασης του στόλου. Προκύπτει λοιπόν το ερώτημα, αν οι νηογνώμονες και οι αρχές σημαίας, θα ήταν δυνατό να υιοθετήσουν αυστηρότερα όρια για την αντικατάσταση παλαιών μονάδων δηλαδή βαποριών που σπαταλούν τεχνικά περισσότερη ενέργεια και υπερβαίνουν ένα ορισμένο όριο ηλικίας, καθώς όταν θέλουμε να μιλήσουμε για ριζική πράσινη μετάβαση θα πρέπει να λάβουμε υπόψη όχι μόνο τα “clean fuels”, αλλά και έναν ανανεωμένο στόλο, ο οποίος θα είναι τεχνολογικά επαρκής με όλες τις παραμέτρους.

Συμπερασματικά, η ναυτιλία δεν είναι ένα απλό μεταφορικό εργαλείο που έχει κληθεί σε έναν απλό μετασχηματισμό, αλλά ένας στρατηγικός πυλώνας που στηρίζει την παγκόσμια οικονομία. Η επιτυχία της διαχείρισης του πράσινου πληθωρισμού “greenflation” είναι μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις των επερχόμενων ετών, καθώς αδιαμφησβήτητα θα πρέπει να βρεθούν βιώσιμες λύσεις, διασφαλίζοντας ότι η αγορά είναι ικανή να απορροφήσει το επιπλέον κόστος στην πορεία της απανθρακοποίησης χωρίς να διαταραχθούν τα θεμέλια του διεθνούς εμπορίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Για την παρούσα εργασία μελετήθηκαν οι παρακάτω βιβλιογραφικές πηγές. Η ταξινόμηση έχει πραγματοποιηθεί με αλφαβητική σειρά, πρώτα οι ξενόγλωσσες και έπειτα οι ελληνικές πηγές.

A. Ξένη Βιβλιογραφία

- Aakko-Saksa, P. T., Lehtoranta, K., Kuittinen, N., Järvinen, A., Jalkanen, J.-P., Johnson, K., Jung, H., Ntziachristos, L., Gagné, S., Takahashi, C., Karjalainen, P., Rönkkö, T., & Timonen, H. (2023). Reduction in greenhouse gas and other emissions from ship engines: Current trends and future options. *Progress in Energy and Combustion Science*, 94, 101055. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2022.101055>
- Christodoulou, A., Dong, T., Schönborn, A., Ölçer, A. I., & Dalaklis, D. (2023). A cost-benefit analysis of the use of ammonia and hydrogen as marine fuels. *International Maritime Transport and Logistic Journal*, 12(0), 88. <https://doi.org/10.21622/marlog.2023.12.1.088>
- DNV. (2023). *Seafarer training and skills for decarbonized shipping*. DNV. <https://www.dnv.com/publications/seafarer-training-and-skills-for-decarbonized-shipping-235124>
- DNV. (2024, January 9). *Maritime decarbonization efforts propelled as orders for alternative-fueled vessels grow*. <https://www.dnv.com/news/2024/maritime-decarbonization-efforts-propelled-as-orders-for-alternative-fueled-vessels-grow-251921>
- European Commission. (2023). *Reducing emissions from the shipping sector – FuelEU Maritime*. European Union. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport-emissions/reducing-emissions-shipping-sector_en
- European Commission. (2025). *Maritime transport — The EU Blue Economy Report 2025*. <https://op.europa.eu/webpub/mare/eu-blue-economy-report-2025/blue-economic-sectors/maritime-transport.html>
- European Parliament and Council. (2015). *Regulation (EU) 2015/757 on the monitoring, reporting and verification of carbon dioxide emissions from maritime transport*. Official Journal of the European Union.
- European Parliament and Council. (2023). *Directive (EU) 2023/959 amending Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union*. Official Journal of the European Union.
- International Maritime Organization (IMO). (2020). *Fourth IMO GHG Study 2020*. London: IMO.
- International Maritime Organization (IMO). (2023a). *Technical and operational measures to reduce GHG emissions from international shipping*. <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx>

- International Maritime Organization (IMO). (2023b). *2023 IMO strategy on reduction of GHG emissions from ships*. <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Cutting-GHG-emissions.aspx>
- International Transport Forum (OECD). (2022). *Carbon pricing in shipping* (ITF Policy Papers No. 110). OECD. <https://doi.org/10.1787/250921ec-en>
- Ioannou, K., Karasmanaki, E., & Tsantopoulos, G. (2025). Environmental policy as a tool for Sustainable Development. *Sustainability*, 17(8), 3674. <https://doi.org/10.3390/su17083674>
- Konradt, M., & Weder di Mauro, B. (2023). Carbon taxation and greenflation: Evidence from Europe and Canada. *Journal of the European Economic Association*. <https://doi.org/10.1093/jeea/jvad020>
- Lagouvardou, S., & Psaraftis, H. N. (2022). Implications of the EU emissions trading system (ETS) on European container routes: A carbon leakage case study. *Maritime Transport Research*, 3, 100059. <https://doi.org/10.1016/j.martra.2022.100059>
- Laskar, I. I., Dowlatabadi, H., & Giang, A. (2025). Expert assessments of maritime shipping decarbonization pathways by 2030 and 2050. *Earth's Future*, 13(4). <https://doi.org/10.1029/2024ef005255>
- Li, M., Luan, J., Li, X., & Jia, P. (2024). An analysis of the impact of government subsidies on emission reduction technology investment strategies in low-carbon port operations. *Systems*, 12(4), 134. <https://doi.org/10.3390/systems12040134>
- Lu, P. & Theocharis, D. (2025). The influence of energy efficiency and carbon indicators on ship prices: Early evidence from the tanker and bulk carrier sectors. *Maritime Economics & Logistics*, 27(3), 549–566. <https://doi.org/10.1057/s41278-025-003165>
- Lyridis, D., & Kostidi, E. (2025). Bridging Technical Challenges and Economic Goals: Project Management for Energy Transition in maritime retrofitting. *Energies*, 18(4), 804. <https://doi.org/10.3390/en18040804>
- Methanol Institute. (2023). *Marine Methanol: Future-Proof Shipping Fuel*. <https://www.methanol.org/marine/>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2025). *The impact of container shipping costs on import and consumer prices* (OECD Economics Department Working Papers No. 1838). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/957f0c0c-en>
- Pereda, P. C., Lucchesi, A., Oliveira, T. D., Wolf, R., Marques, C. H., Assis, L. F., & Caprace, J.-D. (2025). Sustainable shipping: Modeling economic and greenhouse gas impacts of decarbonization policies (part II). *Sustainability*, 17(9), 3765. <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/9/3765>
- Psaraftis, H. N., & Kontovas, C. A. (2020). Decarbonization of maritime transport: Is there light at the end of the tunnel? *Sustainability*, 13(1), 237. <https://doi.org/10.3390/su13010237>

- Rauca, L., & Batrinca, G. (2023). Impact of carbon intensity indicator on the vessels' operation and analysis of onboard operational measures. *Sustainability*, 15(14), 11387. <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/14/11387>
- Schnabel, I. (2022). *A new age of energy inflation: climateflation, fossilflation and greenflation*. European Central Bank (ECB).
- Sea-Distances. (2026). *Port to Port Distances & Voyage Calculator*. <https://sea-distances.org/>
- Selimi, G. (2024). EU Emissions Trading System (ETS): Towards zero carbon maritime transportation and Green Ports. *Technical Annals*, 1(8). <https://doi.org/10.12681/ta.40036>
- Ship & Bunker. (2026). *Global 20 Ports Average VLSFO Prices*. <https://shipandbunker.com/prices>
- Stopford, M. (2009). *Maritime Economics* (3rd ed.). Routledge.
- Trading Economics. (2026). *EU Carbon Permits*. <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon>
- Tvedt, J., & Wergeland, T. (2023). Tax regimes, investment subsidies and the green transformation of the Maritime Industry. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 119, 103741. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103741>
- UNCTAD. (2023). *Review of Maritime Transport 2023*. United Nations Conference on Trade and Development.
- UNCTAD. (2024). *Review of Maritime Transport 2024*. United Nations Conference on Trade and Development. <https://unctad.org/meeting/launch-review-maritime-transport-2024>

B. Ελληνική Βιβλιογραφία

- Stopford, M. (2025). *Ναυτιλιακή Οικονομική* (Μ. Μελάς, Μεταφρ.). Εκδόσεις Παπαζήση.