ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΘΕΜΑΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΧΥΔΗΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

ΑΛΕΞΙΟΣ ΜΠΑΓΙΑΤΗΣ

Επιβλέπων καθηγητής:

Αθανάσιος Μπαλλής, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Νοέμβριος 2018

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας την διπλωματική μου εργασία και το σύνολο των σπουδών μου στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου για τις γνώσεις που μου παρείχαν και τον τρόπο σκέψης που μου ενέπνευσαν, και ιδιαίτερα τον επιβλέποντα της εργασίας μου, Αναπληρωτή Καθηγητή Αθανάσιο Μπαλλή, για την βοήθεια, την καθοδήγηση και την στήριξη του καθ' όλο το διάστημα εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας, καθώς και την εξεταστική μου επιτροπή την Επίκουρη Καθηγήτρια κ. Ελένη Βλαχογιάννη και τον Καθηγητή κ. Γιαννή Γεώργιο.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την βοήθεια και την στήριξη τους καθ' όλη την διάρκεια της φοιτητικής ζωής μου.

Σύνοψη

Τίτλος: “ Διερεύνηση θεμάτων λειτουργικού κόστους εμπορικών πλοίων μεταφοράς πετρελαίου και χύδην φορτίων“

Φοιτητής: Μπαγιάτης Αλέξιος

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε διερεύνηση των θεμάτων του λειτουργικού κόστους εμπορικών πλοίων μεταφοράς πετρελαίου και χύδην φορτίων. Αναπτύχθηκε ένα μοντέλο υπολογισμού του λειτουργικού κόστους του πλοίου καθώς και μία αυτοματοποιημένη επαναληπτική διαδικασία υπολογισμού των παραμέτρων που επηρεάζουν το κόστος αυτό. Διατυπώθηκαν ιδεατά σενάρια θαλάσσιας μεταφοράς, τα οποία αξιολογήθηκαν με στόχο την εφαρμογή τους σε πραγματικά ταξίδια για την βελτιστοποίηση του συστήματος μεταφοράς. Τα υποθετικά αυτά σενάρια διερεύνησαν τα εξής θέματα: α) εύρεση του βέλτιστου αριθμού δρομολογημένων πλοίων, για σταθερή συχνότητα δρομολογίου, συναρτήσει του μεγέθους της ετησίως διακινούμενης ποσότητας καυσίμου, β) επίπτωση της απόστασης θαλάσσιας μεταφοράς στο κόστος ταξιδιού για το σύνολο των πλοίων, για διάφορους τύπους πλοίων, διατηρώντας την ταχύτητα σε σταθερό μέσο επίπεδο, γ) επίπτωση εναλλακτικών τρόπων οργάνωσης της θαλάσσιας μεταφοράς (απευθείας σύνδεση ή κυκλικό ταξίδι με πολλαπλούς προορισμούς) στο κόστος ταξιδιού. Τα αποτελέσματα της διερεύνησης έδειξαν ότι όταν οι ετήσιες ροές φορτίων είναι μικρές η οργάνωση ενός κυκλικού ταξιδιού που εξυπηρετεί περισσότερους του ενός προορισμούς οδηγεί σε μικρότερο κόστος μεταφοράς (λειτουργικό κόστος και κόστος απόσβεσης κεφαλαίου) με την προϋπόθεση ότι οι θέσεις των λιμένων προορισμού δεν αποκλίνουν σημαντικά από την διαδρομή μεταξύ του λιμένα προέλευσης και του τελευταίου λιμένα προορισμού. Η εφαρμογή της ανωτέρω μεθοδολογίας πραγματοποιήθηκε για μεταφορά καυσίμου από τον λιμένα του Ιράν προς τους λιμένες του Πειραιά, του Πόρτο Φόξι (Ιταλία) και της Καρταγένα (Ισπανία). Αντίστοιχα εξετάστηκε και το κυκλικό ταξίδι μεταφοράς καυσίμου από το Όσλο προς τους ίδιους λιμένες. Και στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν πραγματικά δεδομένα φορτίων και τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν τα ευρήματα της θεωρητικής ανάλυσης.

Abstract

Title: Investigation of operating cost issues for commercial oil and bulk cargo ships

Student: Bagiatis Alexios

This diploma thesis investigates the issues of operating costs of commercial oil and bulk cargo ships. Using available information from the internet, a model for the calculation of ship’s operating costs was created. Also, an automated iterative process of calculating the parameters affecting this cost was developed. Ideal maritime transport scenarios were formulated, and evaluated in respect to their implementation in “real trips” in order to optimize the transport system. These hypothetical scenarios have investigated the following issues: a) finding the optimum number of routed ships for a fixed frequency, based on the size of the annual fuel volume traveled; b) the effect of the shipping distance on travel costs for all ships and ship types/categories, (c) the impact of alternative modes of shipping organization (on-line or multipurpose round trip) on travel costs. The results of the survey showed that when annual cargo flows are small, the organization of a round trip serving more than one destination leads to lower transport costs (operating costs and capital depreciation costs) provided that the locations of destination ports do not deviate significantly from the route between the port of origin and the last port of destination. The implementation of the above methodology was carried out for the transport of fuel from the port of Iran to the ports of Piraeus, Porto Foxi (Italy) and Cartagena (Spain). Similarly, the round-trip fuel transfer from Oslo to the same ports was also examined. In both cases real load data was used and the results confirmed the findings of theoretical analysis.

Περιεχόμενα

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ 7

1.1 Κατηγορίες και λειτουργικά κόστη πλοίων 7

1.2 Αντικείμενο και στόχος της εργασίας 11

1.3 Διάρθρωση της εργασίας 12

2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ 13

2.1 Λειτουργικά έξοδα πλοίου 15

2.2 Κόστη περιοδικής συντήρησης πλοίου 19

2.3 Κόστη ταξιδιού 21

2.4 Κόστος διαχείρισης φορτίου 26

2.5 Κόστος κεφαλαίου 26

3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ 28

3.1 Μεθοδολογική προσέγγιση 28

3.1.1 Τύποι πλοίων και βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά τους 30

3.1.2 Εσωτερικές μεταβλητές: τεχνικά χαρακτηριστικά πλοίων μεταφοράς υγρών και χύδην φορτίων 40

3.1.3 Σύνθεση του μοντέλου - υπολογισμός λειτουργικού κόστους 49

3.1.3.1 Πλήρωμα 54

3.1.3.2 Προμήθειες και λιπαντικά 59

3.1.3.3 Επισκευές και συντήρηση 63

3.1.3.4 Ασφάλιση 67

3.1.3.5 Διοικητικά / Γενικά Έξοδα 70

3.1.3.6 Περιοδική συντήρηση 72

3.1.3.7 Κόστος ταξιδιού 74

3.1.4 Σύγκριση και αναπροσαρμογή των αποτελεσμάτων του μοντέλου με πραγματικά κόστη πλοίων 77

3.1.5 Ανάλυση και αυτοματοποίηση του υπολογισμού των παραμέτρων που επηρεάζουν το κόστος θαλάσσιας μεταφοράς 79

4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ 83

4.1 Διερεύνηση ιδεατών σεναρίων μεταφοράς πετρελαίου 83

4.2 Διερεύνηση πραγματικών σεναρίων μεταφοράς πετρελαίου στην Ελλάδα 95

4.2.1 Η σημασία της εμπορικής ναυτιλίας για την Ελληνική Οικονομία 95

4.2.2 Ο ρόλος της Ελλαδας στο παγκόσμιο σύστημα θαλάσσιων μεταφορών καυσίμου 97

4.2.3 Συλλογή δεδομένων και διατύπωση σεναρίων μεταφοράς πετρελαίου στο λιμένα του Πειραιά, του Πόρτο Φόξι και της Καρταγένα 102

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 112

6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 118

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Κατηγορίες και λειτουργικά κόστη πλοίων

Σύμφωνα με τον επίσημο ορισμό του υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας, πλοίο είναι κάθε σκάφος προορισμένο να μετακινείται στο νερό για μεταφορά προσώπων, ή πραγμάτων, ρυμούλκηση, επιθαλάσσια αρωγή, αλιεία, αναψυχή, επιστημονικές έρευνες ή άλλο σκοπό, με καθαρή χωρητικότητα τουλάχιστον 10 κόρων και ικανότητα να κινείται αυτοδύναμα στη θάλασσα [1]. Τα πλοία διακρίνονται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες ανάλογα με τη χρήση τους: εμπορικά πλοία, πλοία αναψυχής, πολεμικά πλοία και τα πλωτά ναυπηγήματα [25]. Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής αποτελούν τα εμπορικά πλοία και συγκεκριμένα τα φορτηγά (cargo ships), τα οποία κατασκευάζονται με στόχο την εμπορική εκμετάλλευση ή γενικά κάποιο είδος οικονομικής δραστηριότητας.

Ο διαχωρισμός των εμπορικών πλοίων γίνεται με βάση το φορτίο και τη χρησιμότητά τους [26]. Υπάρχουν τα φορτηγά (*cargo ships*), τα οποία αποτελούνται από τα πλοία ξηρού φορτίου, τα πλοία συνδυασμένων μεταφορών και τα υγρού φορτίου πλοία.

Α. Πλοία ξηρού φορτίου (*dry cargoes ships*). Διακρίνονται σε 2 υποκατηγορίες:

Α1 Ελεύθερα πλοία (*tramps*[1]) τα οποία υποδιαιρούνται σε πλοία:

- Γενικού Φορτίου (general cargo). Παρότι υπήρξε ραγδαία αύξηση του μεγέθους τους: 8297 dwt (μέση τιμή μεγέθους των πλοίων γενικού φορτίου του παγκόσμιου στόλου την περίοδο 2010-2015) από 2758 dwt που ήταν πριν το 1995, παρατηρούμε (Διάγραμμα 26) κατακόρυφη μείωση του συνολικού ποσοστού που καταλαμβάνουν επί του συνόλου των εμπορικών πλοίων
- Ομοειδών Φορτίων (*bulk carrier*). Η μεγάλη αύξηση των μεταφορών ομοειδών φορτίων συντέλεσε στην αύξηση της ναυπήγησης τέτοιου είδους πλοίων, αφού από το 1995 όπου ο παγκόσμιος στόλος των πλοίων με ομοειδή φορτία ήταν 250.142.000 dwt το χρόνο, το 2016 έχει εκτοξευθεί στα 778.890.000 dwt (αύξηση της τάξης του 300% περίπου) [2].

Α2 Φορτηγά Γραμμής (liner ships[2]). Ο αριθμός τους κυμαίνεται στις 6000 παγκοσμίως με τα περισσότερα να ανήκουν στην κατηγορία των εμπορευματοκιβωτίων (container ship) [3]. Η μεγάλη ανάγκη για αυτοματοποίηση και μείωση του χρόνου στις θαλάσσιες μεταφορές καθιστά αναγκαία την αύξηση σε χωρητικότητα και πλήθος των φορτηγών γραμμής και ειδικά των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Σύμφωνα με την έρευνα της εταιρείας Alphaliner [4] (που δραστηριοποιείται στον χώρο των θαλάσσιων μεταφορών) η μέση αύξηση του στόλου των containerships για τα έτη 2017-2020 θα είναι στο 2.7%.

[1] Tramps ships θεωρούνται τα πλοία τα οποία δεν εκτελούν συγκεκριμένα δρομολόγια αλλά ναυλώνονται ανάλογα με τις ευκαιρίες και τις απαιτήσεις της αγοράς

[2] Liner ships είναι πλοία που δραστηριοποιούνται σε συγκεκριμένα δρομολόγια ανάμεσα σε συγκεκριμένα λιμάνια

Β. Πλοία Συνδυασμένων μεταφορών (*combination cargo ships*):

Β1 Μεταφοράς μεταλλευμάτων / Υγρό (ore / oil carrier). Τα πλοία τέτοιου τύπου ανήκουν στην κατηγορία χύδην (χύμα) φορτίου με εναλλακτικές περιπτώσεις μεταφοράς (είτε ξηρού είτε υγρού). Είναι σημαντικό ότι η μεγάλη διαφοροποίησή του κατασκευαστικά σε σχέση με το απλό bulk carrier είναι ότι το ore / oil carrier έχει μεγαλύτερο βάθος διπλού πυθμένα, το οποίο είναι λογικό αφού μεταφέρει πιο επικίνδυνα υλικά (π.χ. πετρέλαιο υγρής μορφής). Στα μέσα της δεκαετίας του 70 κατασκευάστηκαν τέτοιου τύπου πλοία ως 280.000 dwt. Από τότε δημιουργήθηκαν πολύ λίγα και σήμερα η πλειοψηφία αυτών χρησιμοποιείται για μεταφορά μόνο ξηρού φορτίου, καθώς δεν πληρούν πλέον τις προδιαγραφές ασφαλείας για μεταφορά επικίνδυνων φορτίων [5].

Β2 Ο.Β.Ο. (ore / bulk / oil). Τα Ο.Β.Ο. είναι εμπορικά φορτηγά πλοία ειδικά ναυπηγημένα ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μεταφορές διαφορετικών φορτίων (ξηρών και υγρών).

Ο λόγος δημιουργίας τους ήταν να μειωθεί ο αριθμός ταξιδιών με άδεια αμπάρια, καθώς τα μεγάλα πλοία ταξίδευαν σε ένα προορισμό αφήνοντας το εμπόρευμα και επέστρεφαν άδεια για να πάρουν το επόμενο. Αυτό σημαίνει ουσιαστικά μία μεταφορά-διπλό κόστος (πολύ αντιοικονομικό).

Γ. Πλοία Υγρού φορτίου (*oil / liquids ships*):

Γ1 Δεξαμενόπλοια πετρελαίου (crude oil carrier) τα οποία είναι ειδικά σχεδιασμένα να μεταφέρουν υγρό πετρέλαιο σε ακατέργαστη μορφή από το σημείο εξαγωγής του στο εκάστοτε διυλιστήριο για επεξεργασία. Μεταφέρουν συνολικά (παγκοσμίως) περίπου 2.000.000.000 τόνους πετρέλαιο το χρόνο, καθιστώντας τα δεύτερα στην κατάταξη μετά τους αγωγούς πετρελαίου (pipelines) όσων αφορά την αποδοτικότητα [2].

Επειδή είναι πιο εύκολη η κατασκευή τους σε σχέση με τους αγωγούς (και πιο οικονομική) ναυπηγούνται συνεχώς όλο και μεγαλύτερα σε μέγεθος για να καλύψουν τις ανάγκες σε πετρέλαιο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα του πολύ χαμηλού κόστους μεταφοράς είναι ότι 1 γαλόνι (3.8 λίτρα) πετρέλαιο στοιχίζει 2-3 σεντ του Αμερικάνικου Δολαρίου για να μεταφερθεί [6].

Αυτός είναι και ο λόγος που η συνολική χωρητικότητα των πλοίων (παγκόσμιος στόλος) τέτοιου είδους αυξήθηκε από 270.942.000 dwt το 1995 σε 503.343.000 dwt το 2016. Αύξηση περίπου 86% σε μία δεκαετία [2]. Το Δεξαμενόπλοιο πετρελαίου (*crude oil carrier*) αποτελείται από δύο επιμέρους κατηγορίες:

- Γενικής χρήσης (general purpose tanker). Στα γενικής χρήσης τάνκερ ανάγονται και τα προϊόντα πετρελαίου (*product carrier*). Είναι πολύ μικρότερα από τα δεξαμενόπλοια (*oil tankers*) κι αυτό γιατί πρέπει να μεταφέρουν κατεργασμένα προϊόντα σε πολύ μικρότερα λιμάνια (πιο κοντά στις κύριες αγορές).
- Χημικών φορτίων (*chemical tanker*). Τα πλοία χημικών φορτίων (*chemical tanker*) είναι σχεδιασμένα να μεταφέρουν οποιοδήποτε υγροποιημένο προϊόν υπάγεται στο κεφάλαιο 17 του *International Bulk Chemical Code*, καθώς επίσης βιομηχανοποιημένα χημικά και καθαρά προϊόντα πετρελαίου, όπως καυστική σόδα, φυτικά έλαια κ.α. Λόγω της επικινδυνότητας του φορτίου που μεταφέρουν υπάγονται σε πολλούς ελέγχους και απαιτήσεις προδιαγραφών. Για παράδειγμα τα πλοία χημικών φορτίων (καθώς και τα δεξαμενόπλοια), διαθέτουν μέσα στους χώρους του πλοίου ειδικά διαμορφωμένες ζώνες (gas

dangerous zone) που διατηρούνται σε ασφαλείς ατμοσφαιρικά συνθήκες για την αποφυγή και εξάπλωση πυρκαγιάς ή έκρηξης.

Γ2 Υγραεριοφόρα (lpg & lng): είναι ειδικός τύπος εμπορικών πλοίων, δεξαμενόπλοια που μεταφέρουν φυσικό αέριο ή βουτάνιο σε υγρή μορφή (καθώς είναι πιο εύκολο να αποθηκευτεί και να μεταφερθεί). Οι κυριότερες χώρες εξόρυξης είναι οι Ηνωμένες Πολιτείες, Ρωσία, Ιράν, Κατάρ και Καναδάς [7]. Η συγκεκριμένη κατηγορία πλοίων αποτελεί μία από τις κυριότερες κι αυτό γιατί η παγκόσμια παραγωγή βασίζεται κυρίως στο πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Είναι χαρακτηριστικό ότι η ανάγκη σε αέριο για την κάλυψη της ζήτησης του πλανήτη το 2014 έφτασε περίπου τα 3500 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα. Η ολική παγκόσμια παραγωγή σε φυσικό αέριο για το 2014 ήταν 129.090,4 bcf (1 Billion Cubic Feet =28.316.846,592 m^3), δηλαδή 3.655.433.053.299,92 m^3 [8]. Μία τέτοια ποσότητα για να μεταφερθεί θα χρειαζόταν περίπου 13.800.000 ταξίδια από ένα πλοίο χωρητικότητας 260.000 m^3.

Γ3 Οινοφόρα (alcohol tanker) όπου το φορτίο τους μεταφέρεται ουσιαστικά και αυτό από τα δεξαμενόπλοια αφού πρέπει να πληρούνται υψηλές προδιαγραφές ασφαλείας, όπως στην περίπτωση του πετρελαίου.

Το λειτουργικό κόστος ενός πλοίου, αποτελείται από πέντε παραμέτρους [9]:

- Λειτουργικά έξοδα (*operating costs*), τα οποία συγκροτούνται από τα έξοδα που περιλαμβάνονται στις καθημερινές ανάγκες του πλοίου.
- Κόστος περιοδικής συντήρησης (*periodic maintenance costs*), το οποίο υπολογίζεται όταν το πλοίο τοποθετείται στην αποβάθρα για κύριες επισκευές.
- Κόστος ταξιδιού (*voyage costs*), το οποίο είναι μεταβλητό κόστος συνδεδεμένο με συγκεκριμένο ταξίδι και περιλαμβάνει τα καύσιμα, χρεώσεις λιμένων και τέλη διάσχισης καναλιού.
- Κόστος κεφαλαίου (*capital costs*), όπου εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο έχει χρηματοδοτηθεί το πλοίο.
- Κόστος διακίνησης φορτίου (*cargo-handling costs*), όπου αντιπροσωπεύει τα έξοδα φόρτωσης, στοιβασίας και εκφόρτωσης του φορτίου.

Τα **Λειτουργικά έξοδα** αναλύονται σε πέντε υποκατηγορίες:

- **Κόστος πληρώματος (*crew costs*)**: στο οποίο περιλαμβάνονται όλες οι χρεώσεις που πραγματοποιούνται για το ανθρώπινο δυναμικό του σκάφους.
- **Κόστος προμηθειών και αναλώσιμα (*stores and consumables*)**. Περιέχουν δύο κατηγορίες: αυτά που ανήκουν στη γενική προμήθεια (*general stores*) και χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια του ταξιδιού και τα λιπαντικά που χρησιμοποιούνται στις μηχανές και αποτελούν σημαντικότατο έξοδο.
- **Επισκεύες και συντήρηση (*repair and maintenance*)**: καλύπτει το κόστος της συντήρησης ρουτίνας, συμπεριλαμβάνοντας τις βλάβες και τα ανταλλακτικά:
  - Συντήρηση ρουτίνας (*routine maintenance*). Περιλαμβάνει την συντήρηση της κύριας μηχανής και του βοηθητικού εξοπλισμού, το βάψιμο της υπερκατασκευής και την μεταφορά κομματιών χάλυβα στις εγκαταστάσεις του πλοίου στις οποίες υπάρχει ασφαλής πρόσβαση, όταν αυτό βρίσκεται στη θάλασσα. Όσο πιο παλιός είναι ο εξοπλισμός του πλοίου, τόσο πιο δαπανηρή είναι η συντήρησή του.
  - Βλάβες (*breakdowns*). Η μηχανική βλάβη μπορεί να αυξήσει το κόστος το οποίο καλύπτεται από την συντήρηση ρουτίνας. Τέτοιου είδους εργασίες

αναλαμβάνονται από τα ναυπηγεία με τη μορφή «ανοικτής παραγγελίας»[3] Επιπλέον έξοδα υπάρχουν λόγω απώλειας του χρόνου συναλλαγών.

- ❖ Ανταλλακτικά (*spares*). Αποκατάσταση ανταλλακτικών της κύριας μηχανής και των βοηθητικών ή οποιωνδήποτε άλλων μηχανών του πλοίου.

Το κόστος αυτών των υπηρεσιών και των εξοπλισμών αυξάνεται εντυπωσιακά όσο αυξάνεται και η ηλικία του πλοίου.

- **Ασφάλεια (*insurance*)**. Τα δύο τρίτα αυτού του κόστους είναι για να διασφαλιστεί η κατασκευή και ο εξοπλισμός, τα οποία προστατεύουν τον ιδιοκτήτη του πλοίου έναντι φυσικής απώλειας ή ζημιάς. Το άλλο ένα τρίτο είναι ασφάλεια προς τρίτο πρόσωπο, το οποίο παρέχει κάλυψη έναντι υποχρεώσεων σε τρίτους, όπως τραυματισμό ή θάνατο των μελών του πληρώματος ή των επιβατών, υπεξαίρεση ή ζημιά στο εμπόρευμα, σύγκρουση, μόλυνση και άλλα ζητήματα που δεν καλύπτονται από την ανοικτή ασφαλιστική αγορά. Επιπλέον προαιρετική ασφάλιση μπορεί να συμπεριληφθεί έναντι ρίσκου πολέμων, απεργίας και απώλειας εσόδων.

  Το κόστος των δύο τρίτων που διασφαλίζει την κατασκευή και τον εξοπλισμό καθορίζεται από δύο σημαντικούς παράγοντες. Ο πρώτος είναι από το κατά πόσο η ιδιοκτήτρια εταιρεία του σκάφους έχει στο μητρώο της τέτοιες περιπτώσεις διεκδίκησης της ασφάλειας (δηλαδή αν μία εταιρεία έχει εμπλακεί πολλές φορές σε διαμάχες αποζημιώσεων) και ο δεύτερος είναι από την αξία του πλοίου, ανάλογα την ναυτιλιακή αγορά, την ηλικία και την κατάσταση στην οποία βρίσκεται.

  Η ασφάλιση τρίτων που απαιτείται από τους εφοπλιστές εμπίπτει σε τέσσερις κατηγορίες: κάλυψη P & I, η οποία λαμβάνεται γενικά μέσω ενός συλλόγου, κάλυψη αστικής ευθύνης συγκρούσεων, κάλυψη πολέμου P & I και παροχή των πιστοποιητικών οικονομικής ευθύνης που απαιτούνται για την εμπορία στις Ηνωμένες Πολιτείες.

  Οι όμιλοι P&I, οι οποίοι είναι 13 στο σύνολο, είναι εταιρείες αμοιβαίων ασφαλίσεων οι οποίες διεκπεραιώνουν απαιτήσεις τρίτων για τα μέλη τους. Διερευνούν αξιώσεις για λογαριασμό των πλοιοκτητών, παρέχουν συμβουλές κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε διαπραγμάτευσης ή δικαστικής διαφωνίας σχετικά με την απαίτηση (για παράδειγμα σε αποζημίωση) και διατηρούν κεφάλαια αποθεματικών για να διακανονιστούν οι απαιτήσεις στα μέλη τους.

- **Γενικά έξοδα (general costs**). Πρόκειται για κόστος όπως τα τέλη εγγραφής που πληρώνονται στο κράτος του οποίου χρησιμοποιείται η σημαία και εξαρτώνται από το εκάστοτε κράτος. Τα γενικά έξοδα συμπεριλαμβάνονται στον ετήσιο λειτουργικό προϋπολογισμό και περιλαμβάνουν τα διοικητικά και διαχειριστικά έξοδα, τις επικοινωνίες, τα τέλη που πληρώνει ο ιδιοκτήτης στο λιμάνι και άλλα διάφορα έξοδα. Το μέγεθος αυτών των εξόδων εξαρτάται από τον τύπο και τη λειτουργία της επιχείρησης. Για παράδειγμα, μία μικρή tramp επιχείρηση που διαθέτει 2 ή 3 πλοία έχει πολύ μικρότερα γενικά έξοδα από μία μεγάλη liner επιχείρηση που διαθέτει ολόκληρο στόλο. Με βελτίωση των επικοινωνιών πολλές από αυτές τις λειτουργίες μπορούν να αναληφθούν από το προσωπικό εντός του πλοίου ή να διαχειριστούν από (σχετικές στο τομέα αυτό) εταιρείες, έναντι προκαθορισμένου ποσού.

Το **κόστος περιοδικής συντήρησης** ανέρχεται περίπου στο 4% του συνολικού κόστους αν και αυτό εξαρτάται από την ηλικία και την κατάσταση του πλοίου. Για να διατηρηθεί το

3 Ανοικτή παραγγελία είναι η διεξαγωγή μιας συναλλαγής (δηλαδή αγορά ή πώληση μιας υπηρεσίας) η οποία παραμένει σε ισχύ (δηλ. παραμένει ενεργή) έως ότου η εντολή ακυρωθεί ή εκτελεστεί (http://www.businessdictionary.com.)

πλοίο σε μία επιθυμητή κατάσταση λόγω ασφαλιστικών σκοπών, πρέπει να υποβάλλεται σε τακτικές έρευνες με τη διαδικασία συντήρησης του να γίνεται κάθε δύο χρόνια και την εξονυχιστική κάθε τέσσερα για να καθορίζεται η αξία του. Όταν το πλοίο περνά από ειδική συντήρηση αποτίθεται στη στεριά, όλος ο εξοπλισμός επιθεωρείται και το πάχος του χάλυβα σε συγκεκριμένες περιοχές της γάστρας μετριέται και συγκρίνεται με τα επιθυμητά όρια. Όλες αυτές οι διαδικασίες γίνονται πιο εκτενείς με τα χρόνια και όλα τα ελαττώματα του πλοίου πρέπει να αποκαθίστανται πριν εκδοθεί το πιστοποιητικό της κατάστασής του. Σε παλιότερα πλοία συχνά αποτελεί σημαντικότατο έξοδο για παράδειγμα, η αποκατάσταση του χάλυβα ο οποίος έχει διαβρωθεί και δεν καλύπτει τις αναγκαίες απαιτήσεις ασφάλειας.

Όσον αφορά το **κόστος ταξιδιού** αυτό αποτελεί το 40% του συνολικού κόστους. Οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψιν για ένα συγκεκριμένο ταξίδι είναι τα καύσιμα, οι χρεώσεις του λιμένα, η ρυμούλκηση, η πηδαλιούχηση και οι χρεώσεις καναλιού.

Το **κόστος φόρτωσης και εκφόρτωσης του φορτίου** αντιπροσωπεύει σημαντικό στοιχείο στην εξίσωση του συνολικού κόστους και έχει δοθεί σημαντική προσοχή από τους εφοπλιστές, ιδίως στις επιχειρήσεις τακτικών γραμμών (*liner shipping*). Τα έξοδα διαχείρισης του φορτίου υπολογίζονται από το άθροισμα των εξόδων φόρτωσης, των εξόδων εκφόρτωσης και την αποζημίωση για το κόστος οποιωνδήποτε αξιώσεων μπορεί να προκύψουν.

Και τέλος, το **κόστος του κεφαλαίου** (*capital costs*), το οποίο αποτελεί το 42% του συνολικού ετήσιου κόστους. Παρουσιάζει διαφορετικό χαρακτήρα από τα άλλα κόστη, αφού για παράδειγμα το λειτουργικό και το ταξιδιού αποτελούν αναγκαιότητα για ένα πλοίο ώστε να κινηθεί, σε αντίθεση με το κόστος κεφαλαίου του οποίου οι υποχρεώσεις δεν έχουν κάποιο άμεσο αποτέλεσμα στη φυσική λειτουργία του. Οι υποχρεώσεις αυτές παίρνουν τρεις μορφές όσων αφορά την ταμειακή ροή της εταιρείας :

- την αρχική αγορά και την υποχρέωση αποπληρωμής του ναυπηγείου
- τις περιοδικές πληρωμές με μετρητά σε τράπεζες ή σε επενδυτές μετοχών που διέθεσαν το κεφάλαιο για την αγορά του πλοίου
- τα μετρητά που εισπράχθηκαν κατά την πώληση του σκάφους

Αυτές οι υποχρεώσεις δεν καθορίζονται από τις εμπορικές συναλλαγές του πλοιοκτήτη, όπως για παράδειγμα τα κόστη καυσίμων, αλλά είναι αποτέλεσμα των οικονομικών αποφάσεων της εταιρείας.

1.2 Αντικείμενο και στόχος της εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί, σε πρώτο στάδιο, η διατύπωση των λειτουργικών εξόδων των εμπορικών πλοίων και συγκεκριμένα των φορτηγών. Στη συνέχεια, η κατανόηση όλων των παραμέτρων που τα αποτελούν, συνθέτοντας διαφορετικούς μαθηματικούς τύπους για τον υπολογισμό τους.

Σε συνέχεια των παραπάνω, ως επιμέρους στόχοι τίθενται η ανάπτυξη μεθοδολογίας για τη δημιουργία ενός μοντέλου υπολογισμού του κόστους καθώς επίσης και η σύγκριση του μοντέλου με πραγματικά στοιχεία από ναυτιλιακές εταιρείες, με απώτερο στόχο την εφαρμογή του μοντέλου σε υποθετικά σενάρια θαλάσσιων μεταφορών.

1.3 Διάρθρωση της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο περιέχονται εισαγωγικές πληροφορίες, βασικές έννοιες και ορίζεται το αντικείμενο της εργασίας ως προς τον σκοπό και τους επιμέρους στόχους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρατίθενται επιπλέον πληροφορίες για την ανάπτυξη του θεωρητικού υποβάθρου της εργασίας και γίνεται αναφορά και ανάλυση διαφόρων ερευνών και εργασιών, που σχετίζονται με το θέμα της διπλωματικής, εστιάζοντας στην δομή του λειτουργικού κόστους ενός πλοίου και στον υπολογισμό του, μέσω μαθηματικών τύπων και προσεγγίσεων.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται η ανάπτυξη της μεθοδολογικής προσέγγισης της εργασίας. Και συγκεκριμένα η συλλογή των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν, η αναλυτική διατύπωση του μοντέλου υπολογισμού του λειτουργικού κόστους ενός πλοίου, καθώς και ο υπολογισμός των παραμέτρων που επηρεάζουν το κόστος αυτό.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται διερεύνηση των εναλλακτικών τρόπων οργάνωσης της θαλάσσιας μεταφοράς (απευθείας σύνδεση ή κυκλικό ταξίδι με πολλαπλούς προορισμούς), σε συνδυασμό με την εφαρμογή του μοντέλου που δημιουργήθηκε, σε υποθετικά σενάρια θαλάσσιας μεταφοράς από και προς τα επιλεγμένα λιμάνια της Ελλάδας και της Ιταλίας.

Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και οι παρατηρήσεις επί της εφαρμογής καθώς και οι εισηγήσεις για περαιτέρω έρευνα.

2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Η βιβλιογραφική επισκόπηση είναι μια συλλογή από επιλεγμένες δημοσιευμένες πηγές σχετικές με το θέμα της εργασίας / το αντικείμενο έρευνας, οι οποίες συνοδεύονται από σχολιασμό, κριτική ανάλυση των περιεχομένων και παράθεση σε ορισμένες περιπτώσεις των βασικών συμπερασμάτων κάθε μελέτης/ έρευνας. Δεν περιορίζεται μόνο σε βιβλία και άρθρα περιοδικών, αλλά αντικείμενό της μπορεί να αποτελέσει και ποικίλο άλλο υλικό πληροφόρησης, όπως π.χ. ηλεκτρονικές ιστοσελίδες [10].

Στις ενότητες που ακολουθούν, εκτίθενται και αναλύονται διάφορες εργασίες, έρευνες και δημοσιεύσεις άμεσα συνδεδεμένες με το θέμα της διπλωματικής εργασίας αλλά και των ερωτημάτων που τίθενται προς διερεύνηση.

Συγκεκριμένα θα αναφερθούν τα θέματα που σχετίζονται με το λειτουργικό κόστος ενός πλοίου, τα οποία περιλαμβάνουν όλα εκείνα τα έξοδα που συνδέονται με την λειτουργία του, είτε αυτό ταξιδεύει στη θάλασσα είτε παραμένει στη στεριά (σε λιμάνια ή για περιοδική συντήρηση).

Σημαντικό θεωρείται το βιβλίο του Βρετανού οικονομολόγου Stopford M. (2009) [9]. Στο βιβλίο του αυτό, πραγματεύεται την οικονομία γενικότερα της ναυτιλιακής αγοράς, των ναυτιλιακών εταιρειών, καθώς και τα θαλάσσια συστήματα μεταφοράς και το εμπόριο. Επίσης, αναφέρεται στον εμπορικό στόλο σαν σύνολο και αναλύει την προσφορά που μπορεί να διαθέσει, καταλήγοντας στο ότι στο χώρο της ναυτιλίας χρειάζεται πρόβλεψη και προγραμματισμός. Οι περισσότερες εργασίες και αναφορές στα οικονομικά στοιχεία ενός πλοίου βασίζονται στα βιβλία του συγκεκριμένου συγγραφέα.

Επίσης, σημαντική θεωρείται η έκθεση Organization and Economics of Shipping Company, Zanne M. (2010) [11]. Στην συγκεκριμένη έκθεση αναλύεται η οργανωτική δομή μιας ναυτιλιακής εταιρείας καθώς και τα οικονομικά στοιχεία που αυτή διαχειρίζεται.

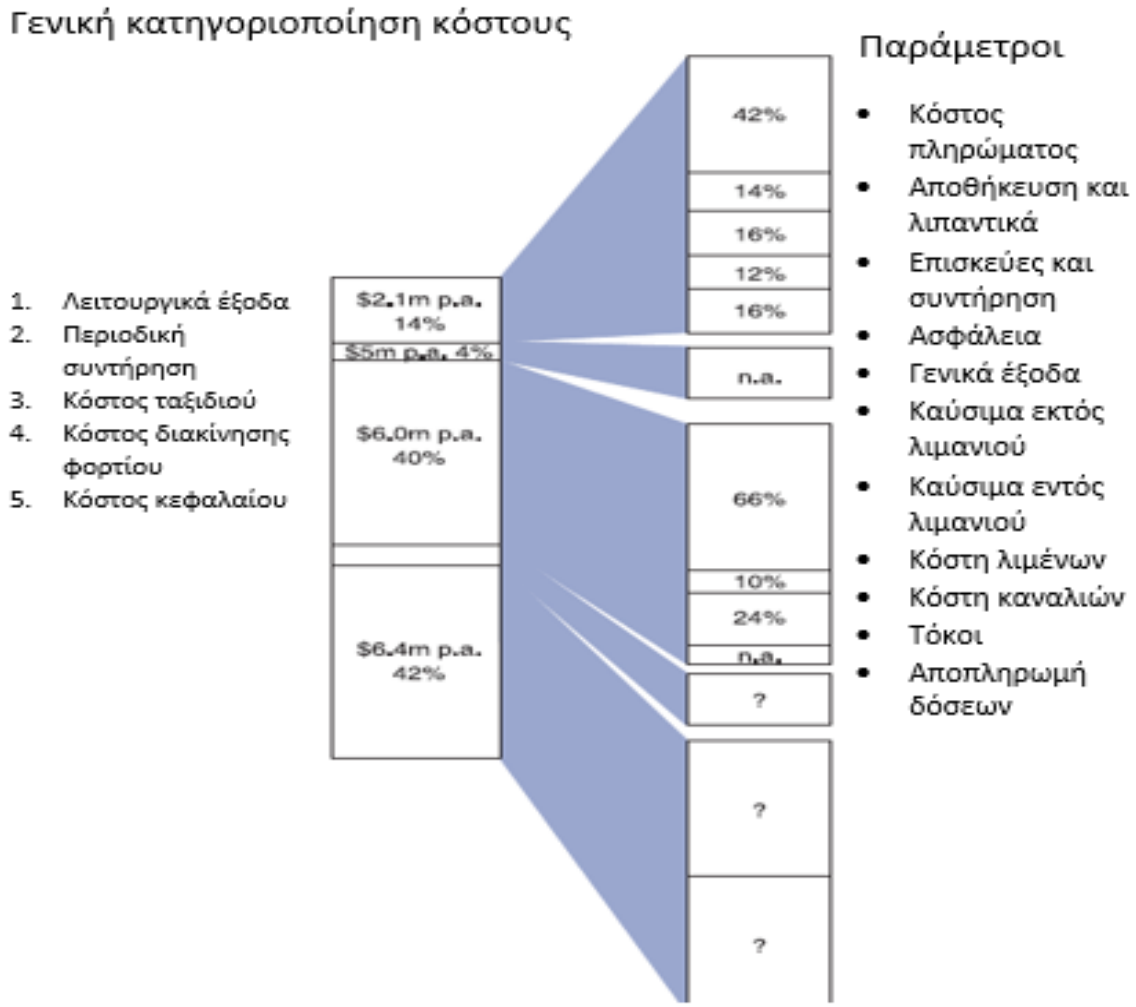
Μία ακόμη σημαντική έρευνα είναι του καθηγητή, Ventura M. (2010) [12]. Η έρευνα αυτή αναφέρεται στο κόστος απόκτησης και λειτουργίας ενός πλοίου, παραθέτοντας χρήσιμους μαθηματικούς τύπους για τον υπολογισμό τους.

Ακόμη μία αναφορά γίνεται στη δημοσίευση του Γραφείου Οικονομικών Μεταφορών της Καμπέρα (B.T.E.). Η έκθεση αυτή προετοιμάστηκε από τους Gentle N. F. και Perkins R. J. (1983) [13]. Θεωρεί ότι οι εκτιμήσεις των λειτουργικών εξόδων των πλοίων έχουν κεντρικό ρόλο στην ανάλυση του φάσματος των ζητημάτων στην ναυτιλία και στη λειτουργία και τις επενδύσεις των λιμανιών. Ως μέρος της μελέτης της B.T.E., έχουν συγκεντρωθεί αρκετές πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία των πλοίων. Επίσης, έχει γίνει γενίκευση αυτών των πληροφοριών σε στατιστικές σχέσεις για τρεις τύπους πλοίων που εξυπηρετούν την Αυστραλία, στα Bulk, στα Ro-Ro και στα Containerships.

Χρήσιμη βιβλιογραφική πηγή αποτελεί η διπλωματική << On the Reduction of Fuel Consumption Of Bulk Carriers >> (2013) [14]. Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στον τομέα Ναυπηγών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Αναλύεται ο σχεδιασμός και οι λειτουργικές παράμετροι που επηρεάζουν την κατανάλωση καυσίμου, οι μέθοδοι υπολογισμού της αντίστασης της γάστρας, η δύναμη της μηχανής και η κατανάλωση. Επίσης, παρουσιάζονται τρεις διαφορετικές περιπτώσεις πλοίων με διαφορετικές συνθήκες φόρτωσης για τις οποίες εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα.

Τέλος, πολύ χρήσιμες πληροφορίες παρουσιάζονται από την εργασία των Bialystockia N. και Konovessis D. με τίτλο << On the estimation of ship's fuel consumption and speed curve: A statistical approach >> [15]. Το επιστημονικό αυτό άρθρο αφορά κυρίως την κατανάλωση καυσίμου σε σχέση με την ταχύτητα του πλοίου σε διάφορες καιρικές συνθήκες.

Σύμφωνα λοιπόν με το βιβλίο του Stopford [9], η ανάλυση του κόστους ενός οποιουδήποτε πλοίου γίνεται σε πέντε βασικές κατηγορίες. Με την ανάλυση αυτή, επιτυγχάνεται μια λεπτομερειακή και κατανοητή προσέγγιση της οικονομικής κατάστασης ενός πλοίου, αλλά και της ναυτιλιακής αγοράς. Για τον σκοπό αυτό παρουσιάζεται με την μορφή παραδείγματος ένα δέκα χρόνων Capesize[4] bulk carrier (βλ. Εικόνα 1).



Εικόνα 1 Ανάλυση του κόστους ενός 10 χρόνων Capesize bulk carrier

[4] Capesize είναι ένα πλοίο ικανό να διασχίσει το Cape of Good Hope (Ακρωτήρι της Καλής Ελπίδας-Νότια Αφρική) και το Cape Horn (Χιλή-Γη του πυρός).

2.1 Λειτουργικά έξοδα πλοίου

Στη συνέχεια θα γίνει ανάλυση των παραμέτρων του λειτουργικού κόστους παραθέτοντας τους μαθηματικούς τύπους που χρησιμοποιήθηκαν από τη βιβλιογραφία.

Το **κόστος πληρώματος** περιλαμβάνει χρεώσεις όπως οι βασικοί μισθοί, η ασφάλιση των εργαζομένων, η σύνταξη τους, τα τρόφιμα καθώς και κόστη επαναπατρισμού τους. Εξαρτάται από τον αριθμό του πληρώματος, την πολιτική που εφαρμόζει ο ιδιοκτήτης και τη σημαία που χρησιμοποιεί το πλοίο. Ορισμένες φορές το συγκεκριμένο κόστος μπορεί να φθάσει μέχρι και το 50% του λειτουργικού κόστους, ανάλογα με το μέγεθος του πλοίου.

$$N_{crew} = K1_{\text{ΑΡ.ΠΛ.}} + K2_{\text{ΑΡ.ΠΛ.}} * CN / 1000 + K3_{\text{ΑΡ.ΠΛ.}} * (P_{MCR})^{1/2} \quad (1)$$

$$C_{crew}=K1_{\text{ΚΟΣ.ΠΛ.}} * (N_{crew})^{0.95} \quad (2)$$

Όπου:

N_{crew} = αριθμός πληρώματος (US$/έτος),

C_{crew} = κόστος πληρώματος,

CN = μήκος (μεταξύ καθέτων) * πλάτος * βύθισμα,

P_{MCR} = ιπποδύναμη κύριας μηχανής και

$K1_{\text{ΑΡ.ΠΛ.}}$, $K2_{\text{ΑΡ.ΠΛ.}}$, $K3_{\text{ΑΡ.ΠΛ.}}$, $K1_{\text{ΚΟΣ.ΠΛ.}}$: σταθεροί συντελεστές οι οποίοι δίνονται στους επόμενους πίνακες [12].

Πίνακας 1 Συντελεστές υπολογισμού του αριθμού πληρώματος

Τύπος πλοίου	$K1_{\text{ΑΡ.ΠΛ.}}$ Μοντέλο Α	$K1_{\text{ΑΡ.ΠΛ.}}$ Μοντέλο Β	$K1_{\text{ΑΡ.ΠΛ.}}$ Μοντέλο Γ	$K2_{\text{ΑΡ.ΠΛ.}}$	$K3_{\text{ΑΡ.ΠΛ.}}$
Oil Tankers	10	9	7	0,05	0,020
Bulk Carriers	11	10	7	0,09	0,018

Πίνακας 2 Συντελεστές υπολογισμού του κόστους πληρώματος

Τύπος πλοίου	$K1_{\text{ΑΡ.ΠΛ.}}$ Μοντέλο Α	$K1_{\text{ΑΡ.ΠΛ.}}$ Μοντέλο Β	$K1_{\text{ΑΡ.ΠΛ.}}$ Μοντέλο Γ
Oil Tankers	34000	48000	56000
Bulk Carriers	30000	40000	45000

Τα μοντέλα εκπροσώπησης των πληρωμάτων είναι:

Μοντέλο Α: Ασιάτες (αξιωματικοί, υπαξιωματικοί, ναύτες)

Μοντέλο Β: Βόρειο Ευρωπαίοι (Ευρωπαίοι αξιωματικοί, Ασιάτες υπαξιωματικοί και ναύτες)

Μοντέλο Γ: Νότιο Ευρωπαίοι (Πορτογάλοι αξιωματικοί, υπαξιωματικοί και ναύτες)

Άλλος ένας σημαντικός παράγοντας του λειτουργικού κόστους (περίπου το 15% αυτού), είναι τα **έξοδα σε αναλώσιμα** εφόδια, όπως προμήθειες για τις καμπίνες και λιπαντικά για τις μηχανές (τα περισσότερα καινούρια πλοία έχουν μηχανές ντίζελ για τις οποίες απαιτούνται αρκετές εκατοντάδες λίτρα πετρέλαιο τη μέρα.

$$C_{sup} = K1_{\text{ΠΡΟΜ.ΛΙΠ.}} * N_{crew} + K2_{\text{ΠΡΟΜ.ΛΙΠ.}} * CN^{0.25} + K3_{\text{ΠΡΟΜ.ΛΙΠ.}} * (P_{MCR})^{0.7} \quad (3)$$

Όπου:

C_{sup} = κόστος προμηθειών και λιπαντικών, (US$/έτος)

N_{crew} = αριθμός πληρώματος,

CN = μήκος (μεταξύ καθέτων) * πλάτος * βύθισμα,

P_{MCR} = ιπποδύναμη κύριας μηχανής και

$K1_{\text{ΠΡΟΜ.ΛΙΠ.}}$, $K2_{\text{ΠΡΟΜ.ΛΙΠ.}}$, $K3_{\text{ΠΡΟΜ.ΛΙΠ.}}$: σταθεροί συντελεστές από τον επόμενο πίνακα [12]:

Πίνακας 3 Συντελεστές υπολογισμού του κόστους προμηθειών και λιπαντικών λαδιών

$K1_{\text{ΠΡΟΜ.ΛΙΠ.}}$	3500
$K2_{\text{ΠΡΟΜ.ΛΙΠ.}}$ (Tankers)	5000
$K2_{\text{ΠΡΟΜ.ΛΙΠ.}}$ (Ξηρού φορτίου)	4000
$K3_{\text{ΠΡΟΜ.ΛΙΠ.}}$ (Μηχανή diesel, δίχρονη5)	200
$K3_{\text{ΠΡΟΜ.ΛΙΠ.}}$ (Μηχανή diesel, τετράχρονη)	250
$K3_{\text{ΠΡΟΜ.ΛΙΠ.}}$ (Τουρμπίνα ατμού)	150

Το **κόστος για τη συντήρηση του πλοίου** και τυχόν επισκευές που μπορεί να χρειαστούν εν πλω αποτελεί το 14% του λειτουργικού κόστους και περιλαμβάνει τις εργασίες που απαιτούνται πάνω στο σκάφος ώστε το πλοίο να επιτύχει τις ανάλογες προσδοκίες που έχουν τεθεί από την εταιρεία του, τους διάφορους οργανισμούς (που καθιερώνουν αυτές τις προσδοκίες) καθώς και το ναυλωτή του.

$$C_{M\&R} = K1_{\text{ΕΠ.ΣΥΝΤ.}} * C_O + K2_{\text{ΕΠ.ΣΥΝΤ.}} * (P_{MCR})^{0.66} \quad (4)$$

Όπου:

$C_{M\&R}$ = κόστος επισκευών και συντήρησης (US$/έτος),

C_O = κόστος αγοράς καινούργιου πλοίου,

P_{MCR} = ιπποδύναμη κύριας μηχανής και

$K1_{\text{ΕΠ.ΣΥΝΤ.}}$, $K2_{\text{ΕΠ.ΣΥΝΤ.}}$ σταθεροί συντελεστές [12]:

[5] Ένας δίχρονος κινητήρας είναι ένας τύπος κινητήρα εσωτερικής καύσης ο οποίος ολοκληρώνει έναν κύκλο ισχύος με δύο διαδρομές (κινήσεις πάνω και κάτω) του εμβόλου κατά τη διάρκεια μίας μόνο περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα. Αντίστοιχα ο τετράχρονος χρειάζεται τέσσερα ξεχωριστά χτυπήματα.

Πίνακας 4 Συντελεστές υπολογισμού του κόστους επισκευών και συντήρησης

$K1_{ΕΠ.ΣΥΝΤ.}$	0,0035
$K2_{ΕΠ.ΣΥΝΤ.}$ (Μηχανή diesel, δίχρονη)	105
$K2_{ΕΠ.ΣΥΝΤ.}$ (Μηχανή diesel,τετράχρονη)	125
$K2_{ΕΠ.ΣΥΝΤ.}$ (Τουρμπίνα ατμού)	75

Το **κόστος ασφάλισης** καλύπτει το 14% του λειτουργικού κόστους. Παρόλα αυτά είναι ένα κόστος το οποίο διαφέρει από πλοίο σε πλοίο. Όπως αναλύθηκε και στο 1ο κεφάλαιο το κόστος αυτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το ιστορικό της ναυτιλιακής εταιρείας στην οποία ανήκει το πλοίο (δηλαδή αν εμπλέκεται συχνά σε διαμάχες αποζημιώσεων) και την αξία του πλοίου (την ηλικία και την κατάσταση στην οποία βρίσκεται).

$$C_{INS} = K1_{ΑΣΦ.} * V_S + K2_{ΑΣΦ.} * GT \quad (5)$$

Όπου:

C_{INS} = κόστος ασφάλειας (US$/έτος),

V_S ορίζεται η ταχύτητα (εκφρασμένη σε knot's),

GT είναι το Gross Tonnage (ολική χωρητικότητα) του πλοίου και

$K1_{ΑΣΦ.}$, $K2_{ΑΣΦ}$ σταθεροί συντελεστές [12]:

Πίνακας 5 Συντελεστές υπολογισμού του κόστους ασφάλειας

	$K1_{ΑΣΦ.}$	$K2_{ΑΣΦ.}$
Tankers DW < 20000	0,019	12,00
Tankers 20000 < DW < 80000	0,013	5,50
Tankers DW > 80000	0,008	2,75
Ξηρού φορτίου DW < 20000	0,010	11,50
Ξηρού φορτίου 20000 < DW < 80000	0,008	5,00
Ξηρού φορτίου DW > 80000	0,006	2,50

Άλλος ένας τρόπος υπολογισμού του κόστους ασφάλειας ενός πλοίου παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 6 Συντελεστές υπολογισμού του κόστους ασφάλισης (σε $/ημέρα και το Dwt σε χιλιάδες τόνους) [13]

*Ημερήσιο κόστος ασφάλειας, I = α * (Dwt)β*	*α*	*β*
Bulk	41,32	0,6028
Ro-Ro	85,99	0,6942
Container	39,65	0,8528

Καθώς επίσης και μέσω της σχέσης:

C_{INS}=1925* (N_{CREW} + GRT/1000) *(6)*

Όπου [14]:

C_{INS} = κόστος ασφάλειας (US$/έτος),

N_{crew} = αριθμός πληρώματος και

GRT = Gross Registered Tonnage (ολική χωρητικότητα)

Τέλος, το κόστος που αναφέρεται στα διοικητικά έξοδα, τα τέλη που πληρώνονται στα λιμάνια, τα τέλη εγγραφής για εκμετάλλευση της σημαίας που χρησιμοποιεί το πλοίο και άλλα:

Πίνακας 7 Κόστος γενικών εξόδων [12]

	C_{ADM} (US$/έτος)
Tankers	150000
Ξηρού φορτίου	120000

C_{GEN} = 6500 + 70*(L_{BP}*B*D/100) *(7)*

Όπου [14]:

C_{GEN} = κόστος γενικών εξόδων (US$/έτος),

L_{BP} = μήκος μεταξύ καθέτων, B = πλάτος, D = βύθισμα

2.2 Κόστος περιοδικής συντήρησης πλοίου

Στη συνέχεια παρατίθεται ένας πίνακας στον οποίο αναλυτικά παρουσιάζονται όλες οι διαδικασίες της περιοδικής συντήρησης (periodic maintenance) ανάλογα με την ηλικία του πλοίου [9].

Πίνακας 8 Πλοίο Capesize, κόστη περιοδικής συντήρησης στην διάρκεια ζωής του πλοίου (1993,τιμές σε δολάρια)

	ΗΛΙΚΙΑ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ				
	0 ως 5	6 ως 10	11 ως 15	16 ως 20	
Χρόνος μη λειτουργίας του πλοίου (σε μέρες)	20	23	40	40	
Χρόνος συντήρησης (σε μέρες)	10	14	23	18	
Κόστος (σε δολάρια)					**Σύνολο**
Χρέωση συντήρησης	62.000 $	68.000 $	81.500 $	74.000 $	285.500 $
Λιμένας, ρυμούλκηση, πρακτορείο	70.000 $	73.300 $	92.000 $	92.000 $	327.300 $
Γενικά έξοδα	80.000 $	92.000 $	160.000 $	160.000 $	492.000 $
Εργασίες συντήρησης της γάστρας	102.800 $	128.800 $	183.600 $	99.000 $	514.200 $
Βάψιμο (συνολικά)	164.100 $	175.500 $	207.000 $	194.100 $	740.700 $
Αντικατάσταση χάλυβα (συνολικά)	70.000 $	350.000 $	1.190.000$	840.000 $	2.450.000$
Χώροι φορτίου	22.200 $	64.200 $	126.000 $	150.000 $	362.400 $
Χώροι έρματος	36.400 $	23.200 $	26.000 $	47.400 $	133.000 $
Ανοίγματα και εξοπλισμός καταστρώματος	28.000 $	56.320 $	60.560 $	60.560 $	205.440 $
Κύρια μηχανή και προώθηση	46.000 $	42.000 $	48.000 $	48.000 $	184.000 $
Βοηθητική μηχανή	27.000 $	34.000 $	134.000 $	44.000 $	239.000 $
Σωλήνες και βαλβίδες	18.000 $	37.000 $	50.000 $	34.000 $	139.000 $
Πλοήγηση και επικοινωνίες	9.000 $	11.000 $	11.000 $	11.000 $	42.000 $
Διαμονή	6.000 $	8.000 $	7.000 $	7.000 $	28.000 $
Έρευνες και επιθεωρητές	70.000 $	78.500 $	113.000 $	108.000 $	369.500 $
Διάφορα	100.000 $	100.000 $	100.000 $	100.000 $	400.000 $
Ανταλλακτικά και υπεργολάβοι	70.000 $	100.000 $	100.000 $	120.000 $	390.000 $
Παρουσία του ιδιοκτήτη	23.800 $	25.600 $	35.800 $	35.800 $	121.000 $
Συνολικά	1.005.300 $	1.467.420$	2.725.460$	2.224.860$	7.423.040$
Μέσο ετήσιο κόστος	201.060 $	293.484 $	545.092 $	444.972 4	
Μέσο ημερήσιο κόστος	551 $	804 $	1.493 $	1.219 $	

Το μέσο κόστος περιοδικής συντήρησης μπορεί να υπολογιστεί ως συνάρτηση του κόστους απόκτησης του πλοίου, και διανέμεται ετησίως:

$$C_{DOCK}=K1_{ΠΕΡ.ΣΥΝΤ.}*C_O \quad (8)$$

Όπου C_O είναι το κόστος απόκτησης (US$/έτος) του πλοίου και ο συντελεστής $K1_{ΠΕΡ.ΣΥΝΤ.}$ εξαρτάται από τον τύπο του πλοίου σύμφωνα με τον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 9 Συντελεστής για τον υπολογισμό του κόστους περιοδικής συντήρησης [12]

	$K1_{ΠΕΡ.ΣΥΝΤ}$
Tankers και Bulk carriers	0,005
Cargo liners	0,006

Άλλος τρόπος υπολογισμού είναι μέσω του επόμενου πίνακα:

Πίνακας 10 Κόστος συντήρησης (σε $/ημέρα και το Dwt σε χιλιάδες τόνους) [13]

Ημερήσιο κόστος συντήρησης, $M = α * (Dwt)^β$	*α*	*β*
Bulk	50,7	0,6028
Ro-Ro	105,4	0,6942
Container	48,6	0,8528

Μια άλλη εργασία σχετική με το θέμα είναι η 'On the Reduction of Fuel Consumption Of Bulk Carriers' [14], στην οποία ο υπολογισμός του κόστους συντήρησης και επισκευών της μεταλλικής ναυπήγησης δίδεται από τον τύπο:

$C_{rep,st} = 25000 * (L_{BP}*B*D / 10^5)^{2/3}$ *(9)*

Και του μηχανολογικού εξοπλισμού από τον τύπο:

Crep,MA = 13.6 * BHP
(10)

Όπου $C_{rep,st}$, $C_{rep,MA}$ έξοδα συντήρησης και επισκευών της μεταλλικής ναυπήγησης και του μηχανολογικού εξοπλισμού αντίστοιχα,

L_{BP}: μήκος μεταξύ καθέτων,

B: πλάτος,

D: βύθισμα και

BHP: ιπποδύναμη της μηχανής

2.3 Κόστος ταξιδιού

Ο Martin Stopford παραθέτει τον επόμενο τύπο για τον υπολογισμό του κόστους ταξιδιού (voyage costs) [9]:

$$VC= FC + PD + TP + CD \quad (11)$$

Όπου, VC: είναι το voyage costs (κόστος ταξιδιού)

FC: fuel costs (κόστος καυσίμων των κύριων και βοηθητικών μηχανών)

PD: port and light dues (χρεώσεις λιμένα και ελαφρές χρεώσεις)

TP: tugs and pilotage (χρώσεις ρυμούλκησης και πηδαλιούχησης)

CD: canal dues (χρεώσεις καναλιού)

Έξοδα καυσίμων (*fuel costs*): Πρόκειται για την σημαντικότερη παράμετρο του κόστους ταξιδιού. Στις αρχές της δεκαετίας του 70, όταν οι τιμές του πετρελαίου ήταν χαμηλές, για το σχεδιασμό ενός πλοίου δε δινόταν τόσο μεγάλη σημασία στην κατανάλωσή του. Έτσι, τοποθετούνταν τουρμπίνες, για μεγαλύτερη ιπποδύναμη και τα χαμηλότερα κόστη συντήρησης ισοστάθμιζαν την εξαιρετικά μεγάλη κατανάλωση. Όμως την περίοδο 1970-85 οι τιμές των καυσίμων αυξήθηκαν κατά 950% (Εικόνα 2), με αποτέλεσμα να γίνουν αναγκαίες αλλαγές στο σχεδιασμό και τη λειτουργία των πλοίων με σκοπό τη μείωση των καταναλώσεων.

Όταν το πλοίο ταξιδεύει η κατανάλωση του σε καύσιμα εξαρτάται από την κατάσταση της γάστρας και την ταχύτητά του. Για τον σχεδιασμό ενός πλοίου οι ναυπηγοί βελτιστοποιούν τη γάστρα και την απόδοση της μηχανής, με βάση μία προκαθορισμένη ταχύτητα σχεδιασμού που μπορεί να είναι για παράδειγμα, 15 knot's για ένα bulk carrier και 18 knot's για ένα μικρό containership. Η λειτουργία του πλοίου σε χαμηλές ταχύτητες έχει ως αποτέλεσμα μικρότερη κατανάλωση, λόγω της μικρότερης αντίδρασης του νερού στη γάστρα, που σύμφωνα με το 'νόμο του κύβου':

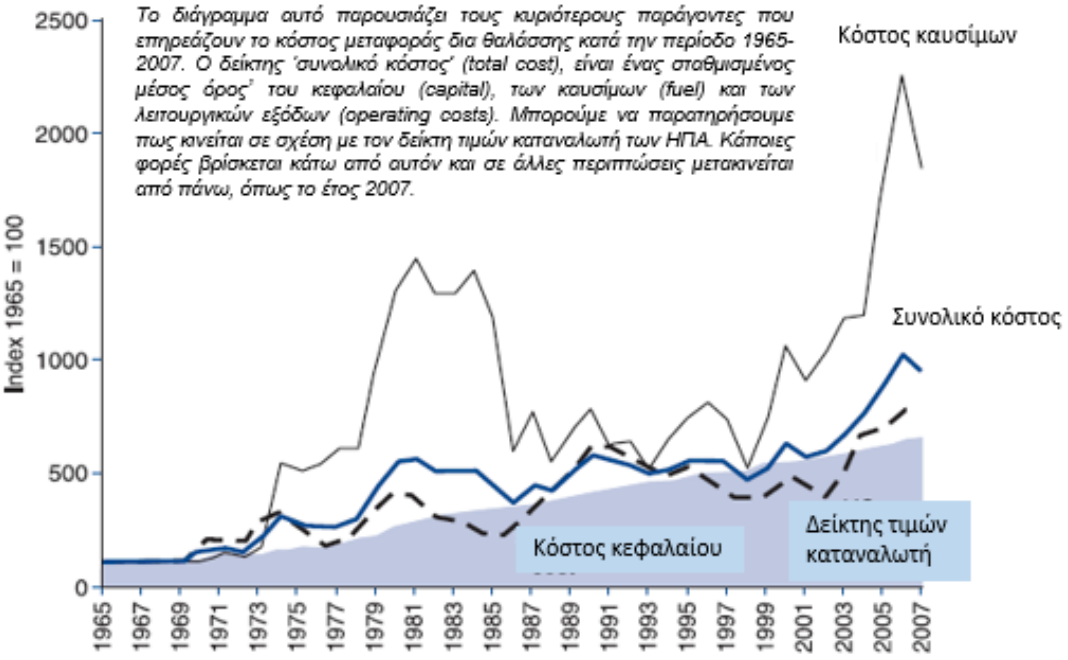
$$F= F^* \times (S/S^*)^{\alpha} \quad (9)$$

Όπου, F είναι η πραγματική κατανάλωση (σε τόνους/ημέρα), S η πραγματική ταχύτητα, F* η κατανάλωση σχεδιασμού και S* η ταχύτητα σχεδιασμού. Η παράμετρος α έχει τιμή 3 για μηχανές ντίζελ και 2 για ατμοστρόβιλους. Σαν συμπέρασμα λοιπόν, έχουμε ότι η κατανάλωση του πλοίου σε καύσιμα είναι άμεσα συνδεδεμένη και ευαίσθητη στην ταχύτητα. Στον επόμενο πίνακα φαίνεται η σχέση της κατανάλωσης με την ταχύτητα ενός Panamax bulk carrier.

Πίνακας 11 Ημερήσια κατανάλωση καυσίμου ενός Panamax bulk carrier σε σχέση με την ταχύτητά του [9]

Ταχύτητα (σε knot's)	*Κατανάλωση κύριας μηχανής (σε τόνους/ημέρα)*
16	44
15	36
14	30
13	24
12	19
11	14

Μπορεί να υπάρχουν μεγάλες διαφορές στην κατανάλωση καυσίμων παρόμοιων σε μέγεθος και ταχύτητα πλοίων. Για παράδειγμα, η κατανάλωση δύο Panamax bulk carrier που λειτουργούν στην ίδια ταχύτητα μπορεί να διαφέρει κατά 20-30% ανάλογα την ηλικία, τον μηχανικό εξοπλισμό και την κατάσταση της γάστρας. Προφανώς η σημασία του κόστους αυτής της διαφοράς στην αποδοτικότητα εξαρτάται από την τιμή των καυσίμων.



Εικόνα 2 Κόστος καυσίμων με βάση την τιμή καυσίμων θαλάσσης 380 cSt, Ρότερνταμ (το κόστος κεφαλαίου βάσει της τιμής νέας κατασκευής του πετρελαιοφόρου Aframax σε $ και άλλα έξοδα βάσει του δείκτη τιμών καταναλωτή των ΗΠΑ)

Στην συνέχεια παρατίθενται κάποιες τυπικές καταναλώσεις καυσίμων, ανάλογα με τον τύπο της μηχανής που χρησιμοποιείται:

Πίνακας 12 Κατανάλωση καυσίμου ανάλογα με τον τύπο μηχανής [12]

Τύπος μηχανής		*Κατανάλωση(kg/kWh)*[6]
Μηχανές ντίζελ[7]	Χαμηλής ταχύτητας(δίχρονη)	0,17
	Μέσης ταχύτητας(δίχρονη)	0,18
	Μέσης ταχύτητας(τετράχρονη)	0,20
	Υψηλής ταχύτητας(τετράχρονη)	0,22
Μηχανές ατμού[8]*(πετρελαίου)*	Ο ατμός δεν αναθερμαίνεται, μέχρι 2 προθερμαντήρες	0,28
	Ο ατμός δεν αναθερμαίνεται, μέχρι 5 προθερμαντήρες	0,26
	Ο ατμός αναθερμαίνεται	0,24
	Μηχανές ατμού(άνθρακα)	0,41
Τουρμπίνες αερίου[9]	Μη ανανεώσιμος κύκλος	0,34
	Ανανεώσιμος κύκλος	0,285
	Κύκλος STAG10	0,25
Μηχανές ηλεκτρικής ενέργειας	Ντίζελ	0,25
	Ατμού(κανονική)	0,31
	Τούρμπο-γεννήτριες	0,36

[6] kWh ονομάζεται η Κιλοβατώρα και είναι μονάδα μέτρησης της ενέργειας, Μία kWh ισοδυναμεί με 3.600.000 τζάουλ.

[7] Ο πετρελαιοκινητήρας(μηχανή ντίζελ) είναι ένας κινητήρας εσωτερικής καύσης που λειτουργεί με συμπίεση μόνο του αέρα. Ο κινητήρας ντίζελ έχει την υψηλότερη θερμική απόδοση (απόδοση κινητήρα) οποιουδήποτε πρακτικού εσωτερικού ή εξωτερικού κινητήρα καύσης.

[8] Είναι μηχανή η οποία λειτουργεί με ατμό. Το νερό θερμαίνεται, μετατρέπεται σε ατμό και περιστρέφει έναν ατμοστρόβιλο. Αφού διέλθει από τον στρόβιλο, ο ατμός συμπυκνώνεται σε συμπυκνωτή. Η μεγαλύτερη διακύμανση στον σχεδιασμό μηχανών ατμού οφείλεται στις διάφορες πηγές καυσίμων(πετρέλαιο, άνθρακας κ.α.).

[9] Ένας αεριοστρόβιλος, που ονομάζεται επίσης και στρόβιλος καύσης, είναι ένας τύπος μηχανής εσωτερικής καύσης. Διαθέτει έναν ανάντη περιστρεφόμενο συμπιεστή συνδεδεμένο με έναν προς τα κάτω στρόβιλο και έναν θάλαμο ή περιοχή καύσης, που ονομάζεται καυστήρας.

[10] STAG (Steam And Gas) είναι ένα βελτιστοποιημένο και συμβατό σύστημα (υψηλής τεχνολογίας) εξοπλισμού για παραγωγή ενέργειας, λογισμικού και υπηρεσιών για εύκολη ενσωμάτωση των βοηθητικών μηχανών του ιδιοκτήτη.

Καθώς και οι σχετικοί τύποι από την δημοσίευση του Γραφείου Οικονομικών Μεταφορών της Καμπέρα, που αφορούν την κατανάλωση όταν το πλοίο βρίσκεται εκτός λιμανιού στη θάλασσα και όταν βρίσκεται μέσα στο λιμάνι:

Πίνακας 13 Ημερήσια κατανάλωση καυσίμου στη θάλασσα [13]

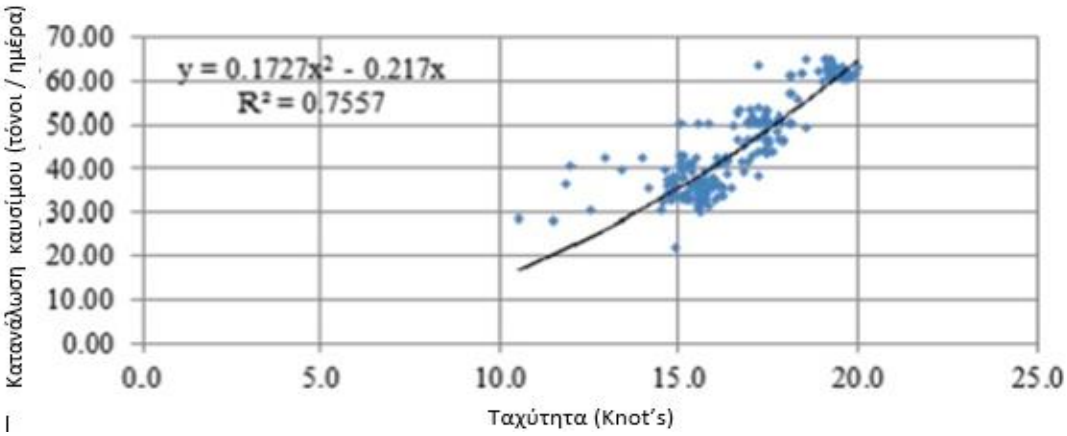
E = α * (Dwt)β + γ	α	β	γ	α	β	γ
Bulk	4,65	0,579	3,0	7,19	0,579	0
Ro-Ro	5,57	0,905	0,0	-	-	-
Container	2,86	1,16	0,0	3,69	1,16	0

Πίνακας 14 Ημερήσια κατανάλωση καυσίμου στο λιμάνι [13]

F = α + β * Dwt	α	β	α	β
Bulk	4,5	0,0	9,0	0,0
Ro-Ro	1,13	0,44	-	-
Container	0,17	0,52	0,22	0,69

Όπου η ημερήσια κατανάλωση E και F υπολογίζεται σε τόνους (MFO[11]) / ημέρα και το Dwt σε χιλιάδες τόνους. Οι τρεις πρώτες μεταβλητές αναφέρονται σε μηχανές ντίζελ και οι υπόλοιπες τρεις σε ατμού.

Τέλος, το διάγραμμα από το επιστημονικό άρθρο των Nicolas Bialystockia και Dimitris Konovessis [15]:



Διάγραμμα 1 Συνάρτηση υπολογισμού της κατανάλωσης καυσίμου σε σχέση με την ταχύτητα του πλοίου

Συνεχίζοντας την ανάλυση του κόστους ταξιδιού, οι **χρεώσεις λιμένα (*port charges*)** περιλαμβάνουν διάφορα τέλη που αφορούν είτε το πλοίο είτε το εμπόρευμα για τη

[11] Marine fuel oil

χρήση των εγκαταστάσεων και υπηρεσιών που παρέχονται από το λιμάνι. Τα λιμενικά τέλη επιβάλλονται στο πλοίο για τη γενική χρήση των λιμενικών εγκαταστάσεων, συμπεριλαμβανομένης της φόρτωσης, καθώς και τα τέλη αποβάθρας και την παροχή της βασικής λιμενικής υποδομής. Οι πραγματικές χρεώσεις μπορούν να υπολογίζονται με τέσσερις διαφορετικούς τρόπους με βάση: τον όγκο του φορτίου, το βάρος του φορτίου, την ολική χωρητικότητα του σκάφους ή την καθαρή καταχωρημένη χωρητικότητα του σκάφους. Τα τέλη εξυπηρέτησης καλύπτουν τις διάφορες υπηρεσίες που χρησιμοποιεί το πλοίο στο λιμάνι, συμπεριλαμβανομένης της πλοήγησης, της ρυμούλκησης και του χειρισμού του φορτίου. Το πραγματικό ποσό των λιμενικών εξόδων εξαρτάται από την τιμολογιακή πολιτική της λιμενικής αρχής, το μέγεθος του πλοίου και το χρόνο που περνά το πλοίο στο λιμάνι.

Χρεώσεις καναλιού (*canal dues*): Τα κύρια τέλη που καταβάλλονται είναι για τη διέλευση των καναλιών του Σουέζ και του Παναμά.

Ο φόρος που αποδίδεται για την διάσχιση της διώρυγας του Σουέζ είναι περίπλοκος, διότι βασίζεται σε δύο ελάχιστα γνωστές μονάδες μέτρησης. Τον καθαρό τόνο του καναλιού του Σουέζ (*Suez Canal net ton*) και το, σε ελεύθερη μετάφραση, ειδικό πλάνο δικαιωμάτων (*Special Drawing Rights, SDRs*). Η καθαρή χωρητικότητα του καναλιού του Σουέζ υπολογίζεται είτε από έναν νηογνώμονα, είτε από μία επίσημη εμπορική οργάνωση η οποία εκδίδει πιστοποιητικό για την διέλευση του καναλιού. Για τα πλοία που επιθυμούν να διέλθουν από το κανάλι και δε διαθέτουν πιστοποιητικό προσωρινά, ο υπολογισμός των τελών πραγματοποιείται συνδυάζοντας την ακαθάριστη και την καθαρή χωρητικότητα (*net + gross tonnage*), διαιρώντας το με δύο και προσθέτοντας το 10%. Στη συνέχεια, τα τιμολόγια υπολογίζονται με βάση τα *SDRs*. Τα *SDRs* επιλέχθηκαν ως νομισματική μονάδα σε μια προσπάθεια να αποφευχθούν οι ζημίες που οφείλονται στις διακυμάνσεις των συναλλαγματικών ισοτιμιών, καθώς η αξία τους συνδέεται με ορισμένα μεγάλα εθνικά νομίσματα. Τα διόδια για το κανάλι του Suez ανά καθαρό τόνο Suez διαφέρουν ανάλογα με τους τύπους και τα μεγέθη των πλοίων.

Τα τέλη διάσχισης του καναλιού του Παναμά είναι βάσει σταθερού τιμολογίου (ανά καθαρό τόνο), για τα πλοία που διέρχονται φορτωμένα ή με έρμα.

2.4 Κόστος διαχείρισης φορτίου

Το επίπεδο αυτών των δαπανών μπορεί να μειωθεί αν γίνουν επενδύσεις στον σχεδιασμό των πλοίων όσων αφορά τα προηγμένα εργαλεία χειρισμού των φορτίων επί του πλοίου. Παραδείγματος χάρη, ένα πλοίο μεταφοράς δασικών προϊόντων με ανοίγματα και τέσσερις γερανούς ανά άνοιγμα μπορεί να επιτύχει ταχύτερο και πιο οικονομικό χειρισμό του φορτίου από ό,τι ένα συμβατικό φορτηγό χύδην, που χρησιμοποιεί χερσαίους γερανούς [9].

$CHC_{tm} = L_{tm} + DIS_{tm} + CL_{tm}$ *(12)*

Όπου CHC_{tm} είναι το κόστος διακίνησης φορτίου, L_{tm} είναι το κόστος φόρτωσης, DIS_{tm} είναι το κόστος εκφόρτωσης και CL_{tm} είναι οι αξιώσεις του φορτίου (κόστος αποζημίωσης σε περίπτωση φθοράς κ.λ.π.).

2.5 Κόστος κεφαλαίου

Σε αυτό το σημείο θα γίνει αναφορά στην έκθεση την οποία παρέθεσε η βοηθός καθηγητή του Πανεπιστημίου της Λιουμπλιάνα, κυρία Marina Zanne. Εμείς θα αξιοποιήσουμε από αυτή την έκθεση το κόστος κεφαλαίου (capital costs).

Το συγκεκριμένο κόστος εξαρτάται άμεσα από τον τρόπο με τον οποίο έχει αγοραστεί το πλοίο. Σε περίπτωση χρηματοδότησης μέσω δανείου έχουμε τέσσερις σημαντικούς παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψιν. Το μέγεθος του δανείου, η πηγή του δανείου, το επιτόκιο αποπληρωμής[12] και οι όροι που συμφωνήθηκαν κατά την επισύναψή του.

Η τελική τιμή λοιπόν που καλείται να πληρώσει ο δανειολήπτης είναι:

Τελική τιμή = Τιμή μετρητών + τόκοι = Τιμή μετρητών + (ν * μέγεθος της δόσης) *(13)*

Όπου ν αντιπροσωπεύει το συμφωνημένο αριθμό δόσεων.

Οι τύποι που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής :

Δάνειο = τιμή του πλοίου – προκαταβολή (τιμή μετρητών)

Συντελεστής ανάκτησης κεφαλαίου[13] = [ρ * (1+ρ)^ν] / [(1+ρ)^ν-1]

Όπου ρ το επιτόκιο (σε επαρκή χρονική περίοδο για αποπληρωμή)

Δόση = Συντελεστή ανάκτησης κεφαλαίου * Δάνειο

Καταλήγοντας μέσω παραδείγματος (Βλ. Παράρτημα Α), στη φθηνότερη επιλογή απόκτησης ενός πλοίου [11].

Στη συνέχεια της εργασίας γίνεται αναφορά του κόστους του κεφαλαίου με την μορφή της υποτίμησης (*depreciation*). Η υποτίμηση αποδίδεται με δύο διαφορετικές αλλά συσχετισμένες έννοιες. Τη μείωση της αξίας ενός περιουσιακού στοιχείου και την

[12] Επιτόκιο σε ένα δάνειο, είναι η ποσοστιαία απόδοση που υπόσχεται ένας οφειλέτης στο δανειστή του.
[13] Ένας συντελεστής ανάκτησης κεφαλαίου (Capital Recovery Factor,CRF) μετατρέπει μια παρούσα αξία σε μια ροή ίσων ετήσιων πληρωμών για συγκεκριμένο χρόνο, με συγκεκριμένο προεξοφλητικό επιτόκιο (τόκους).

κατανομή του κόστους του, σε περιόδους στις οποίες χρησιμοποιείται. Το κόστος της υποτίμησης εξαρτάται από το κόστος του περιουσιακού στοιχείου, την προσδοκώμενη αξία διάσωσής του, την προβλεπόμενη ωφέλιμη διάρκεια ζωής του και μία μέθοδο κατανομής του κόστους καθ' όλη αυτή τη διάρκεια.

Υπάρχουν πολλές τέτοιες μέθοδοι. Στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιείται ως μέθοδος η γραμμική απόσβεση (*straight line depreciation*), για να ελεγχθεί η ανταγωνιστικότητα της ναυτιλιακής εταιρείας που αγοράζει το πλοίο με μετρητά, σε σύγκριση με την αγορά παίρνοντας δάνειο. Η μέθοδος έχει ως εξής:

> Ετήσιο έξοδο υποτίμησης (ΕΕΥ) = [Κόστος του πλοίου ($) – Αξία διάσωσής του($)] / ωφέλιμη ζωή του πλοίου (χρόνια)
>
> Ημερήσιο έξοδο υποτίμησης (ΗΕΥ) = ΕΕΥ / 350 ημέρες

Όπου: Αξία διάσωσης (ΑΔ) = Εκτόπισμα (τόνους) * Αξία μετάλλου για απόσυρση ($/τόνο). Και γίνεται αναλυτική παρουσίασή της (μέσω παραδείγματος) στο παράρτημα Α.

3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Σε αυτό το κεφάλαιο της διπλωματικής θα διατυπωθούν αναλυτικά τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία και την ανάπτυξη του μοντέλου υπολογισμού του συνολικού λειτουργικού κόστους πλοίων κατηγορίας Tanker και Bulk. Επιπλέον, θα αναλυθούν τα στοιχεία που συλλέχθηκαν και συνθέτουν μαζί με τη βιβλιογραφία το κόστος αυτό.

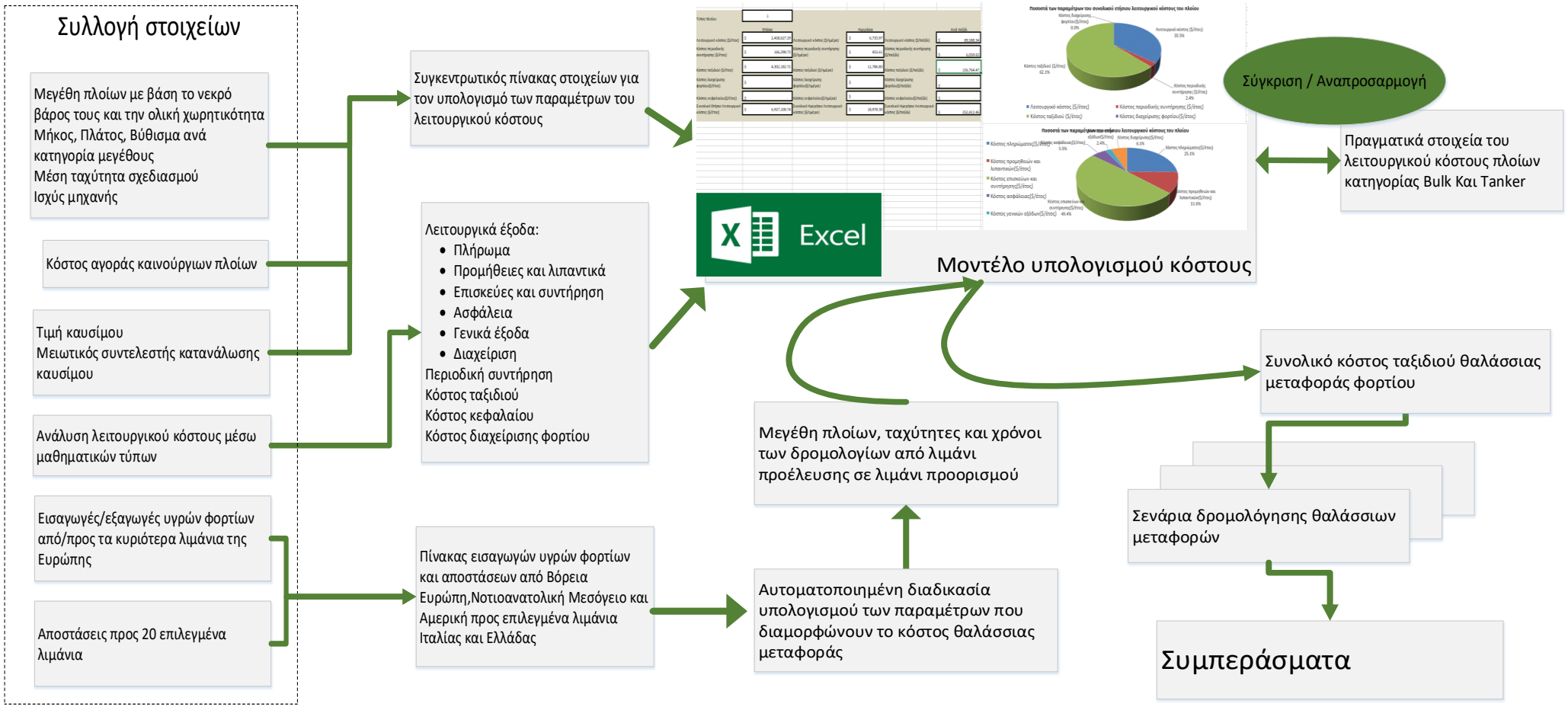
3.1 Μεθοδολογική προσέγγιση

Το μοντέλο που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία αποτελεί μία σύνθεση τύπων υπολογισμού λειτουργικού κόστους που εντοπίστηκαν μέσω της βιβλιογραφικής επισκόπησης του 2ου κεφαλαίου. Το Διάγραμμα 2 παρουσιάζει αναλυτικά τη μορφή του μοντέλου αυτού.

Το μοντέλο αποτελείται από δύο τμήματα και αναπτύχθηκε σε περιβάλλον λογιστικού φύλλου (χρησιμοποιήθηκε το υπολογιστικό πρόγραμμα της Microsoft, excel).

Το 1ο τμήμα δέχεται ως μεταβλητές εισόδου τεχνικά στοιχεία του πλοίου (μέγεθος, μήκος, πλάτος, βύθισμα, ισχύς κ.λ.π.) και σε συνδυασμό με τις εσωτερικές μεταβλητές παράγει ως μεταβλητή εξόδου (αποτέλεσμα) το λειτουργικό κόστος.

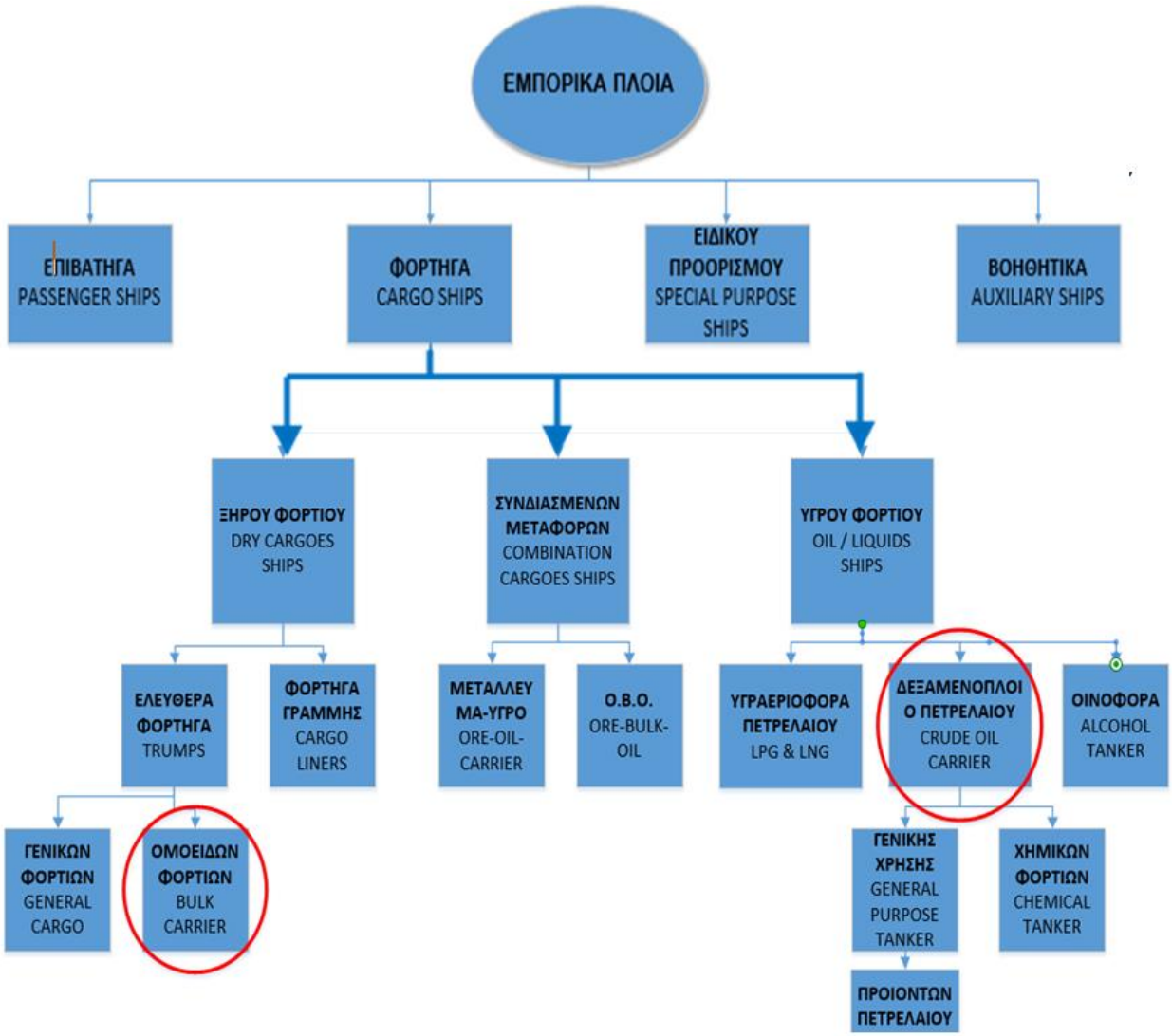
Στο 2ο τμήμα αναπτύχθηκε μια αυτοματοποιημένη επαναληπτική διαδικασία (μακροεντολή σε φύλλο εργασίας excel) η οποία «διαβάζει» τα δεδομένα εισόδου σε πινακοποιημένη μορφή, τα επεξεργάζεται, τα μεταφέρει στα κατάλληλα κελιά μεταβλητών εισόδου του μοντέλου υπολογισμού του λειτουργικού κόστους (στο 1ο τμήμα) και επιστρέφει το αποτέλεσμα του υπολογισμού. Με αυτό τον τρόπο μπορεί και εκτελείται εύκολα και σε σύντομο χρόνο ένας μεγάλος αριθμός υπολογισμών. Διερευνάται το κόστος μεταφοράς (υγρών) φορτίων σε σημαντικό αριθμό ταξιδιών, τα στοιχεία των οποίων εισάγονται ομαδικά με τη μορφή ενός πίνακα δεδομένων (λιμένες προέλευσης, λιμένες προορισμού, απόσταση λιμένων και ποσότητες φορτίου). Οι αποστάσεις μεταξύ των λιμένων έχουν υπολογιστεί μέσω της ηλεκτρονικής ιστοσελίδας https://www.marinetraffic.com/, η οποία παρέχει πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τις μετακινήσεις πλοίων. Τα στοιχεία για τους όγκους των μεταφερόμενων φορτίων συλλέχθηκαν από την βάση δεδομένων της Ευρωπαϊκής Στατιστικής Υπηρεσίας [16] με τη μορφή πίνακα δεδομένων (εισαγωγές υγρών φορτίων στα μεγαλύτερα λιμάνια της Ευρώπης για το έτος 2017). Με την επεξεργασία των στοιχείων αυτών (λιμάνια, αποστάσεις, φορτία) υπολογίζονται τα μεγέθη των πλοίων, οι ταχύτητες και ο χρόνος που χρειάζεται για έναν πλήρη κύκλο ταξιδιού (φόρτωση φορτίου, χρόνος ταξιδιού προς το λιμάνι προορισμού, παραμονή για εκφόρτωση και επιστροφή στο λιμάνι προέλευσης) σε κάθε ένα από τα δρομολόγια που επιλέχθηκαν, έχοντας ως στόχο τη βελτιστοποίηση του συστήματος με ελαχιστοποίηση του κόστους θαλάσσιας μεταφοράς.



Διάγραμμα 2 Μεθολογική προσέγγιση του μοντέλου

3.1.1 Τύποι πλοίων και βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά τους

Έχει γίνει ήδη μία ανάλυση στο 1ο κεφάλαιο όσων αφορά την κατηγοριοποίηση των πλοίων. Παρουσιάζουμε στη συνέχεια σχηματικά την κατηγοριοποίηση αυτή για να τονίσουμε με ποιο κομμάτι θα ασχοληθούμε. Επίσης παρατίθενται στη συνέχεια μερικές εικόνες από χαρακτηριστικούς τύπους πλοίων.



Εικόνα 3 Διαχωρισμός των Φορτηγών πλοίων σε υποκατηγορίες ανάλογα το φορτίο και την χρησιμότητά τους [25]

Πλοίο γενικού φορτίου SANTA FE με Νεκρό Βάρος (dwt): 52934 t και Μέση ταχύτητα: 10.7 knots

Πλοίο ομοειδών φορτίων FORTUNE με Νεκρό Βάρος (dwt): 12693 t και Μέση ταχύτητα: 6.2 knots

Πλοίο φορτηγό γραμμής CONTAINERSHIPS VI με Νεκρό Βάρος (dwt): 13520 t και Μέση ταχύτητα: 18.2 knots

Εικόνα 4 Χαρακτηριστικά πλοία Ξηρού φορτίου (dry cargoes ships) [30]

Πλοίο O.B.O. SKS TUGELA με Νεκρό Βάρος (dwt): 109891 t και Μέση ταχύτητα: 12.5 knots

Πλοίο δεξαμενόπλοιο SAIQ με Νεκρό Βάρος (dwt): 300000 t και Μέση ταχύτητα: 12.9 knots

Πλοίο lng MOZAH με Νεκρό Βάρος (dwt): 130102 t και Μέση ταχύτητα: 13.9 knots

Πλοίο γενικής χρήσης/product carrier OCEAN COUGAR με Νεκρό Βάρος (dwt): 12210 t και Μέση ταχύτητα: 5.7 knots

Πλοίο χημικών φορτίων CHEMICAL DISTRIBUTOR με Νεκρό Βάρος (dwt): 12288 t και Μέση ταχύτητα: 9.7 knots

Εικόνα 5 Χαρακτηριστικά πλοία Συνδυασμένων μεταφορών (combination cargo ships) και Υγρού φορτίου (oil / liquids ships) [30]

Μία άλλη σημαντική κατηγοριοποίηση των φορτηγών πλοίων γίνεται με βάση το μέγεθος τους. Τα πλοία κατηγοριοποιούνται βάσει της μεταφορικής τους ικανότητας, των διαστάσεών τους και των γεωγραφικών περιοχών από τα οποία διέρχονται (κανάλι του Παναμά, διώρυγα του Σουέζ κ. λ .π.). Ως μονάδα μέτρησης της μάζας και του όγκου έχει επικρατήσει ο Τόνος (ton) και οι όροι στους οποίους αναφέρεται είναι [24]:

1. Το εκτόπισμα (*Displacement Tonnage*): είναι η μάζα του νερού που εκτοπίζεται από το πλοίο, μετρούμενη σε τόνους. Διακρίνεται σε άφορτο (πλοίο χωρίς φορτίο) και έμφορτο (όταν το πλοίο είναι φορτωμένο).
2. Το νεκρό βάρος (*Dead weight Tonnage*): προκύπτει ως η διαφορά μεταξύ του εκτοπίσματος όταν το πλοίο είναι πλήρως φορτωμένο και του ωφέλιμου φορτίου. Δηλαδή το ίδιο το πλοίο, εφόδια, νερό, καύσιμα, πλήρωμα κ.α. Εκφράζεται σε τόνους Dwt.
3. Η χωρητικότητα φορτίου (*Freight Tonnage*): εκφράζει (σε τόνους) τη μεταφορική ικανότητα των χώρων του πλοίου, που διατίθεται αποκλειστικά για μεταφορά φορτίου.

Αν αναφερόμαστε σε πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων έχουμε ακόμη μία μονάδα μέτρησης της χωρητικότητας, το TEU[14] [17]. Το TEU είναι μονάδα μέτρησης που ισοδυναμεί με εμπορευματοκιβώτιο μήκους 20 ποδιών (6.10m). Κατά κανόνα τα επιβατηγά πλοία περιγράφονται με την ολική χωρητικότητα (ΚΟΧ ή GRT), τα πολεμικά με το εκτόπισμα και τα φορτηγά με το νεκρό βάρος (DWT). Μία ακόμη μονάδα μέτρησης είναι αυτή της ταχύτητας κίνησης, η οποία εκφράζεται ως κόμβος και ισούται με ένα ναυτικό μίλι ανά ώρα δηλαδή 1,852 χλμ/ώρα.

Επειδή δεν υπάρχει ακριβής προσδιορισμός των πλοίων όσων αφορά την μεταφορική τους ικανότητα έγινε λήψη στοιχείων από διαφορετικές πηγές ηλεκτρονικών ιστοσελίδων, οι οποίες συνέθεσαν τον παρακάτω πίνακα [18], [19], [20], [21]:

[14] Στατιστική μονάδα που βασίζεται σε εμπορευματοκιβώτιο ISO μήκους 20 ποδιών (6,10 m) για την τυποποιημένη μέτρηση εμπορευματοκιβωτίων διαφόρων χωρητικοτήτων και την περιγραφή της χωρητικότητας πλοίων ή τερματικών σταθμών εμπορευματοκιβωτίων. Ένα εμπορευματοκιβώτιο ISO 20 ποδιών ισούται με 1 TEU (Eurostat, 2007)

Πίνακας 15 Ονοματολογία πλοίων ανάλογα με τη χωρητικότητα και τις γεωγραφικές περιοχές που διασχίζουν

ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ	*ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (DWT)*
SEAWAYMAX	<= 28502
HANDY SIZE	15000-35000
HANDYMAX	35000-50000
SUPRAMAX	<= 60000
PANAMAX	55000-80000
NEW PANAMAX	140000-200000
AFRAMAX	<= 120000
SUEZMAX	150000
MALACCAMAX	200000-300000
CAPESIZE	80000-175000
Q-MAX	266000 m3
VLCC	2000000 barrels of oil ή 320000 m3
ULCC	4000000 barrels of oil ή 640000 m3
VLOC	380000-400000
ULOC	>= 300000

Όπου:

SEAWAYMAX: Το μεγαλύτερο μέγεθος πλοίου που μπορεί να διασχίσει το κανάλι (με μπάρες) του St. Lawrence Seaway

PANAMAX: Το μεγαλύτερο μέγεθος πλοίου που μπορεί να διασχίσει το κανάλι του Panama

SUEZMAX: Το μεγαλύτερο μέγεθος πλοίου που μπορεί να διασχίσει το κανάλι του Suez

MALACCAMAX: Το μεγαλύτερο μέγεθος πλοίου που μπορεί να διασχίσει το Malacca Straits (Μαλαισία)

CAPESIZE: Πλοίο μεγαλύτερο από τα Panamax και Suezmax, που δεν μπορεί να διασχίσει τα κανάλια του Παναμά/Σουέζ και πρέπει να περάσει από το Cape of Good Hope (Νότια Αφρική) και το Cape Horn (Χιλή-Γη του πυρός)

VLCC: Very Large Crude Carriers

ULCC: Ultra Large Crude Carriers

VLOC: Very Large Ore Carrier

ULOC: Ultra Large Ore Carrier

Q-MAX: Qatar Max το μεγαλύτερο lng (liquefied natural gas) carrier στον κόσμο

Στην προσπάθεια κατανόησης των συνηθέστερων μεγεθών πλοίων της ναυτιλιακής αγοράς συλλέχθηκαν οι παρακάτω πληροφορίες.

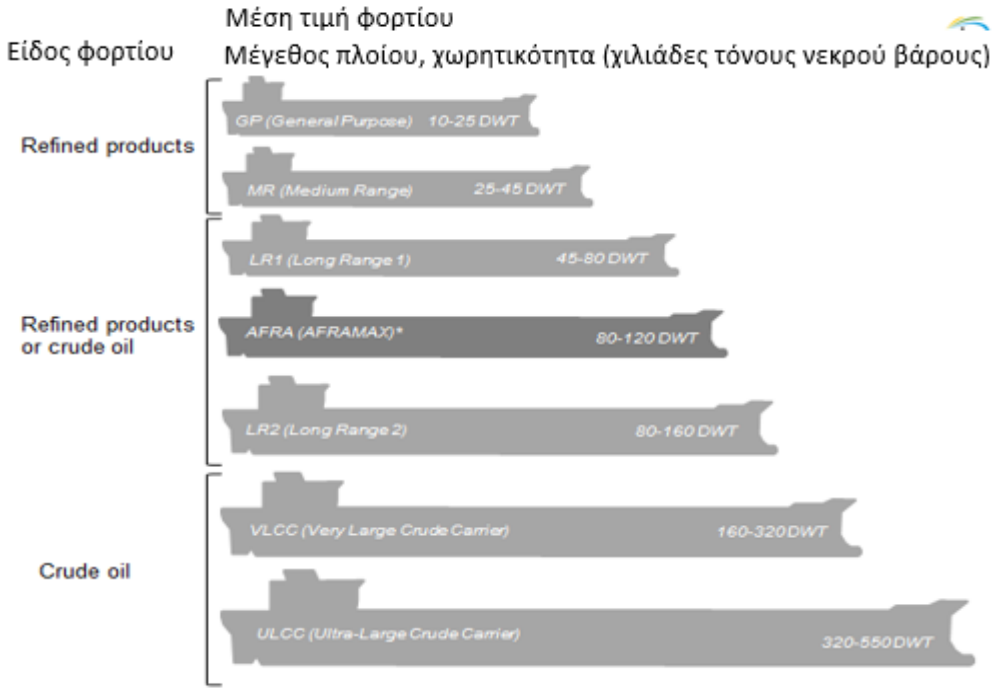
Συνολικός αριθμός πλοίων ανά τύπο και μέγεθος

Ship Type	Small[1]		Medium[2]		Large[3]		Very Large[4]		Total	
General Cargo Ships	4,330	14.6%	11,670	31.8%	201	1.9%			16,201	19.9%
Specialized Cargo Ships	8	0.0%	201	0.5%	52	0.5%	2	0.0%	263	0.3%
Container Ships	16	0.1%	2,256	6.1%	1,584	15.4%	1,038	21.4%	4,894	6.0%
Ro-Ro Cargo Ships	33	0.1%	656	1.8%	605	5.9%	161	3.3%	1,455	1.8%
Bulk Carriers	318	1.1%	3,514	9.6%	4,981	48.3%	1,544	31.8%	10,357	12.7%
Oil and Chemical Tankers	1,772	6.0%	6,440	17.5%	2,301	22.3%	1,483	30.5%	11,996	14.7%
Gas Tankers	40	0.1%	1,034	2.8%	197	1.9%	346	7.1%	1,617	2.0%
Other Tankers	284	1.0%	475	1.3%	5	0.0%			764	0.9%
Passenger Ships	3,568	12.0%	2,476	6.7%	273	2.6%	146	3.0%	6,463	7.9%
Offshore Vessels	2,367	8.0%	4,847	13.2%	94	0.9%	132	2.7%	7,440	9.1%
Service Ships	2,325	7.8%	2,259	6.2%	24	0.2%	5	0.1%	4,613	5.7%
Tugs	14,621	49.3%	900	2.5%					15,521	19.0%
Total	**29,682**	**100%**	**36,728**	**100%**	**10,317**	**100%**	**4,857**	**100%**	**81,584**	**100%**

The world merchant fleet in 2013
Source : Equasis (1) GT<500 - (2) 500≤GT<25.000 - (3) 25.000≤GT<60.000 - (4) GT≥60.000

Εικόνα 6 Συνολικός αριθμός και ποσοστά επί του συνόλου του παγκόσμιου στόλου, ανά τύπο και μέγεθος [22]

Παρατηρούμε ότι τα περισσότερα πλοία Bulk και Tanker ανήκουν στις κατηγορίες Medium και Large, δηλαδή από 500 ως 60.000 gross tonnage (Βλ. παρακάτω).



Εικόνα 7 Κατηγοριοποίηση των Tanker

Τα πλοία κλάσης μεγάλης εμβέλειας (LR) (45.000-160.000) είναι τα πιο κοινά στο παγκόσμιο στόλο δεξαμενόπλοιων, καθώς χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά τόσο των καθαρών προϊόντων όσο και του αργού πετρελαίου [23].

Άλλες έννοιες και ορισμοί

Ο όρος tonnage ως μονάδα όγκου αναφέρεται στα εξής [24] :

A. Χωρητικότητα υπό του καταστρώματος (*Under deck tonnage*): είναι ο συνολικός όγκος του πλοίου που μετριέται από το πάνω μέρος των εδρών, μέχρι το κατάστρωμα καταμετρήσεως. Ως κατάστρωμα καταμετρήσεως θεωρείται το ανώτερο κατάστρωμα αν το πλοίο έχει λιγότερα των τριών ή το δεύτερο σε κάθε άλλη περίπτωση.
B. Ολική χωρητικότητα (*Gross Registered Tonnage*): είναι μέτρο όγκου και εκφράζεται σε κόρους ολικής χωρητικότητας (κοχ ή GRT)[15]. Η ολική χωρητικότητα υπολογίζεται:
αν αθροίσουμε τη χωρητικότητα υπό του καταστρώματος (Under deck tonnage), τον όγκο όλων των κλειστών χώρων πάνω από το ανώτερο κατάστρωμα, τον όγκο των καταστρωμάτων πάνω από το κατάστρωμα καταμετρήσεως και τον όγκο μεταξύ του ανώτερου καταστρώματος και των καλυμμάτων των κυτών (αμπαριών),
και στη συνέχεια αφαιρέσουμε, όλους τους χώρους υγρού έρματος (διπύθμενα, πρωραία και πρυμναία δεξαμενή ζυγοσταθμίσεως) και κάποιους νεκρούς χώρους όπως τα μαγειρεία και το χώρο πηδαλίου.
C. Καθαρή χωρητικότητα (*Net Registered Tonnage*): είναι και αυτή μέτρο όγκου και εκφράζεται σε κόρους καθαρής χωρητικότητας (κοχ ή NRT)[16]. Υπολογίζεται αν από την ολική αφαιρέσουμε τους μη εκμεταλλεύσιμους χώρους, όπως το χώρο πηδαλίου, τους χώρους αγκυρών, αντλιοστασίων, το δωμάτιο χαρτών, το δωμάτιο ασυρμάτου, τους χώρους του συστήματος προώσεως.

Άλλες μονάδες μέτρησης της χωρητικότητας είναι :

- Μετρικός Τόνος (*M.T. = Metric Tonne*): Είναι μονάδα βάρους και ισοδυναμεί με 1000 κιλά
- Ποδότονος (*L.T. = Long Tonne*): Είναι μονάδα βάρους και ισοδυναμεί με 1016 κιλά

Στη συνέχεια δίνονται συγκεκριμένοι ορισμοί για μερικά από τα βασικά μεγέθη που χαρακτηρίζουν ένα πλοίο [25], καθώς και μερικά βασικά στοιχεία της κατασκευής του [26]:

Γάστρα (*Hull*): Γάστρα ονομάζεται το περίβλημα του πλοίου, η κυρτή περιβάλλουσα επιφάνεια που εξασφαλίζει την απαραίτητη στεγανότητα και αποτελείται από τον *πυθμένα* (bottom) και τα *πλευρικά τοιχώματα* (side shell). Ένας άλλος ορισμός της γάστρας είναι ο εξής: Το τμήμα του σκάφους, που περικλείεται από το εξωτερικό περίβλημα «Shell» και καλύπτεται από ένα συνεχές υδατοστεγές κατάστρωμα, που βρίσκεται έξω από το νερό στη κανονική οριζόντια θέση ισορροπίας του πλοίου σε ήρεμο νερό. Μερικές φορές χρησιμοποιείται ο όρος γάστρα, για να εκφραστεί ο όγκος του τμήματος του πλοίου, που βρίσκεται μέσα στο νερό. Εκτός από το συνεχές υδατοστεγές κατάστρωμα, ένα σκάφος μπορεί να έχει και άλλα καταστρώματα «Decks» μη υδατοστεγανά, καθώς επίσης και υπερκατασκευές «Superstructures».

Κατάστρωμα (*Deck*): Οριζόντια επιφάνεια, ισχυρής κατασκευής, που είτε ορίζει την καθ' ύψος έκταση του πλοίου (*ανώτατο κατάστρωμα*), είτε χρησιμεύει στην υποδιαίρεση της γάστρας σε οριζόντιες ζώνες, σε τρόπο ώστε να διευκολύνεται η στοιβασία του φορτίου, ή γενικότερα να εξυπηρετούνται οι διάφορες λειτουργίες του

[15] GRT ή GT ισούται με 100 κυβικά πόδια ή 2.83 κυβικά μέτρα
[16] NRT ή NT ισούται με 100 κυβικά πόδια ή 2.83 κυβικά μέτρα

πλοίου. Συχνά αναφερόμαστε στο *κατάστρωμα αντοχής* (*strength deck*), το ανώτερο δηλαδή κατάστρωμα, συνεχές κατά μήκος, ισχυρής κατασκευής ώστε να συμμετέχει στη διαμήκη αντοχή του πλοίου, στο *κατάστρωμα στεγανών φρακτών* (*bulkhead deck* ή *subdivision deck*), το κατάστρωμα δηλαδή, μέχρι το οποίο εκτείνονται καθ' ύψος οι εγκάρσιες στεγανές φράκτες (συνήθως ταυτίζεται με το κατάστρωμα αντοχής), *κατώτερο ή εσωτερικό κατάστρωμα* ή *υπόφραγμα* (*lower deck* ή *tween deck*), εσωτερικό κατάστρωμα που σε ορισμένους τύπους πλοίων χωρίζει τους χώρους φορτίου σε οριζόντιες ζώνες, διευκολύνοντας τη στοιβασία του φορτίου.

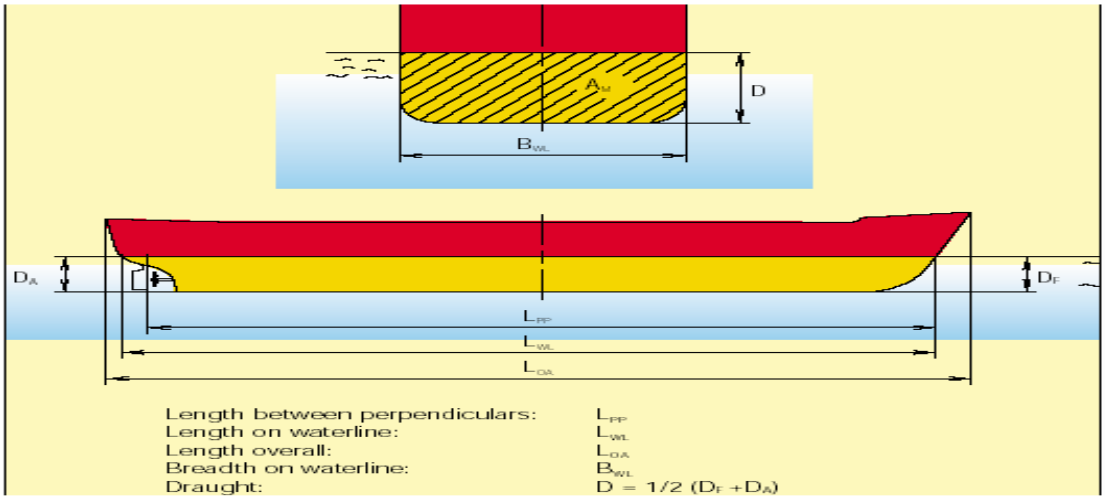
Ίσαλος Γραμμή (*Water Line*): Η τομή της γάστρας με την αδιατάρακτη επιφάνεια της θάλασσας για την εκάστοτε κατάσταση φόρτωσης. Ειδικότερα, ίσαλος σχεδίασης (*design water line*) ονομάζεται η ίσαλος γραμμή του πλοίου, όταν αυτό μεταφέρει το μέγιστο προβλεπόμενο φορτίο (που προφανώς αντιστοιχεί στο μέγιστο προβλεπόμενο βύθισμα-το βύθισμα σχεδίασης).

Ολικό Μήκος (*Length Over All , Loa*): Η οριζόντια απόσταση μεταξύ των δύο ακραίων σημείων του πλοίου στην πλώρη και την πρύμνη. Συχνά παρατηρούμε να αναφέρεται το μήκος ενός πλοίου, χωρίς να προσδιορίζεται ακριβώς σε ποιο από τα ποιο πάνω μήκη γίνεται η αναφορά. Συνήθως, από τους μη ναυπηγούς, ή τη μη εξειδικευμένη βιβλιογραφία, στις περιπτώσεις αυτές υπονοείται το ολικό μήκος. Αντίθετα, μεταξύ ναυπηγών, καθώς και στην εξειδικευμένη τεχνική βιβλιογραφία προτιμάται η χρήση του μήκους μεταξύ καθέτων, καθώς θεωρείται ότι αυτό χαρακτηρίζει ακριβέστερα το μέγεθος του πλοίου. Πέρα από αυτά, πολύ συχνά οι ισχύοντες εθνικοί και διεθνείς κανονισμοί που διέπουν τη σχεδίαση και την κατασκευή του πλοίου, καθώς και οι κανονισμοί των Νηογνωμόνων, χρησιμοποιούν και άλλους ορισμούς του μήκους, ανάλογα με τις κατά περιπτώσεις ανάγκες.

Πλάτος (*Beam, ή Breadth, B*): Η εγκάρσια απόσταση μεταξύ των δύο πλευρών στο μέσον του μήκους του πλοίου. Κατά περίπτωση γίνεται χρήση του μέγιστου πλάτους (*beam over all Boa*) και του πλάτους στην ίσαλο (*beam at waterline Bwl*). Για τα μεγάλα εμπορικά πλοία με τις κατακόρυφες πλευρές, συνήθως το μέγιστο πλάτος συμπίπτει με το πλάτος στην ίσαλο. Τονίζεται ότι όπως και όλες οι άλλες διαστάσεις του πλοίου, το πλάτος μετριέται εσωτερικά των ελασμάτων του περιβλήματος (*moulded breadth*).

Βύθισμα (*Draught, ή Draft, T*): Η κατακόρυφη απόσταση από το βασικό επίπεδο αναφοράς μέχρι την ίσαλο επιφάνεια, μετρούμενη στο μέσο του πλοίου. Ειδικότερα, βύθισμα σχεδίασης (*design draught*) ονομάζεται η κατακόρυφη απόσταση από το βασικό επίπεδο αναφοράς μέχρι την ίσαλο σχεδίασης (συνήθως τη μέγιστη επιτρεπόμενη έμφορτο ίσαλο). Αναφέρεται επίσης συχνά το βύθισμα αντοχής (*scantling draught*), το βύθισμα δηλαδή με βάση το οποίο γίνονται οι υπολογισμοί των στοιχείων αντοχής του πλοίου, και το οποίο συχνά είναι ελαφρά μεγαλύτερο από το βύθισμα σχεδίασης.

Έρμα (*Ballast*): Το πρόσθετο βάρος το οποίο συχνά μεταφέρει ένα πλοίο, πέραν (ή αντί) του φορτίου του, για να αυξήσει το βύθισμα του (όταν πλέει χωρίς φορτίο), για να ελέγξει τη διαγωγή του, ή για να κατεβάσει το κέντρο βάρους του (για λόγους ευστάθειας). Το έρμα διακρίνεται σε μόνιμο, που τοποθετείται στο πλοίο και παραμένει πάντα σε αυτό και μη μόνιμο (υγρό έρμα) που φορτώνεται και ξεφορτώνεται ανάλογα με τις ανάγκες της εκάστοτε κατάστασης φόρτωσης. Σαν μόνιμο έρμα χρησιμοποιούνται συχνά οι λεγόμενες χελώνες (πλάκες κατασκευασμένες από χυτοσίδηρο ή μολύβι), ελάσματα ή βέργες σιδήρου και τσιμέντο. Σαν μη μόνιμο έρμα χρησιμοποιείται θαλασσινό νερό που τοποθετείται σε ειδικά κατασκευασμένες δεξαμενές και αντλείται από αυτές όταν πλέον δεν είναι απαραίτητο.



Εικόνα 8 Βασικά χαρακτηριστικά της κατασκευής ενός πλοίου [27]

Όπου:

L_{PP} είναι το μήκος μεταξύ καθέτων της πλώρης και της πρύμνης

L_{WL} είναι το μήκος του πλοίου που βρίσκεται στην επιφάνεια της θάλασσας

L_{OA} είναι το ολικό μήκος του πλοίου

B_{WL} είναι το πλάτος του πλοίου που βρίσκεται στην επιφάνεια της θάλασσας

D είναι ο μέσος όρος των βυθισμάτων του πλοίου στην πλώρη και στην πρύμνη

Σημαντικός θεωρείται επίσης ο τρόπος με τον οποίο οι ναυτιλιακές εταιρείες διαθέτουν (ναυλώνουν) τα πλοία τους στην αγορά. Οι βασικές μορφές ναύλωσης (μίσθωσης πλοίου) είναι τέσσερις. Η ναύλωση ταξιδιού (voyage charter), η χρονοναύλωση (time charter), η ναύλωση γυμνού πλοίου (bareboat charter) και η ναύλωση συνεχών ταξιδιών (consecutive voyages charter) [ ].

Στη ναύλωση ταξιδιού, ο πλοιοκτήτης αναλαμβάνει την υποχρέωση έναντι του ναυλωτή να μεταφέρει ορισμένη ποσότητα φορτίου από συμφωνημένο λιμάνι φόρτωσης προς συμφωνημένο λιμάνι εκφόρτωσης με αντίτιμο καθορισμένο ποσό ναύλου. Η πλοιοκτήτρια εταιρεία καταβάλλει όλα τα έξοδα που σχετίζονται με το ταξίδι, δηλαδή τα λειτουργικά, τα έξοδα ταξιδιού, κεφαλαίου και χειρισμού του φορτίου.

Στην περίπτωση της χρονοναύλωσης ο πλοιοκτήτης εκμισθώνει το πλοίο του στο ναυλωτή για ένα συμφωνημένο χρονικό διάστημα έναντι χρηματικής αμοιβής, γνωστής ως μίσθωμα (hire). Τα έξοδα που αναλαμβάνει ο πλοιοκτήτης είναι τα λειτουργικά και το κόστος κεφαλαίου. Ενώ ο ναυλωτής (η εταιρεία που νοικιάζει το πλοίο), αναλαμβάνει όλα τα υπόλοιπα έξοδα.

Η ναύλωση γυμνού πλοίου περιλαμβάνει τη μίσθωση του πλοίου από τον πλοιοκτήτη στο ναυλωτή χωρίς πλήρωμα. Αυτό σημαίνει ότι ο ναυλωτής αναλαμβάνει όλα τα έξοδα του πλοίου καθώς επίσης και τα έξοδα για συντήρηση, τα πληρώματα, την ασφάλεια κ.ά., εκτός όμως από τα έξοδα κεφαλαίου.

Με την ναύλωση συνεχών ταξιδιών εκτελούνται συνεχή ταξίδια ανάμεσα σε προκαθορισμένα λιμάνια μέσα σε προσδιορισμένο χρονικό διάστημα. Όσων αφορά τα κόστη, είναι αντίστοιχα της πρώτης μορφής ναύλωσης.

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι υποχρεώσεις του πλοιοκτήτη και αντίστοιχα του ναυλωτή σε κάθε περίπτωση μπορεί να διαφέρουν, ανάλογα τους όρους που έχουν συμφωνηθεί μεταξύ των δύο μερών κατά την υπογραφή της σύμβασης. Για παράδειγμα, στην περίπτωση της χρονοναύλωσης εκτός από τα λειτουργικά έξοδα και το κόστος κεφαλαίου ο πλοιοκτήτης μπορεί να έχει αναλάβει και ένα μέρος των εξόδων χειρισμού του φορτίου.

Επίσης άλλος ένας σημαντικός παράγοντας που λαμβάνεται υπόψιν στη σύμβαση είναι οι καθυστερήσεις που μπορεί να προκύψουν. Σε αυτή την περίπτωση έχουν προβλεφθεί στους όρους του συμβολαίου οι αντίστοιχες χρηματικές αποζημιώσεις.

3.1.2 Εσωτερικές μεταβλητές: τεχνικά χαρακτηριστικά πλοίων μεταφοράς υγρών και χύδην φορτίων

Σύμφωνα με τις έρευνες και τα βιβλία που αναλύθηκαν στο 2ο κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκαν πληροφορίες για την ανάλυση και τον υπολογισμό του συνολικού λειτουργικού κόστους ενός πλοίου. Λόγω της πολυπλοκότητας και των διαφορετικών κάθε φορά περιπτώσεων είναι δύσκολος ο ακριβής υπολογισμός του κόστους λειτουργίας για κάθε είδος πλοίου με μία συγκεκριμένη μέθοδο. Το μοντέλο υπολογισμού αναφέρεται στο κομμάτι της ναυτιλίας που αποτελείται από τα πλοία Bulkers και Tankers, σε μία προσπάθεια δημιουργίας μίας φόρμουλας του κόστους που θα οδηγήσει σε χρήσιμα και ασφαλή συμπεράσματα.

Αρχικά αναλύθηκε το κομμάτι του κόστους, χρησιμοποιώντας τους τύπους που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Στην προσπάθεια λοιπόν για γενίκευση αυτών των τύπων και ένταξή τους σε ένα ενιαίο πλαίσιο δημιουργήθηκαν ορισμένα διαγράμματα υπολογισμού των εκάστοτε παραμέτρων, που αποτελούν το λειτουργικό κόστος.

Πρωτίστως, χρειάστηκαν πληροφορίες (ως εσωτερικές μεταβλητές στις εξισώσεις υπολογισμού, βλ. κεφάλαιο 2) σχετικά με τα χαρακτηριστικά των πλοίων (μεγέθη πλοίων με βάσει το νεκρό βάρος τους και την ολική χωρητικότητα, το μήκος, το πλάτος, το βύθισμα ανά κατηγορία μεγέθους, τη μέση ταχύτητα σχεδιασμού και την ισχύ της μηχανής) [28], [29] :

Πίνακας 16 Μεγέθη πλοίων τύπου Tanker και αντίστοιχες διαστάσεις, ισχύς μηχανής, ταχύτητας και ολικής χωρητικότητας [28]

Μεγέθη πλοίων	*σε dwt*	*Μήκος*Πλάτος*Ύψος (σε m^3)*	*Ισχύς (Ίππους)*	*Ταχύτητα (knot's)*	*Ολική χωρητικότητα (τόνους)*
Small	5000	9600	3136.77	13,5	4000
	8000	14824.8	4423.65	14	5500
Handysize	10000	17670	5496.05	14,5	7500
	15000	25938.36	7640.85	15	12000
	20000	31992	9517.55	15,5	13000
	25000	38581.5	10321.85	15,5	16000
Handymax	30000	44352	9919.7	15	21000
	35000	50688	10724	15	25000
	40000	57645	11394.25	15	27000
	50000	66586.38	12600.7	15	30000
Panamax	60000	80970.12	13539.05	15	37000
	70000	92747.592	14477.4	15	41000
Aframax	85000	112728	16488.15	15	46000
	105000	137323.2	17962.7	15	60000
Suezmax	115000	148500	19169.15	15	65000
	125000	167670	20375.6	15	72000
	150000	194649.6	21448	15	81000
	165000	213720	22520.4	15	85000
VLCC	260000	341857.8	32306.05	15,5	145000
	280000	366966	33512.5	15,5	150000
	300000	394005.6	34718.95	15,5	160000
	319000	419580	36327.55	15,5	165000
ULCC	360000	474331	41019.3	16	190000
	440000	581400	45845.1	16	235000
	560000	734160	56569.1	16	270000

Πίνακας 17 Μεγέθη πλοίων τύπου Bulk και αντίστοιχες διαστάσεις, ισχύς μηχανής, ταχύτητας και ολικής χωρητικότητας [29]

Μεγέθη πλοίων	*σε dwt*	*Μήκος*Πλάτος*Ύψος (σε m^3)*	*Ισχύς (Ίππους)*	*Ταχύτητα (σε knot's)*	*Ολική χωρητικότητα (σε τόνους)*
Small	5000	8664	2024.155	12	3500
	8000	13242.32	3270.82	13	5500
Handysize	10000	16484.13	3914.26	13.5	7000
	20000	30526.56	6662.285	14.2	14000
	30000	43146	8981.35	14.5	20000
Handymax	35000	47400	9021.565	14.5	22500
	45000	59052	11260.2	14.5	27000
	55000	70488.1	12533.675	14.5	32000
Panamax	65000	81295.2	13083.28	14.5	37000
	75000	91457.1	13780.34	14.5	40000
	82000	98993.036	14450.59	14.5	44000
Capesize	80000	100732.5	15053.815	14.5	43000
	100000	127323	17144.995	14.5	55000
	150000	190080	20040.475	14.5	77000
	175000	221085	22520.4	14.7	90000
VLBC	205000	241419.5	24799.25	14.7	106000
	230000	291712	27158.53	14.7	114000
	320000	404376	33083.54	14.7	155000

Όπου:

Η ολική χωρητικότητα (Gross Registered Tonnage) υπολογίστηκε από ηλεκτρονικές ιστοσελίδες διακίνησης εμπορικών πλοίων συλλέγοντας επιτόπου στοιχεία και υπολογίζοντας το μέσο όρο τους. Κι αυτό γιατί δεν είναι ξεκάθαρη η κατηγοριοποίηση των πλοίων με βάσει την ολική χωρητικότητα (δύο πλοία με ίδιο νεκρό βάρος μπορεί να διαφέρουν στην ολική χωρητικότητα) [30],[31].

Επιπλέον, συλλέχθηκαν πληροφορίες σχετικές με το κόστος αγοράς των πλοίων, από ηλεκτρονικές ιστοσελίδες. Τα συγκεκριμένα στοιχεία αναφέρονται σε πρόσφατες τιμές, οι οποίες όπως είναι φυσικό μεταβάλλονται ανάλογα με την αγορά [32], [33], [34],[35].

	2012	2013	2014	2015	2016	% αλλαγή με το προηγούμενο έτος
Τιμές καινούργιων πλοίων (εκατομμύρια δολλάρια)	48.1	46.3	49.0	47.0	41.0	-12.8
Τιμές πλοίων – 10 χρόνων (εκατομμύρια δολλάρια)	24.5	31.0	27.5	13.5	16.0	18.5

Εικόνα 9 Κόστος απόκτησης πλοίων, κατηγορίας Capesize Bulk Carrier, για τα έτη 2012-2016

Τιμές καινούργιων πλοίων (εκατομμύρια δολλάρια)

	Τύπος πλοίου		Εβδομάδα 25	Εβδομάδα 24	±%	2016	2015	2014
Bulkers	Capesize	180k	42.0	42.0	0.0%	43	50	56
	Kamsarmax	82k	24.5	24.5	0.0%	25	28	30
	Ultramax	63k	23.5	23.0	2.2%	23	25	27
	Handysize	38k	20.0	20.0	0.0%	20	21	23
Tankers	VLCC	300k	79.0	78.0	1.3%	88	96	99
	Suezmax	160k	53.0	53.0	0.0%	58	64	65
	Aframax	115k	43.0	43.0	0.0%	48	53	54
	LR1	75k	40.0	40.0	0.0%	43	46	46
	MR	50k	32.5	32.5	0.0%	34	36	37

Εικόνα 10 Κόστος απόκτησης πλοίων, κατηγορίας Bulk και Tanker, για τα έτη 2014-2016

Τιμές καινούργιων πλοίων (εκατομμύρια δολλάρια)

	1993	Low 4Q 2002	Peak 2Q 2008	End 2014 China	End 2014 South Korea	End 2015 China	End 2015 SK/Japan	End 2016 China 1st tier**	End 2016 SK/Japan
TANKERS									
VLCC	100	64	140/155	90/95	95/100	85/88	90	75-77	81-83
Suezmax	63	44	90/100	58/63	65/70	53/57	64	50-52	56-58
Aframax / LR2	45 (A)	34 (A)	70/75 (A)	50/52	55/58	45 (A) / 48 (LR2)	51 (A) / 55 (LR2)	40-42(A) / 42-44 (LR2)	45-47 (A)/ 47-49 (LR2)
MR2 IMO 3 (12+2)	32,5	27	48/51	34/36	36/37	34	36	31-33	34-35
BULKERS									
Newcastle (205k dwt)	N/A	N/A	N/A	55/60	62/65	50/55	58/60*	40-42	50-55*
Capesize (180k dwt)	48	36	90/101	50/55	55/58	47/50	55/57*	37-38	47-52*
Panamax (P) / Kansarmax (K)	29 (P)	21,5 (P)	53/60 (K)	28/30 (K)	33/34 (K)	25/26 (K)	26 (K)*	23-24	24-25*
Handymax (H) / Supramax (S) / Ultramax (U)	25 (H)	20 (S)	47/50 (S)	26,5/27,5 (U)	31/32 (U)	23/24(U)	24(U)*	22-23(U) 19-20(H)	23-24(U)* 21-22(H)*

Εικόνα 11 Κόστος απόκτησης πλοίων, κατηγορίας Bulk και Tanker, για τα έτη 2014-2016

Τιμές καινούργιων πλοίων	Unit	2015 Jan.	2016 Jan.	Nov.	Dec.	2017 Jan.	% αλλαγή με το προηγούμενο έτος
Product 47000	Εκατομμύρια δολλάρια	37.0	35.0	32.0	32.0	32.0	-8.6
Aframax 105000		53.0	51.0	45.0	45.0	44.0	-13.7
Suezmax 150000		65.0	63.0	54.0	54.0	53.0	-15.9
VLCC 300000		97.0	92.0	82.5	82.0	81.0	-12.0

Εικόνα 12 Κόστος απόκτησης πλοίων, κατηγορίας Tanker, για τα έτη 2015-2017

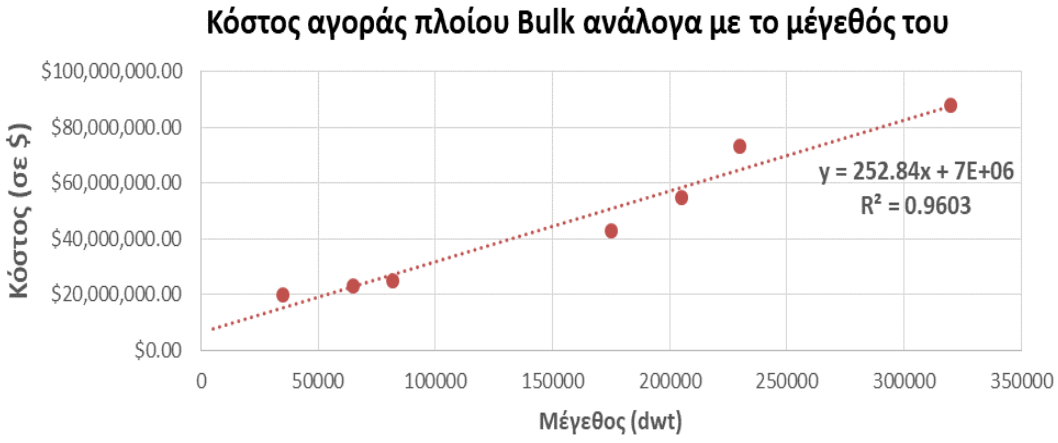
Για την ένταξη των στοιχείων αυτών στο μοντέλο υπολογισμού, λόγω της έλλειψης στοιχείων σε ορισμένες κατηγορίες μεγέθους των πλοίων, έγινε η παραδοχή ότι το κόστος απόκτησης καινούριου πλοίου ακολουθεί γραμμική μεταβολή όσο αυξάνεται το νεκρό βάρος (dwt).

Τοποθετούνται λοιπόν στο υπολογιστικό πρόγραμμα excel τα στοιχεία μέσω ενός διαγράμματος διαγράμματος scatter[17], όπου για μεταβλητές του άξονα Χ εισάγονται τα μεγέθη των πλοίων και πλοίων και μεταβλητές του άξονα Υ τα αντίστοιχα κόστη αγοράς (Βλ.

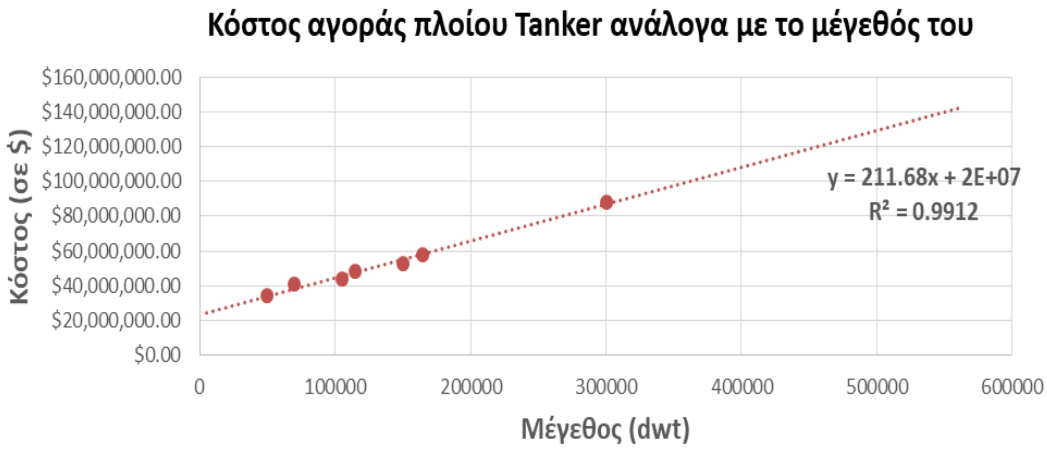
Πίνακας 18,

Πίνακας 19). Συνεπώς έχοντας τις γραμμικές συναρτήσεις που αντιπροσωπεύουν αυτά τα διαγράμματα υπολογίζεται το κόστος αγοράς για κάθε κατηγορία μεγέθους.

[17] είναι ένας τύπος γραφικής παράστασης ή μαθηματικού διαγράμματος που χρησιμοποιεί καρτεσιανές συντεταγμένες για την εμφάνιση τιμών δύο μεταβλητών σε ένα σύνολο δεδομένων. (Jarrell, Stephen B, 1994)



Διάγραμμα 3 Υπολογισμός κόστους αγοράς πλοίων κατηγορίας Bulk



Διάγραμμα 4 Υπολογισμός κόστους αγοράς πλοίων κατηγορίας Tanker

Με τις παραπάνω συναρτήσεις που αποτυπώνονται στα διαγράμματα (Διάγραμμα 3 Διάγραμμα 4) (y=252.84*x+(7*E+06), y=211.68*x+(2*E+07)) υπολογίζεται το κόστος αγοράς καινούριου πλοίου έχοντας σαν μεταβλητή εισόδου το dwt του πλοίου. Με τις τιμές των συντελεστών προσδιορισμού (R^2)[18] 0.9603 και 0.9912 να είναι ικανοποιητικές.

[18] *Ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 εκφράζει το ποσοστό μεταβολής των τιμών της μεταβλητής Y που υπολογίζεται από τη X (κι αντίστροφα) κι είναι ένας χρήσιμος τρόπος για τη συσχέτιση δύο τυχαίων μεταβλητών (Δημήτρης Κουγιουμτζής, Συσχέτιση και Παλινδρόμηση, 2012)*

y=
yυυ=25υ2.84*x+(7*E+06
252.84*x+(7*E+06)

Πίνακας 18 Κόστος αγοράς πλοίων κατηγορίας Bulk

Μεγέθη πλοίων	*σε dwt (άξονας χ-χ)*	*Κόστος απόκτησης (σε $) (άξονας y-y)*		*Κόστος απόκτησης (σε $)*
Small	5000			$7,813,696.76
	8000			$8,572,204.07
Handysize	10000			$9,077,875.60
	20000			$11,606,233.29
	30000		Scatter	$14,134,590.97
Handymax	35000	$20,000,000		$15,398,769.82
	45000			$17,927,127.50
	55000			$20,455,485.19
Panamax	65000	$23,000,000		$22,983,842.87
	75000			$25,512,200.56
	82000	$25,000,000		$27,282,050.94
Capesize	80000			$26,776,379.40
	100000			$31,833,094.77
	150000			$44,474,883.19
	175000	$43,000,000		$50,795,777.41
VLBC	205000	$55,000,000		$58,380,850.46
	230000	$73,000,000		$64,701,744.67
	320000	$88,000,000		$87,456,963.84

y=211.68*x+(2*E+07)

Πίνακας 19 Κόστος αγοράς πλοίων κατηγορίας Tanker

Μεγέθη πλοίων	*σε dwt (άξονας y-y)*	*Κόστος απόκτησης (σε $)(άξονας y-y)*		*Κόστος απόκτησης (σε $)*
Small	5000			$24,464,534.08
	8000			$25,099,582.75
Handysize	10000			$25,522,948.54
	15000			$26,581,363.00
	20000			$27,639,777.47
	25000			$28,698,191.93
Handymax	30000		Scatter	$29,756,606.40
	35000			$30,815,020.86
	40000			$31,873,435.33
	50000	34,000,000		$33,990,264.26
Panamax	60000			$36,107,093.18
	70000	41,000,000		$38,223,922.11
Aframax	85000			$41,399,165.51
	105000	44,000,000		$45,632,823.37
Suezmax	115000	48,000,000		$47,749,652.29
	125000			$49,866,481.22
	150000	53,000,000		$55,158,553.55
	165000	58,000,000		$58,333,796.94
VLCC	260000			$78,443,671.77
	280000			$82,677,329.62
	300000	88,000,000		$86,910,987.48
	319000			$90,932,962.45
ULCC	360000			$99,611,961.06
	440000			$116,546,592.49
	560000			$141,948,539.64

Και τέλος, για το ετήσιο κόστος καυσίμων ενός πλοίου χρειάστηκε η τιμή αγοράς του καυσίμου ανά τόνο, η οποία ποικίλει ανάλογα την περιοχή αγοράς του πετρελαίου και την χρονική περίοδο. Έγινε λοιπόν, μία αναζήτηση των τιμών αυτών και υπολογίστηκε μια μέση τιμή του κόστους καυσίμων (για τα δύο φθηνότερα καύσιμα της αγοράς) [36],[37].

Εικόνα 13 Διακύμανση της τιμής καυσίμου, τύπου IFO380[19], από τον Γενάρη έως τα μέσα Οκτώβρη του 2017

Εικόνα 14 Διακύμανση της τιμής καυσίμου, τύπου IFO180[20], από τον Γενάρη έως τα μέσα Οκτώβρη του 2017

Άρα μία μέση τιμή στα 345 $ / μετρικό τόνο περίπου για καύσιμα τύπου IFO380 και 367 $ / τόνο περίπου για καύσιμα IFO180.

---

[19] Marine fuel oil τύπου RMG 380, με εμπορική ονομασία IFO 380 παράγεται από μίγμα βαρέων και μεσαίων κλασμάτων πετρελαίου, που λαμβάνονται από πρωτογενή και δευτερογενή επεξεργασία αργού πετρελαίου.

[20] Είναι αντίστοιχο καύσιμο με το IFO380, με την διαφορά ότι το ιξώδες του κυμαίνεται σε μικρότερα επίπεδα γι'αυτό και είναι πιο ακριβό.

3.1.3 Σύνθεση του μοντέλου - υπολογισμός λειτουργικού κόστους

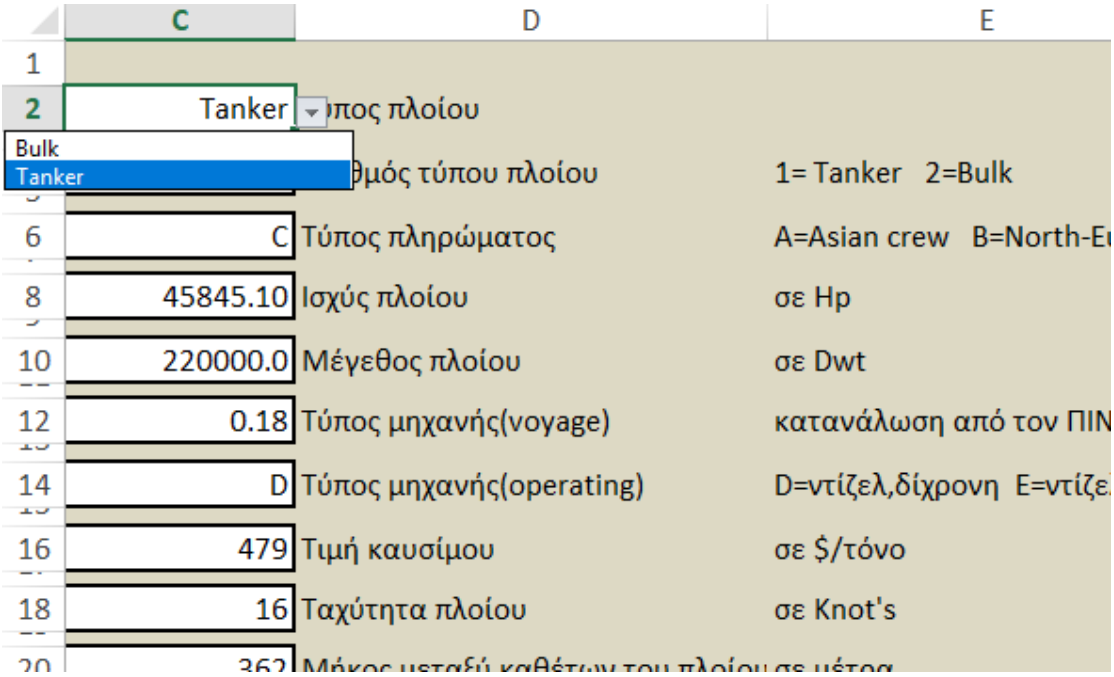
Μεταβλητές εισόδου

Ο σκοπός της μεθοδολογίας είναι η δημιουργία ενός μοντέλου στο οποίο θα εισάγονται οι μεταβλητές εισόδου που τοποθετεί ο χρήστης, θα επεξεργάζονται σε συνδυασμό με τις εσωτερικές μεταβλητές και θα παρουσιάζονται οι εκάστοτε παράμετροι του λειτουργικού κόστους ως μεταβλητές εξόδου.

T	Tanker	Τύπος πλοίου	
T.No	1	Αριθμός τύπου πλοίου	1= Tanker 2=Bulk
TC	C	Τύπος πληρώματος	A=Asian crew B=North-European crew C=South-European crew
Pmcr	12900.00	Ισχύς πλοίου	σε Hp
M	46549.0	Μέγεθος πλοίου	σε Dwt
TPV	0.18	Τύπος μηχανής(voyage)	κατανάλωση από τον ΠΙΝΑΚΑ 1
TPO	D	Τύπος μηχανής(operating)	D=ντίζελ,δίχρονη E=ντίζελ,τετράχρονη F=ατμού
FP	479	Τιμή καυσίμου	σε $/τόνο
V	12.67	Ταχύτητα πλοίου	σε Knot's
Lbp	168	Μήκος μεταξύ καθέτων του πλοίου	σε μέτρα
B	32.24	Πλάτος πλοίου	σε μέτρα
D	13.22	Βύθισμα πλοίου	σε μέτρα
D.a.p.	0	Μέρες στο λιμάνι	σε μέρες
D.a.s.	13.3	Μέρες στη θάλασσα	σε μέρες
P.C		Κόστος λιμένα και καναλιού	σε $
CH.C		Κόστος διαχείρισης φορτίου	σε$
N.o.P	1	Αριθμός λιμένων το έτος	
Loan	$ -	Δάνειο	σε$
L.P.	20	Περίοδος αποπληρωμής	σε τρίμηνα
Interest M	3.60%	Σταθερό επιτόκιο (margin)	%
Interest L	0.60%	Κυμαινόμενο επιτόκιο(libor)	%

Εικόνα 15 Μεταβλητές Εισόδου στο μοντέλο υπολογισμού

Κάποιες από τις μεταβλητές είναι με τέτοιο τρόπο τοποθετημένες στο πρόγραμμα ώστε ο χρήστης να μπορεί να επιλέξει συγκεκριμένες επιλογές (drop-down list). Δηλαδή μπορεί να επιλέξει σαν τύπο πλοίου είτε Bulk, είτε Tanker (βλ. Εικόνα 16).



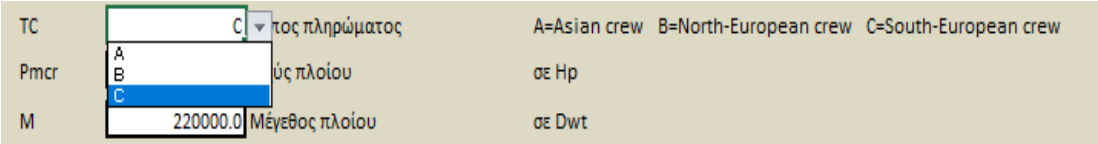
Εικόνα 16 Εισαγωγή τύπου πλοίου στο πρόγραμμα excel

Στον τύπο πληρώματος έχει τρεις επιλογές, ή μέλη Ασιατικού πληρώματος ή Βόρειο Ευρωπαϊκού ή Ευρωπαϊκού ή Νότιο Ευρωπαϊκού (βλ. Εικόνα 17). Αντίστοιχα και στον "τύπο μηχανής (operating)" (είτε ντίζελ δίχρονη ή τετράχρονη, είτε ατμού), ενώ στον "τύπο μηχανής (voyage)" έχει να επιλέξει από μία μεγαλύτερη βάση δεδομένων ανατρέχοντας στον

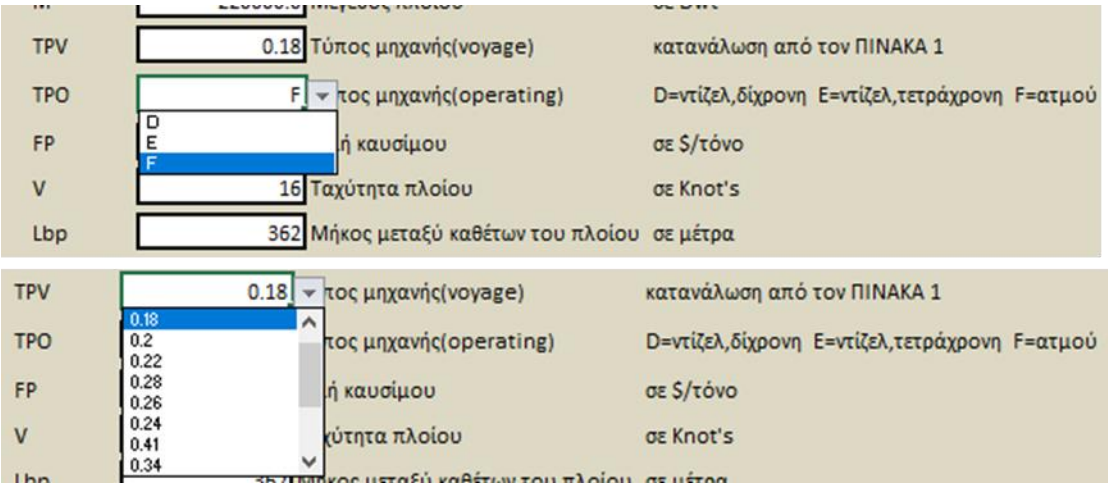
Τύπος μηχανής	*Χαρακτηριστικά μηχανής*	*Κατανάλωση (Kg / kWh)*
1. Μηχανές ντίζελ	Χαμηλής ταχύτητας(δίχρονη)	0.17
	Μέσης ταχύτητας(δίχρονη)	0.18
	Μέσης ταχύτητας(τετράχρονη)	0.2
	Υψηλής ταχύτητας(τετράχρονη)	0.22
2. Μηχανές ατμού(πετρελαίου)	Ο ατμός δεν αναθερμαίνεται, μέχρι 2 προθερμαντήρες	0.28
	Ο ατμός δεν αναθερμαίνεται, μέχρι 5 προθερμαντήρες	0.26
	Ο ατμός αναθερμαίνεται	0.24
3. Μηχανές ατμού(άνθρακα)	Μηχανές ατμού(άνθρακα)	0.41
4. Τουρμπίνες αερίου	Μη ανανεώσιμος κύκλος	0.34
	Ανανεώσιμος κύκλος	0.285
	Κύκλος STAG	0.25
5. Μηχανές ηλεκτρικής ενέργειας	Ντίζελ	0.25
	Ατμού(κανονική)	0.31

	Τούρμπο-γεννήτριες	0.36

Πίνακας 20 (βλ. Εικόνα 18):



Εικόνα 17 Εισαγωγή τύπου πληρώματος στο πρόγραμμα excel



Εικόνα 18 Εισαγωγή τύπου μηχανής στο πρόγραμμα excel

Τύπος μηχανής	*Χαρακτηριστικά μηχανής*	*Κατανάλωση (Kg / kWh)*
1. Μηχανές ντίζελ	Χαμηλής ταχύτητας(δίχρονη)	0.17
	Μέσης ταχύτητας(δίχρονη)	0.18
	Μέσης ταχύτητας(τετράχρονη)	0.2
	Υψηλής ταχύτητας(τετράχρονη)	0.22
2. Μηχανές ατμού(πετρελαίου)	Ο ατμός δεν αναθερμαίνεται, μέχρι 2 προθερμαντήρες	0.28
	Ο ατμός δεν αναθερμαίνεται, μέχρι 5 προθερμαντήρες	0.26
	Ο ατμός αναθερμαίνεται	0.24
3. Μηχανές ατμού(άνθρακα)	Μηχανές ατμού(άνθρακα)	0.41
4. Τουρμπίνες αερίου	Μη ανανεώσιμος κύκλος	0.34
	Ανανεώσιμος κύκλος	0.285
	Κύκλος STAG	0.25
5. Μηχανές ηλεκτρικής ενέργειας	Ντίζελ	0.25

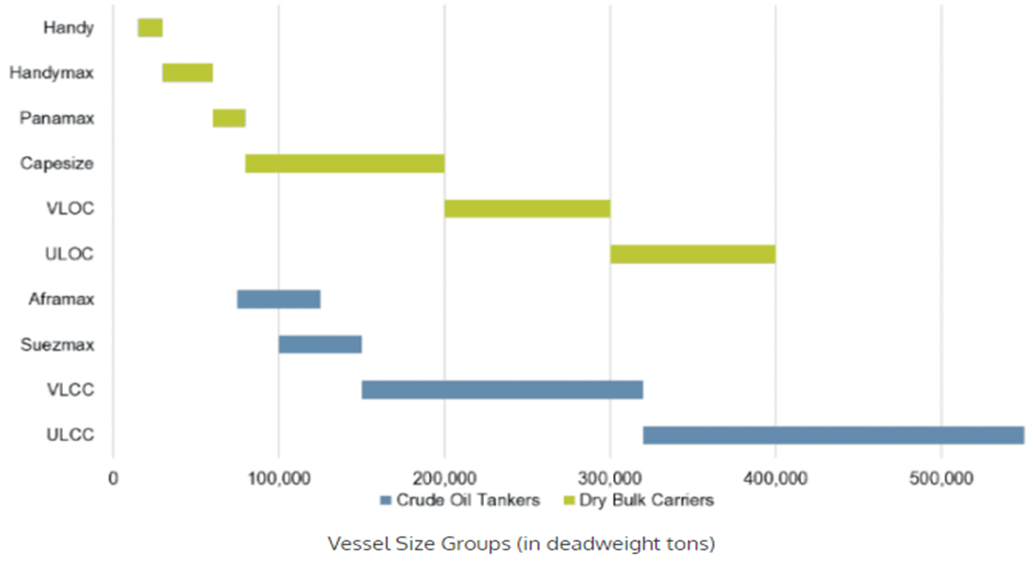
	Ατμού(κανονική)	0.31
	Τούρμπο-γεννήτριες	0.36

Πίνακας 20 Κατανάλωση καυσίμου ανάλογα με τον τύπο και τα χαρακτηριστικά της μηχανής

Οι υπόλοιπες μεταβλητές Εισόδου: ισχύς, μέγεθος, ταχύτητα, μήκος, πλάτος, βύθισμα, συνολικές μέρες σε λιμάνι, συνολικές μέρες στη θάλασσα, τιμή καυσίμου, κόστος λιμένα και καναλιού, κόστος διαχείρισης φορτίου, αριθμός λιμένων, το δάνειο που χρησιμοποιήθηκε για την αγορά μαζί με την περίοδο αποπληρωμής και το επιτόκιο-σταθερό και κυμαινόμενο επιλέγονται από τον χρήστη. Ο χρήστης μπορεί να αξιοποιήσει και κάποια επιπλέον στοιχεία που δίνονται ενδεικτικά και αφορούν τα μεγέθη των πλοίων ανά κατηγορία (βλ. Εικόνα 20, Εικόνα 21), ώστε να τοποθετήσει αποδεκτές τιμές στις μεταβλητές Εισόδου. Όσες από τις παραπάνω μεταβλητές εισόδου δεν τοποθετηθούν, το πρόγραμμα θα τις αγνοήσει και θα υπολογίσει το κόστος σύμφωνα με αυτές που τοποθετήθηκαν. Για παράδειγμα, αν ο χρήστης δεν εισάγει στο πρόγραμμα το ύψος δανείου με την περίοδο αποπληρωμής και τα επιτόκια και το κόστος λιμένα, καναλιού και διαχείρισης, το πρόγραμμα θα κάνει τον υπολογισμό όλων των άλλων παραμέτρων (λειτουργικά έξοδα, κόστος περιοδικής συντήρησης, κόστος ταξιδιού) και θα παρουσιάσει τις μεταβλητές εξόδου, έχοντας στα έξοδα κεφαλαίου και διακίνησης φορτίου μηδενικό κόστος.

Τύπος πλοίου	1				
	Ετήσια		Ημερήσια		Ανά ταξίδι
Λειτουργικά έξοδα ($/έτος)	$ 4,229,658.88	Λειτουργικά έξοδα ($/ημέρα)	$ 11,588.11	Λειτουργικά έξοδα ($/ταξίδι)	$ 11,588.11
Κόστος περιοδικής συντήρησης ($/έτος)	$ 275,792.77	Κόστος περιοδικής συντήρησης ($/ημέρα)	$ 755.60	Κόστος περιοδικής συντήρησης ($/ταξίδι)	$ 755.60
Κόστος ταξιδιού ($/έτος)	$ 7,394,339.71	Κόστος ταξιδιού ($/ημέρα)	$ 20,258.46	Κόστος ταξιδιού ($/ταξίδι)	$ 20,258.46
Κόστος διαχείρισης φορτίου($/έτος)	$ -	Κόστος διαχείρισης φορτίου($/ημέρα)	$ -	Κόστος διαχείρισης φορτίου($/ταξίδι)	$ -
Κόστος κεφαλαίου($/έτος)	$ -	Κόστος κεφαλαίου($/ημέρα)	$ -	Κόστος κεφαλαίου($/ταξίδι)	$ -
.		. . .		. . .	
Λειτουργικό κόστος ($/έτος)	$ 11,899,791.35	Λειτουργικό κόστος ($/ημέρα)	$ 32,602.17	Λειτουργικό κόστος ($/ταξίδι)	$ 32,602.17

Εικόνα 19 Μεταβλητές εξόδου στο μοντέλο υπολογισμού



Εικόνα 20 Κατηγορίες πλοίων Bulk και Tanker ανάλογα το μέγεθος του πλοίου (σε dwt) [38]

Τύπος πλοίου	Νεκρό βάρος,σε τόνους	Βύθισμα	Ολικό μήκος	Πλάτος
Handysize	32,000	10.2	179.9	28.4
Supramax	52,000	12.2	199	32.2
Ultramax	62,000	13	200	32.24
Panamax	75,000	14.1	225	32.26
Kamsarmax	82,000	14.5	229	32.26
Post-panamax	98,000	14.6	240	38
Capesize	172,000	17.95	289	45
ULOC (Valemax)	400,000	23	362	65

Εικόνα 21 Ενδεικτικές διαστάσεις νεκρού βάρους, βυθίσματος, ολικού μήκους και πλάτους, ανάλογα την κατηγορία μεγέθους του πλοίου [39]

Κάθε μία παράμετρος του συνολικού λειτουργικού κόστους αναλύεται στη συνέχεια (σε ξεχωριστή καρτέλα στο πρόγραμμα excel) και όλες μαζί συνθέτουν στο τέλος τις μεταβλητές Εξόδου του μοντέλου.

Σκοπός είναι να εκφραστεί η εκάστοτε παράμετρος του λειτουργικού κόστους με ένα μαθηματικό τύπο (η ανάλυση των τύπων και των αντίστοιχων σταθερών τους παρουσιάστηκε στο 2ο κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας), του οποίου η συνάρτηση ακολουθεί αποδεκτές τιμές του συντελεστή προσδιορισμού (R^2), ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί αξιόπιστα για οποιεσδήποτε τιμές τοποθετήσουμε.

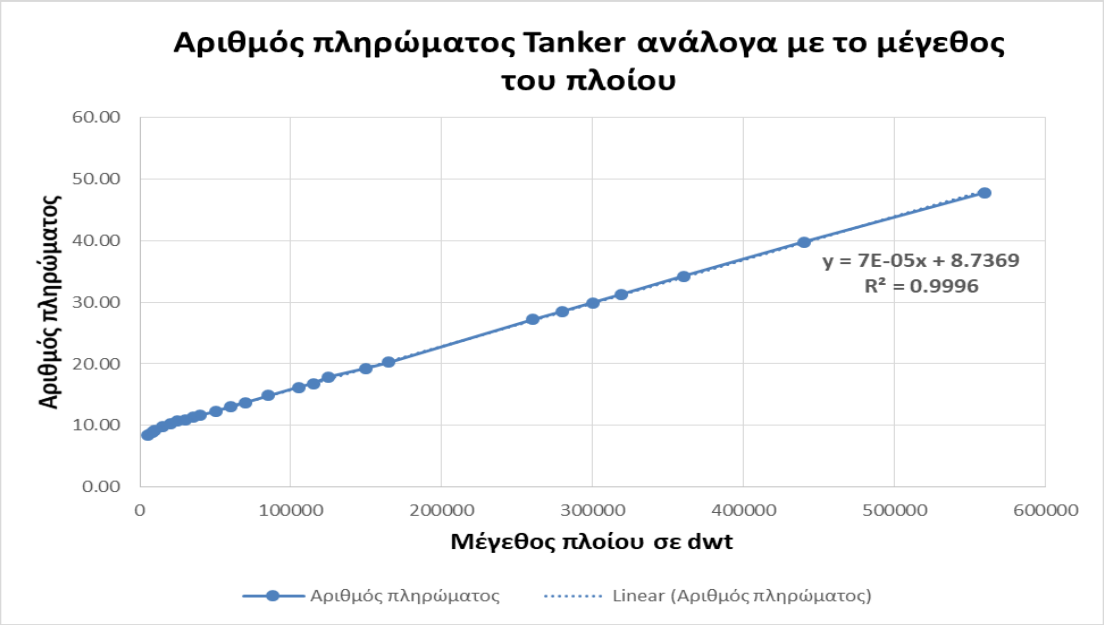
3.1.3.1 Πλήρωμα

Για να υπολογιστεί το κόστος του εργατικού δυναμικού υπολογίζεται αρχικά ο αριθμός του πληρώματος. Ο αριθμός αυτός εξαρτάται από τις διαστάσεις του πλοίου (μήκος, πλάτος και βύθισμα) και την δυναμικότητα της μηχανής που χρησιμοποιείται. Ο συνδυασμός των μαθηματικών τύπων και των σταθερών τους από το 2ο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας ($C_{crew}=K1_{\text{ΚΟΣ.ΠΛ.}} * (N_{crew})^{0.95}$, Πίνακας 1) και των εσωτερικών μεταβλητών του παρόντος κεφαλαίου (Πίνακας 16), δημιούργησαν τον παρακάτω πίνακα του αριθμού του πληρώματος:

Πίνακας 21 Υπολογισμός αριθμού πληρώματος για πλοία κατηγορίας Tanker

Μεγέθη πλοίων	*σε dwt*	*Ncrew=K1+K2*CN/1000+K3*Pmcr^0.5*	*Ncrew (ΤΕΛΙΚΟ)*
Small	5000	8.45	9
	8000	8.89	9
Handysize	10000	9.16	10
	15000	9.81	10
	20000	10.28	11
	25000	10.68	11
Handymax	30000	10.94	11
	35000	11.32	12
	40000	11.73	12
	50000	12.27	13
Panamax	60000	13.06	14
	70000	13.72	14
Aframax	85000	14.85	15
	105000	16.18	17
Suezmax	115000	16.82	17
	125000	17.85	18
	150000	19.26	20
	165000	20.28	21
VLCC	260000	27.20	28
	280000	28.51	29
	300000	29.92	30
	319000	31.27	32
ULCC	360000	34.22	35
	440000	39.77	40
	560000	47.82	48

Ο παραπάνω πίνακας υπολογίζει τον αριθμό του πληρώματος που παρουσιάζεται με τη μορφή διαγράμματος στη συνέχεια. Οι τιμές του αριθμού του πληρώματος αποτυπώνονται στο διάγραμμα και ακολουθούν (R^2 = 0.9996) τη γραμμική συνάρτηση y = 7E-05*x + 8,7369. Μέσω των εντολών Slope και Intercept του προγράμματος excel υπολογίζονται σε ξεχωριστά κελιά οι σταθερές της συνάρτησης (α = 7E-05, β = 8,7369) για να αυτοματοποιηθεί η διαδικασία και να αποφευχθούν ενδεχόμενα υπολογιστικά λάθη. Σε ξεχωριστό επίσης κελί τοποθετείται η μεταβλητή εξόδου, έχοντας ως σταθερές πια τα α και β και ως μεταβλητή χ (εισόδου) το μέγεθος του πλοίου (βλ. Εικόνα 22). Με την εντολή Roundup του προγράμματος στρογγυλοποιείται στον επόμενο ακέραιο ο αριθμός του πληρώματος καθώς πρόκειται για ανθρώπινο δυναμικό.



Διάγραμμα 5 Συνάρτηση υπολογισμού αριθμού πληρώματος, πλοίων κατηγορίας Tanker

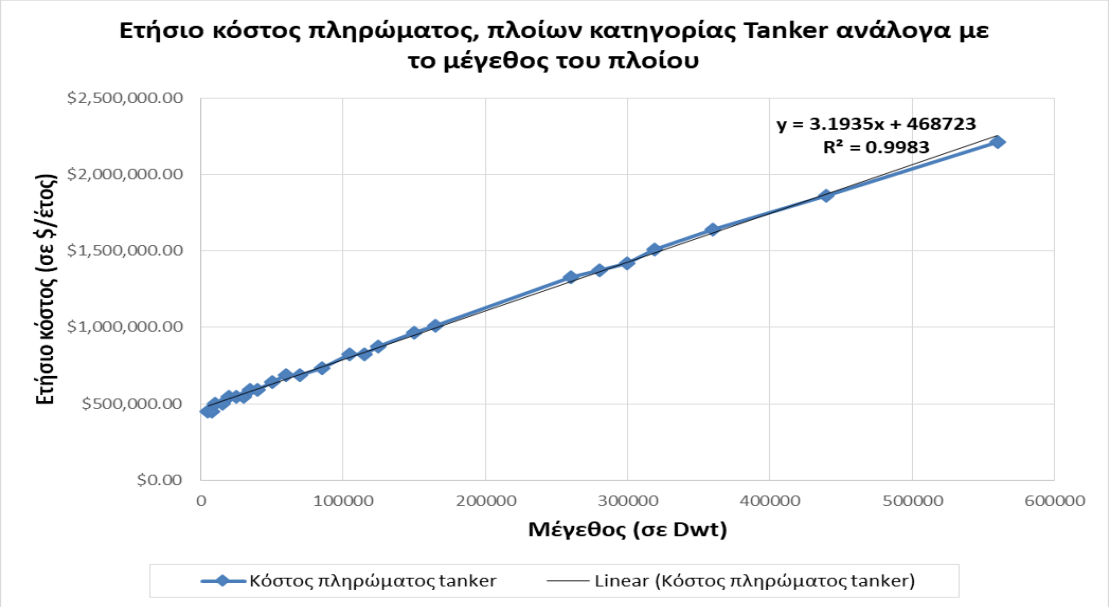
Σταθερές	**α**	7.04E-05		
	b	8.73690		
Μεταβλητή	**Εισόδου (σε Dwt)**		**Εξόδου**	**Τελική Εξόδου**
	150000		19.30	20

Εικόνα 22 Αποτύπωση της συνάρτησης υπολογισμού αριθμού πληρώματος σε υπολογιστικό κελί του προγράμματος

Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζεται και το κόστος πληρώματος το οποίο όπως είναι λογικό είναι άμεσα συνδεδεμένο με τον αριθμό του πληρώματος ($C_{crew}=K1_{\text{ΚΟΣ.ΠΛ.}} * (N_{crew})^{0.95}$ *(2)*, Πίνακας 2):

Πίνακας 22 Υπολογισμός κόστους πληρώματος για πλοία κατηγορίας Tanker

Μεγέθη πλοίων	*σε dwt*	*Ncrew (ΤΕΛΙΚΟ)*	*Ccrew=K4*Ncrew^0.95($/έτος)*
Small	5000	9	$451,563.06
	8000	9	$451,563.06
Handysize	10000	10	$499,100.53
	15000	10	$499,100.53
	20000	11	$546,400.49
	25000	11	$546,400.49
Handymax	30000	11	$546,400.49
	35000	12	$593,485.63
	40000	12	$593,485.63
	50000	13	$640,374.77
Panamax	60000	14	$687,083.72
	70000	14	$687,083.72
Aframax	85000	15	$733,626.01
	105000	17	$826,255.76
Suezmax	115000	17	$826,255.76
	125000	18	$872,362.34
	150000	20	$964,198.66
	165000	21	$1,009,941.82
VLCC	260000	28	$1,327,358.26
	280000	29	$1,372,353.91
	300000	30	$1,417,272.04
	319000	32	$1,506,886.38
ULCC	360000	35	$1,640,788.75
	440000	40	$1,862,709.02
	560000	48	$2,214,966.71



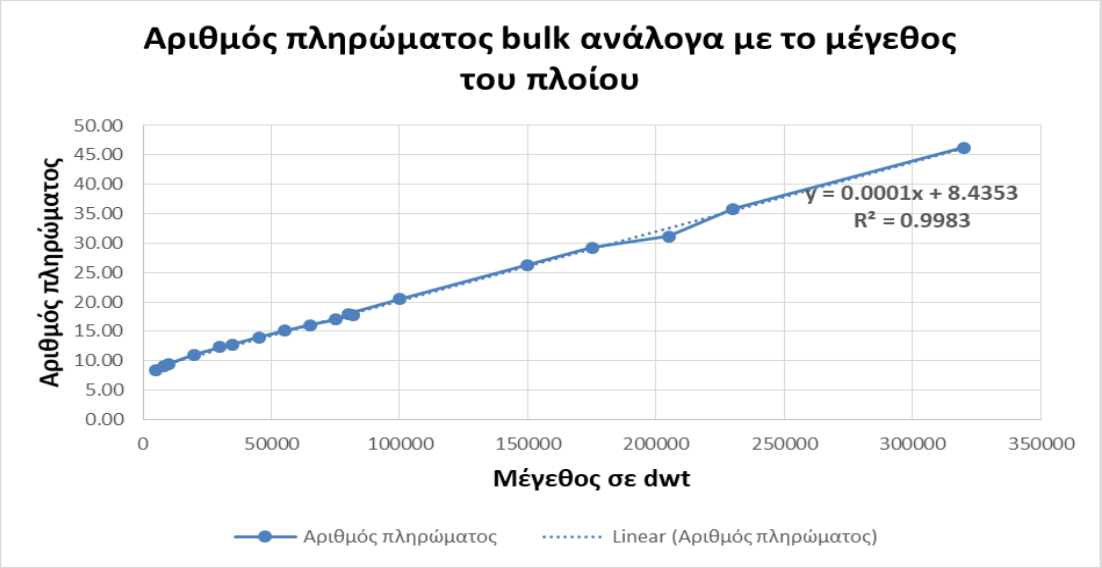
Διάγραμμα 6 Συνάρτηση υπολογισμού κόστους πληρώματος, πλοίων κατηγορίας Tanker

Η συνάρτηση που υπολογίζει το κόστος του πληρώματος για πλοία κατηγορίας Tanker είναι η y = 3.1935*x + 468723 (με R^2 = 0.9983) και δέχεται σαν μεταβλητή εισόδου το μέγεθος του πλοίου (σε dwt) και εξάγει σαν μεταβλητή εξόδου το κόστος (σε $/έτος)

Αντίστοιχα για τα πλοία Bulk ο αριθμός, το κόστος και οι συναρτήσεις υπολογισμού παρουσιάζονται παρακάτω ($Ccrew=K1_{\text{ΚΟΣ.ΠΛ.}} * (Ncrew)^{0.95}$,$Ccrew=K1_{\text{ΚΟΣ.ΠΛ.}} * (Ncrew)^{0.95}$ *(2)*, Πίνακας 1, Πίνακας 2, Πίνακας 17):

Πίνακας 23 Υπολογισμός αριθμού πληρώματος για πλοία κατηγορίας Bulk

Μεγέθη πλοίων	*σε dwt*	*Ncrew=K1+K2*CN/1000+K3*Pmcr^0.5*	*Ncrew (ΤΕΛΙΚΟ)*
Small	5000	8.48	9
	8000	9.08	10
Handysize	10000	9.46	10
	20000	11.02	12
	30000	12.36	13
Handymax	35000	12.74	13
	45000	13.96	14
	55000	15.08	16
Panamax	65000	16.09	17
	75000	17.06	18
	82000	17.78	18
Capesize	80000	17.97	18
	100000	20.49	21
	150000	26.31	27
	175000	29.23	30
VLBC	205000	31.18	32
	230000	35.82	36
	320000	46.22	47



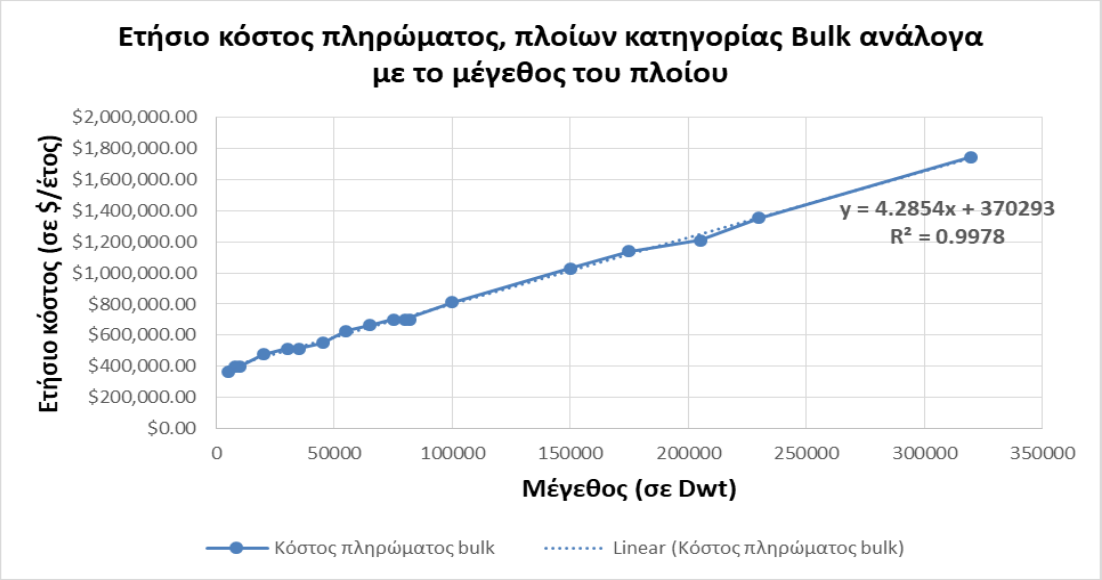
Διάγραμμα 7 Συνάρτηση υπολογισμού αριθμού πληρώματος, πλοίων κατηγορίας Bulk

Οι τιμές του αριθμού του πληρώματος (Βλ.Πίνακας 23, Πίνακας 21) σε ορισμένες περιπτώσεις παραμένουν ίδιες για όσο αυξάνεται το μέγεθος. Αυτό μπορεί να συμβαίνει διότι δύο πλοία που δεν διαφέρουν πολύ σε μέγεθος μπορούν να λειτουργήσουν με τον ίδιο αριθμό ατόμων, καθώς οι εργασίες πάνω στο πλοίο παραμένουν ίδιες και σε αριθμό και σε ποσότητα.

Η γραμμική συνάρτηση υπολογισμού του αριθμού πληρώματος για πλοία κατηγορίας Bulk είναι η $y = 0.0001*x + 8.4353$ ($R^2 = 0.9983$). Ενώ το κόστος και η συνάρτηση υπολογισμού του παρουσιάζονται στη συνέχεια:

Πίνακας 24 Υπολογισμός κόστους πληρώματος για πλοία κατηγορίας Bulk

Μεγέθη πλοίων	*σε dwt*	*Ncrew (ΤΕΛΙΚΟ)*	*Ccrew=K4*Ncrew^0.95($/έτος)*
Small	5000	9	$362,863.18
	8000	10	$401,062.92
Handysize	10000	10	$401,062.92
	20000	12	$476,908.10
	30000	13	$514,586.87
Handymax	35000	13	$514,586.87
	45000	14	$552,120.85
	55000	16	$626,796.41
Panamax	65000	17	$663,955.52
	75000	18	$701,005.45
	82000	18	$701,005.45
Capesize	80000	18	$701,005.45
	100000	21	$811,560.39
	150000	27	$1,030,405.31
	175000	30	$1,138,879.32
VLBC	205000	32	$1,210,890.84
	230000	36	$1,354,253.26
	320000	47	$1,744,638.61



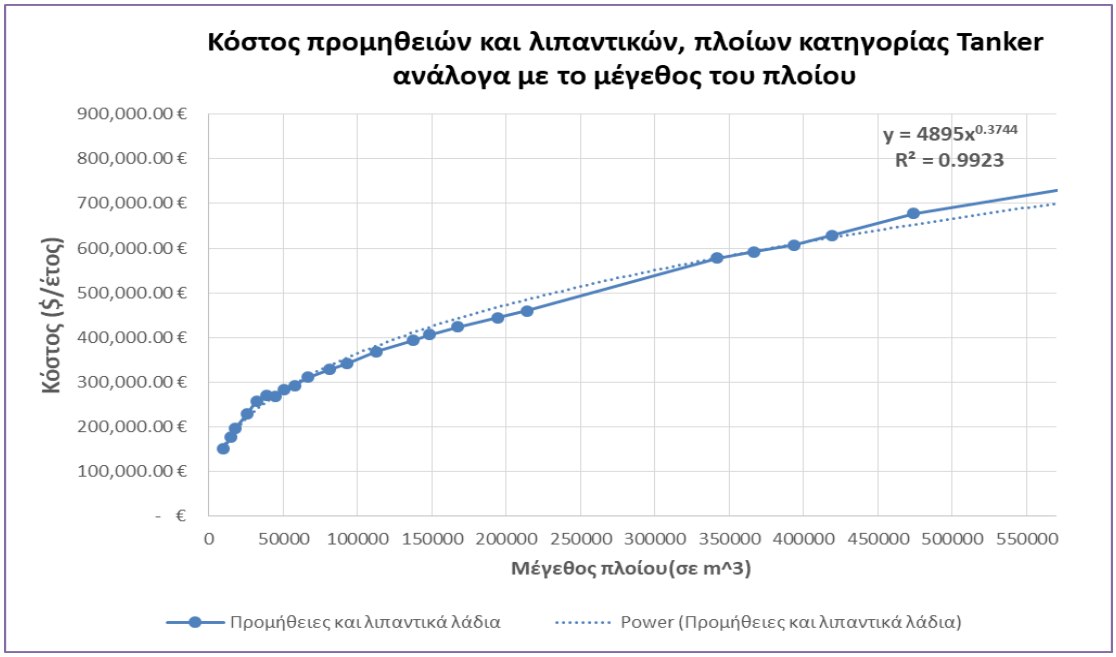
Διάγραμμα 8 Συνάρτηση υπολογισμού κόστους πληρώματος, πλοίων κατηγορίας Bulk

3.1.3.2 Προμήθειες και λιπαντικά

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το συγκεκριμένο κόστος αποτελείται από τα εφόδια που χρειάζεται το πλοίο για το προσωπικό, τις καμπίνες κ. λ. π. και το κόστος των λιπαντικών λαδιών που είναι απαραίτητα για τη λειτουργία των μηχανών. Γι' αυτό και είναι άμεσα συνδεδεμένο με τον αριθμό του πληρώματος, τις διαστάσεις του πλοίου και τη δύναμη της μηχανής. Οι μαθηματικοί τύποι αναλύονται στο 2ο κεφάλαιο της εργασίας ($C_{sup} = K1_{\text{ΠΡΟΜ.ΛΙΠ.}} * N_{crew} + K2_{\text{ΠΡΟΜ.ΛΙΠ.}} * CN^{0.25} + K3_{\text{ΠΡΟΜ.ΛΙΠ.}} * (P_{MCR})^{0.7}$ (3), Πίνακας 3) και οι εσωτερικές μεταβλητές σε ξεχωριστό υποκεφάλαιο (Πίνακας 16):

Πίνακας 25 Υπολογισμός κόστους προμηθειών και λιπαντικών για πλοία κατηγορίας Tanker

Μεγέθη πλοίων	*σε dwt*	*Csup=K*Ncrew+K5*CN^0.25+K6*Pmcr^0.7 ($/έτος)*
Small	5000	151,053.57 €
	8000	175,794.14 €
Handysize	10000	196,394.31 €
	15000	229,112.46 €
	20000	257,742.71 €
	25000	269,851.47 €
Handymax	30000	267,911.78 €
	35000	282,672.69 €
	40000	292,305.15 €
	50000	311,264.13 €
Panamax	60000	328,351.11 €
	70000	340,629.02 €
Aframax	85000	367,969.08 €
	105000	393,435.27 €
Suezmax	115000	406,401.94 €
	125000	423,785.01 €
	150000	444,120.93 €
	165000	459,453.12 €
VLCC	260000	577,359.77 €
	280000	592,339.89 €
	300000	607,265.47 €
	319000	628,394.13 €
ULCC	360000	677,391.05 €
	440000	736,045.11 €
	560000	844,931.84 €



Διάγραμμα 9 Συνάρτηση υπολογισμού κόστους προμηθειών και λιπαντικών, πλοίων κατηγορίας Tanker

Η συνάρτηση που αντιπροσωπεύει καλύτερα τις τιμές του κόστους σε αυτή την περίπτωση είναι εκθετικής μορφής y = α*x^β. Η γραμμή τάσης (power trendline) που ακολουθεί τις τιμές της γραφικής παράστασης έχει διακύμανση R^2=0.9923. Για μεγαλύτερη ακρίβεια των σταθερών τιμών α και β χρησιμοποιήθηκαν οι εντολές EXP(INTERCEPT(LN(_) και SLOPE(LN(_):

Σταθερές	α	2810.23	
	b	0.4069	
Μεταβλητή	Εισόδου (σε m^3)		Εξόδου (σε $/έτος)
	553860		=L20*K23^L21

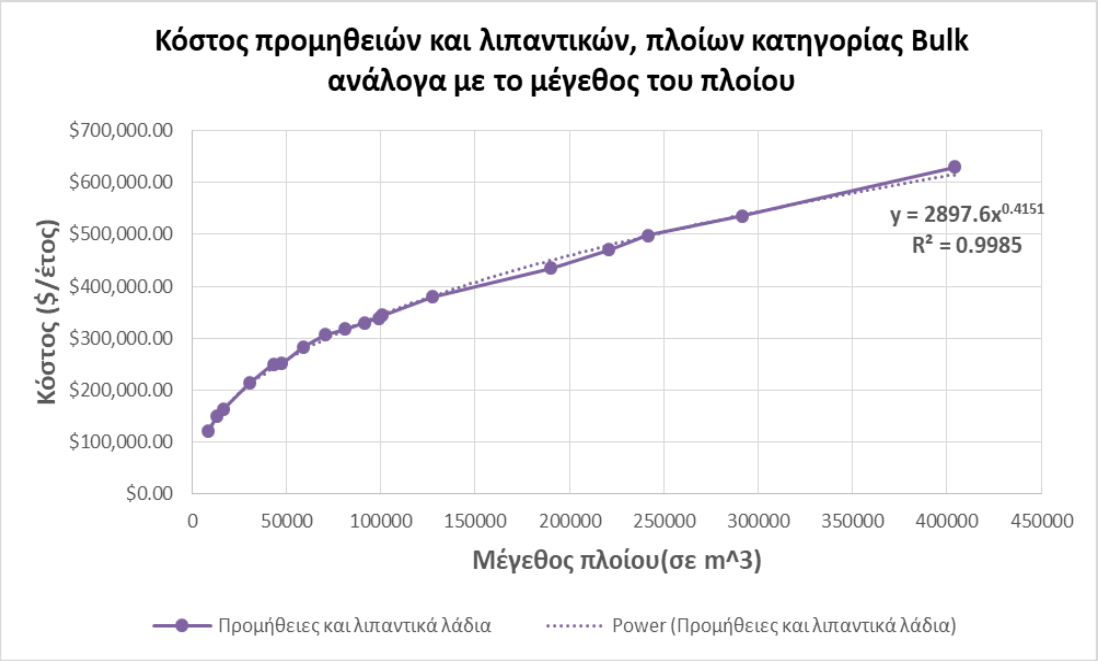
Και σαν μεταβλητές εισόδου τοποθετούνται οι διαστάσεις του πλοίου (μήκος, πλάτος και βύθισμα) για να υπολογίσουμε τη μεταβλητή εξόδου (κόστος) σε $/έτος.

Αντίστοιχα για τα Bulk πλοία (C_{sup} = K1 $_{ΠΡΟΜ.ΛΙΠ.}$ * N_{crew} + K2 $_{ΠΡΟΜ.ΛΙΠ.}$ * $CN^{0.25}$ + K3 $_{ΠΡΟΜ.ΛΙΠ.}$ * $(P_{MCR})^{0.7}$ (3), Πίνακας 3, Πίνακας 17):

Πίνακας 26 Υπολογισμός κόστους προμηθειών και λιπαντικών για πλοία κατηγορίας Bulk

Μεγέθη πλοίων	*σε dwt*	*Csup=K*Ncrew+K5*CN^0.25+K6*Pmcr^0.7 ($/έτος)*
Small	5000	$121,651.05
	8000	$150,053.17
Handysize	10000	$162,131.63
	20000	$213,579.43
	30000	$249,461.17
Handymax	35000	$251,290.74
	45000	$282,759.15
	55000	$305,930.64
Panamax	65000	$317,431.27
	75000	$329,994.77
	82000	$338,059.38
Capesize	80000	$344,296.53
	100000	$379,116.46
	150000	$434,631.90
	175000	$470,183.56
VLBC	205000	$498,549.05
	230000	$536,409.84
	320000	$629,844.22

Όπου οι τιμές δημιουργούν το διάγραμμα:

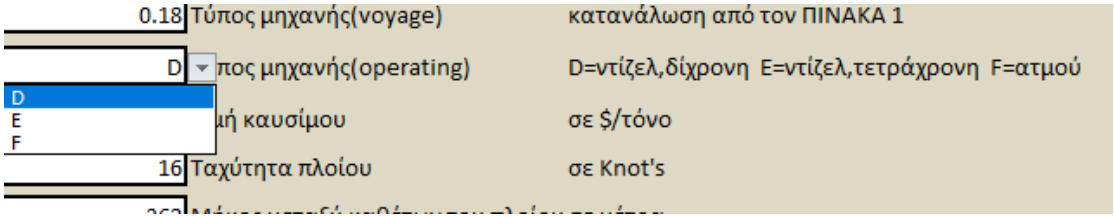


Διάγραμμα 10 Συνάρτηση υπολογισμού κόστους προμηθειών και λιπαντικών, πλοίων κατηγορίας Bulk

Η εκθετική συνάρτηση $y = 2897.6*x^{0.4151}$ (με $R^2 = 0.9985$) δέχεται τις διαστάσεις του πλοίου (μήκος*πλάτος*βύθισμα) ως μεταβλητή εισόδου και επιστρέφει ως μεταβλητή εξόδου το κόστος (σε $/έτος).

3.1.3.3 Επισκευές και συντήρηση

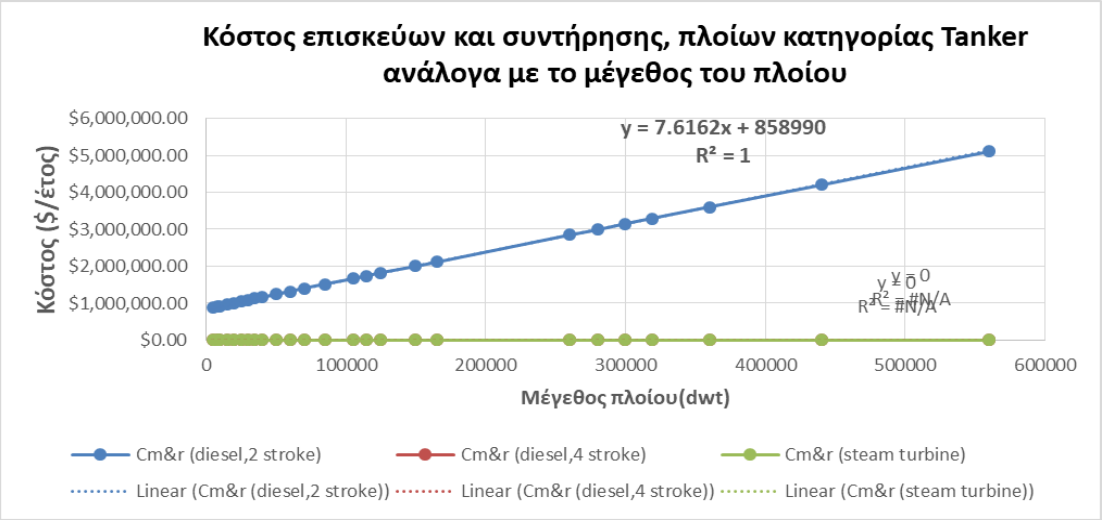
Το κόστος αυτό αποτελείται από το κόστος όλων των εργασιών (όταν το πλοίο ταξιδεύει), οι οποίες σχετίζονται με βλάβες και συντηρήσεις. Οι εργασίες αυτές αφορούν κυρίως τις μηχανές του πλοίου, γι' αυτό και ο υπολογισμός του κόστους συνδέεται με τον τύπο μηχανής που χρησιμοποιείται και την ιπποδύναμη της ($C_{M\&R} = K1_{\text{ΕΠ.ΣΥΝΤ.}} * C_O + K2_{\text{ΕΠ.ΣΥΝΤ.}} * (P_{MCR})^{0.66}$ (4), Πίνακας 4). Καθώς επίσης και από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το πλοίο, οπότε στον μαθηματικό τύπο προστίθεται σαν παράμετρος και το κόστος απόκτησης (Βλ. 3.1.23.1) με ένα μειωτικό συντελεστή (Πίνακας 19). Όπως αναφέρθηκε, έχοντας στις μεταβλητές εισόδου σαν επιλογή τον τύπο μηχανής:



Υπολογίζεται διαφορετικό κόστος κάθε φορά ανάλογα με το τι θα επιλεγεί από τον χρήστη:

Πίνακας 27 Υπολογισμός κόστους επισκευών και συντήρησης τριών διαφορετικών τύπων μηχανής για πλοία κατηγορίας Tanker

Μεγέθη πλοίων	σε dwt	Cm&r=K1*Co+K2*Pmcr^0.66 ($/έτος)		
		Cm&r (ντίζελ,δίχρονη)	Cm&r (ντίζελ,τετράχρονη)	Cm&r (τουρμπίνα ατμού)
Small	5000	$877,582.65	$881,644.36	$871,490.09
	8000	$905,240.37	$910,336.56	$897,596.10
Handysize	10000	$924,179.32	$930,060.49	$915,357.57
	15000	$968,723.98	$976,033.75	$957,759.33
	20000	$1,011,754.70	$1,020,204.70	$999,079.70
	25000	$1,051,239.24	$1,060,154.01	$1,037,867.09
Handymax	30000	$1,087,072.14	$1,095,756.13	$1,074,046.17
	35000	$1,126,523.91	$1,135,666.42	$1,112,810.15
	40000	$1,165,527.87	$1,175,043.61	$1,151,254.26
	50000	$1,243,048.00	$1,253,217.29	$1,227,794.07
Panamax	60000	$1,319,728.86	$1,330,391.83	$1,303,734.40
	70000	$1,396,349.29	$1,407,494.44	$1,379,631.57
Aframax	85000	$1,512,727.04	$1,524,871.09	$1,494,510.97
	105000	$1,664,613.20	$1,677,463.56	$1,645,337.66
Suezmax	115000	$1,741,659.64	$1,755,073.32	$1,721,539.12
	125000	$1,818,643.42	$1,832,608.48	$1,797,695.82
	150000	$2,006,390.47	$2,020,836.39	$1,984,721.58
	165000	$2,120,005.93	$2,134,924.60	$2,097,627.92
VLCC	260000	$2,844,912.55	$2,863,842.85	$2,816,517.11
	280000	$2,995,524.83	$3,014,918.79	$2,966,433.89
	300000	$3,146,107.48	$3,165,959.47	$3,116,329.51
	319000	$3,290,039.06	$3,310,493.42	$3,259,357.52
ULCC	360000	$3,602,767.34	$3,624,929.00	$3,569,524.85
	440000	$4,204,341.78	$4,228,191.50	$4,168,567.20
	560000	$5,112,042.84	$5,139,441.69	$5,070,944.57



Εικόνα 23 Συνάρτηση υπολογισμού κόστους επισκευών και συντήρησης τύπου μηχανής ντίζελ-δίχρονης για πλοία κατηγορίας Tanker

Αντίστοιχα για όλους τους τύπους μηχανής τα διαγράμματα του κόστους επισκευών και συντήρησης των πλοίων Tanker ακολουθούν τις γραμμικές συναρτήσεις:

Ντίζελ-δίχρονη: $y = 7.6162*x + 858990$ ($R^2 = 1$)

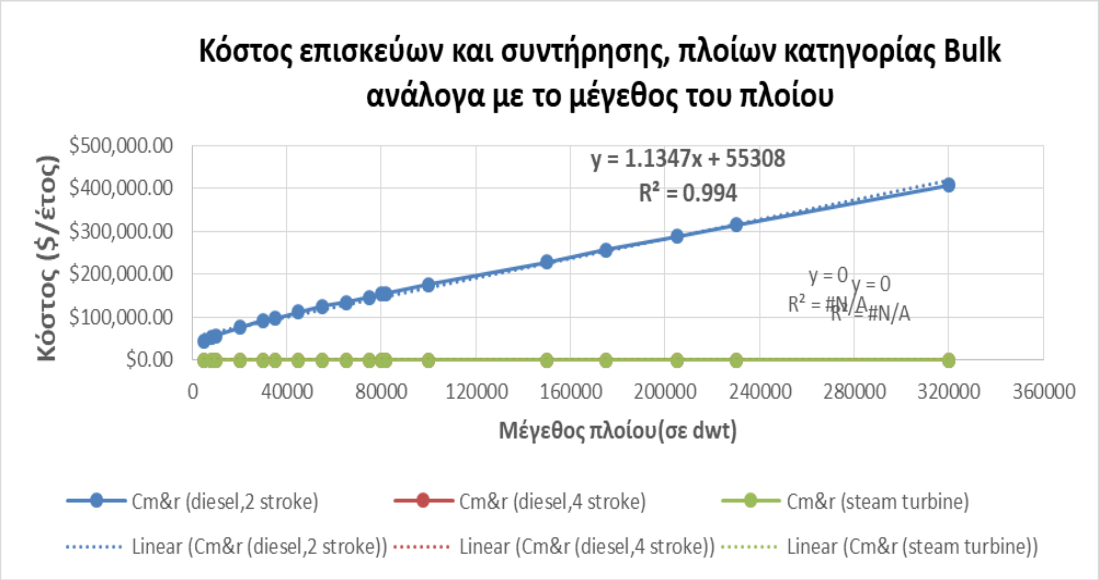
Ντίζελ-τετράχρονη: $y = 7.6557*x + 866566$ ($R^2 = 0.9999$)

Τουρμπίνα ατμού: $y = 7.557*x + 847625$ ($R^2 = 1$)

Για τα πλοία τύπου Bulk ($C_{M\&R} = K1_{\text{ΕΠ.ΣΥΝΤ.}} * C_O + K2_{\text{ΕΠ.ΣΥΝΤ.}} * (P_{MCR})^{0.66}$ (4), Πίνακας 4, Πίνακας 18):

Πίνακας 28 Υπολογισμός κόστους επισκευών και συντήρησης τριών διαφορετικών τύπων μηχανής για πλοία κατηγορίας Bulk

Μεγέθη πλοίων	*σε dwt*	*Cm&r=K1*Co+K2*Pmcr^0.66 ($/έτος)*		
		Cm&r (ντίζελ,δίχρονη)	*Cm&r (ντίζελ,τετράχρονη)*	*Cm&r (τουρμπίνα ατμού)*
Small	5000	$43,318.13	$46,360.07	$38,755.22
	8000	$51,923.83	$56,099.28	$45,660.66
Handysize	10000	$56,452.16	$61,153.04	$49,400.85
	20000	$75,679.29	$82,356.90	$65,662.87
	30000	$92,167.81	$100,300.53	$79,968.74
Handymax	35000	$96,718.52	$104,875.25	$84,483.43
	45000	$112,313.90	$121,755.60	$98,151.34
	55000	$124,795.35	$134,928.91	$109,595.02
Panamax	65000	$135,173.05	$145,597.74	$119,536.02
	75000	$145,929.78	$156,717.80	$129,747.76
	82000	$153,927.66	$165,059.18	$137,230.38
Capesize	80000	$153,756.69	$165,192.75	$136,602.58
	100000	$176,837.25	$189,298.47	$158,145.42
	150000	$228,180.55	$241,993.59	$207,460.99
	175000	$256,108.26	$271,026.93	$233,730.25
VLBC	205000	$287,800.73	$303,699.35	$263,952.80
	230000	$315,083.39	$331,964.78	$289,761.31
	320000	$407,055.62	$426,285.38	$378,210.98



Διάγραμμα 11 Συνάρτηση υπολογισμού κόστους επισκευών και συντήρησης τύπου μηχανής ντίζελ-δίχρονης για πλοία κατηγορίας Bulk

Αντίστοιχα τα διαγράμματα του κόστους επισκευών και συντήρησης των πλοίων Bulk ακολουθούν τις γραμμικές συναρτήσεις:

Ντίζελ-δίχρονη: $y = 1.1347*x + 55308$ ($R^2 = 0.994$)

Ντίζελ-τετράχρονη: $y = 1.1823*x + 61476$ ($R^2 = 0.9921$)

Τουρμπίνα ατμού: $y = 1.0634*x + 46055$ ($R^2 = 0.9965$)

Ανάλογα με τη μηχανή που θα επιλέξουμε υπολογίζεται το ετήσιο κόστος σε $/έτος με βάση το μέγεθος του πλοίου (σε dwt):

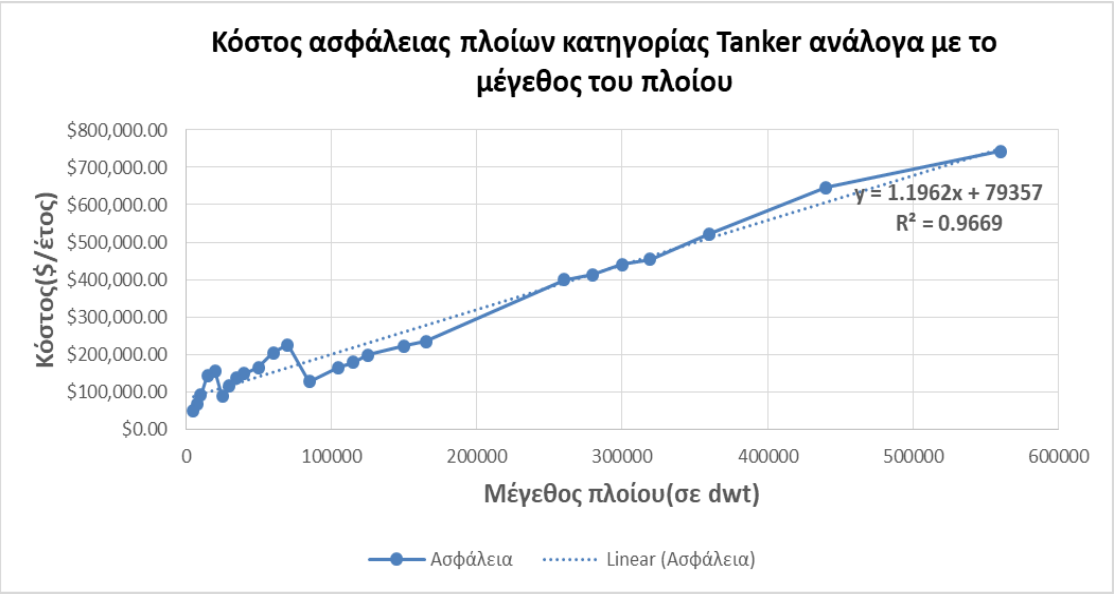
diesel,2 stroke	Σταθερές	α	0.0000	
		b	0.0	
diesel,4 stroke	Σταθερές	α	0.0000	
		b	0.0	
steam turbine	Σταθερές	α	1.0634	
		b	46055.2	
	Μεταβλητή	Εισόδου (σε Dwt)		Εξόδου (σε $/έτος)
		220000		+Z20*Y26+Z21

3.1.3.4 Ασφάλιση

Το κόστος ασφάλισης του πλοίου συνδέεται με τα έξοδα ασφάλειας σε τρίτους που εμπίπτουν σε τέσσερις κατηγορίες: κάλυψη P & I, κάλυψη αστικής ευθύνης συγκρούσεων, κάλυψη πολέμου P & I και παροχή των πιστοποιητικών οικονομικής ευθύνης που απαιτούνται για την εμπορία στις Ηνωμένες Πολιτείες (Βλ.1° κεφάλαιο). Εξαρτάται από την ταχύτητα και την ολική χωρητικότητα του πλοίου και υπολογίστηκε με έναν τρόπο για την κατηγορία των Tanker (CINS = $K1_{ΑΣΦ.}$ * VS + $K2_{ΑΣΦ.}$ * GT *(5)*, Πίνακας 5) και με τρεις διαφορετικούς τρόπους για την κατηγορία των Bulk (CINS = $K1_{ΑΣΦ.}$ * VS + $K2_{ΑΣΦ.}$ * GT *(5)*CINS=1925* (NCREW + GRT/1000) *(6)*, Πίνακας 5, Πίνακας 6):

Πίνακας 29 Υπολογισμός κόστους ασφάλισης για πλοία κατηγορίας Tanker

Μεγέθη πλοίων	*σε dwt*	*Cins = k1*Vs+K2*GT ($/έτος)*
Small	5000	$48,000.26
	8000	$66,000.27
Handysize	10000	$90,000.28
	15000	$144,000.29
	20000	$156,000.29
	25000	$88,000.20
Handymax	30000	$115,500.20
	35000	$137,500.20
	40000	$148,500.20
	50000	$165,000.20
Panamax	60000	$203,500.20
	70000	$225,500.20
Aframax	85000	$126,500.12
	105000	$165,000.12
Suezmax	115000	$178,750.12
	125000	$198,000.12
	150000	$222,750.12
	165000	$233,750.12
VLCC	260000	$398,750.12
	280000	$412,500.12
	300000	$440,000.12
	319000	$453,750.12
ULCC	360000	$522,500.13
	440000	$646,250.13
	560000	$742,500.13



Διάγραμμα 12 Συνάρτηση υπολογισμού κόστους ασφάλισης για πλοία κατηγορίας Tanker

Παρατηρούμε μία μείωση του κόστους σε ορισμένες περιπτώσεις. Αυτό συμβαίνει διότι για τον υπολογισμό του κόστους οι συντελεστές K1 και K2 παίρνουν διαφορετικές τιμές όσο αυξάνεται το μέγεθος του πλοίου (βλ. Πίνακας 5). Είναι λογικό να αυξάνονται και η ταχύτητα και η ολική χωρητικότητα όσο αυξάνεται το μέγεθος του πλοίου. Γι' αυτό μειώνονται και οι σταθεροί συντελεστές K για να έχουν οι μεταβλητές μικρότερη επίδραση στο συνολικό κόστος ασφάλισης.

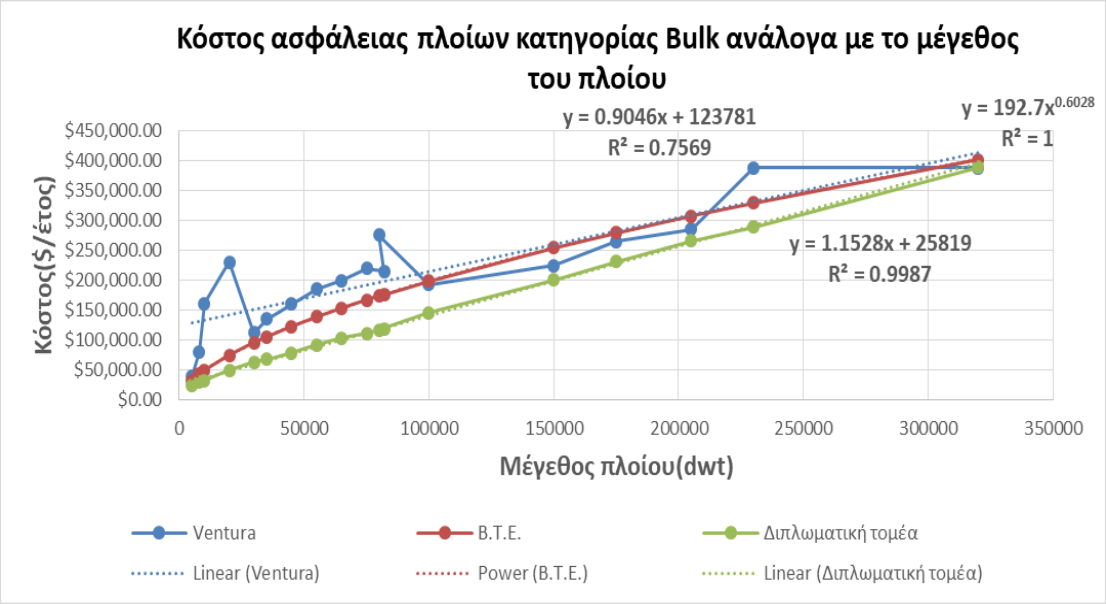
Η συνάρτηση είναι η y = 1.1962*x + 79357 (R^2 = 0.9669) που δέχεται σαν μεταβλητή εισόδου το μέγεθος του πλοίου (σε dwt) και επιστρέφει το κόστος (σε $/έτος).

Στην περίπτωση των Bulk carriers το κόστος υπολογίζεται με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

Πίνακας 30 Υπολογισμός κόστους ασφάλισης για πλοία κατηγορίας Bulk

Μεγέθη πλοίων	*σε dwt*	*Cins = k1*Vs+K2*GT ($/έτος)*	*Cτομέας=1925(GT* Ncrew)/1000*	*$C_{B.T.E.}$=α*dwt^β*
Small	5000	$40,250.12	$24,062.50	$32,705.49
	8000	$80,500.13	$29,837.50	$43,417.44
Handysize	10000	$161,000.14	$32,725.00	$49,668.56
	20000	$230,000.14	$50,050.00	$75,429.71
	30000	$112,500.12	$63,525.00	$96,314.19
Handymax	35000	$135,000.12	$68,337.50	$105,692.89
	45000	$160,000.12	$78,925.00	$122,981.01
	55000	$185,000.12	$92,400.00	$138,794.48
Panamax	65000	$200,000.12	$103,950.00	$153,499.07
	75000	$220,000.12	$111,650.00	$167,327.95
	82000	$215,000.12	$119,350.00	$176,574.73
Capesize	80000	$275,000.12	$117,425.00	$173,965.93
	100000	$192,500.09	$146,300.00	$199,013.06
	150000	$225,000.09	$200,200.00	$254,114.46
	175000	$265,000.09	$231,000.00	$278,859.15
VLBC	205000	$285,000.09	$265,650.00	$306,765.70
	230000	$387,500.09	$288,750.00	$328,799.47
	320000	$387,500.09	$388,850.00	$401,223.14

Όπου οι συναρτήσεις των παραπάνω εξόδων παρουσιάζονται στο επόμενο διάγραμμα:



Διάγραμμα 13 Συναρτήσεις υπολογισμού κόστους ασφάλισης για πλοία κατηγορίας Bulk

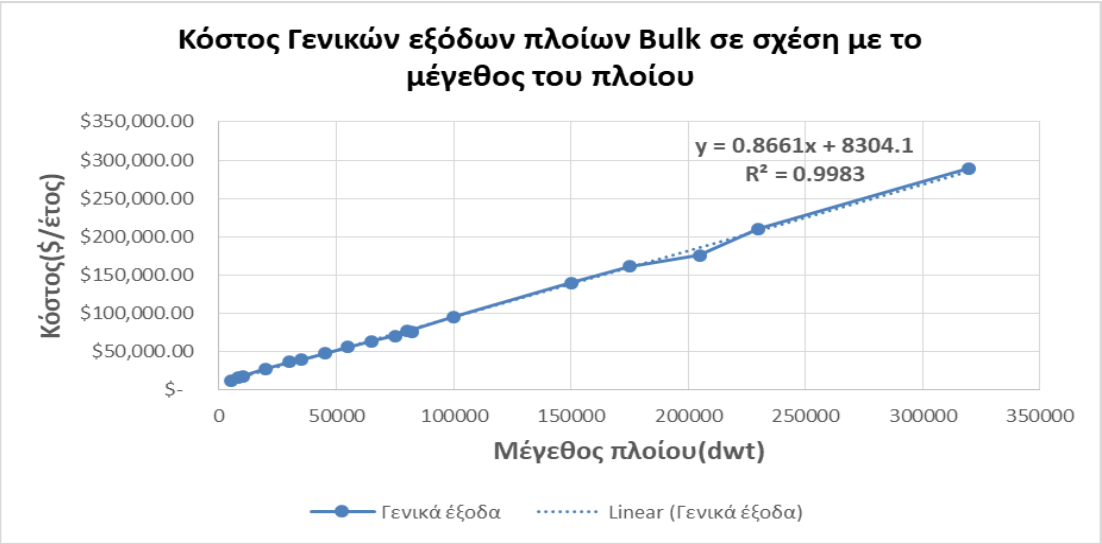
Οι δύο από αυτές τις συναρτήσεις (y = 192,7*χ^0.6028, y = 1.1528*x + 25819) περιγράφουν αξιόπιστα τις τιμές του κόστους (R^2 = 1 και 0,9987 αντίστοιχα) και αυτές είναι που θα χρησιμοποιηθούν. Τοποθετώντας το dwt ως μεταβλητή εισόδου το πρόγραμμα υπολογίζει το μέσο όρο των δύο συναρτήσεων ως κόστος ασφάλειας (σε $/έτος).

3.1.3.5 Διοικητικά / Γενικά Έξοδα

Σε αυτά ανήκουν τα διοικητικά έξοδα, τα τέλη για τη χρησιμοποίηση της σημαίας, τέλη στα λιμάνια και άλλα γενικά έξοδα. Για τον υπολογισμό τους χρειάστηκαν οι διαστάσεις του πλοίου (CGEN = 6500 + 70*(LBP*B*D/100) *(7)*, Πίνακας 7).

Πίνακας 31 Υπολογισμός γενικών εξόδων για πλοία κατηγορίας Bulk

Μεγέθη πλοίων	*σε dwt*	*Cgen=6500+70*CN/100 ($/έτος)*
Small	5000	$12,564.80
	8000	$15,769.62
Handysize	10000	$18,038.89
	20000	$27,868.59
	30000	$36,702.20
Handymax	35000	$39,680.00
	45000	$47,836.40
	55000	$55,841.67
Panamax	65000	$63,406.64
	75000	$70,519.97
	82000	$75,795.13
Capesize	80000	$77,012.75
	100000	$95,626.10
	150000	$139,556.00
	175000	$161,259.50
VLBC	205000	$175,493.65
	230000	$210,698.40
	320000	$289,563.20



Διάγραμμα 14 Συνάρτηση υπολογισμού γενικών εξόδων για πλοία κατηγορίας Bulk

Η γραμμική συνάρτηση y = 0.8661*x + 8304.1 αντιπροσωπεύει τις τιμές του κόστους και έχει R^2 = 0.9983. Σαν μεταβλητή εισόδου τοποθετείται το dwt του πλοίου και το πρόγραμμα επιστρέφει το κόστος γενικών εξόδων σε $/έτος.

Έγινε μια παραδοχή για το κόστος πλοίων κατηγορίας Tanker προσαυξάνοντας το κόστος των Bulk κατά 20%.

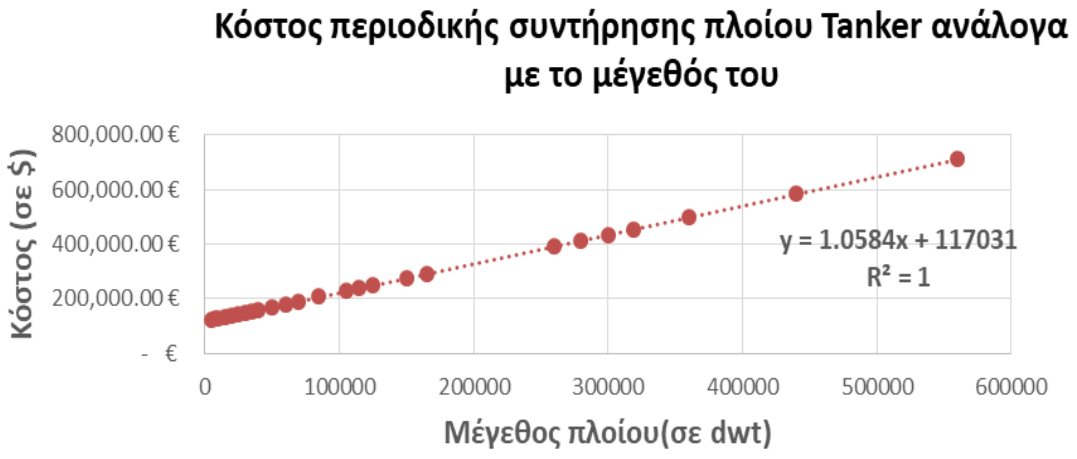
3.1.3.6 Περιοδική συντήρηση

Το συγκεκριμένο κόστος εκτός από το μέγεθος του πλοίου, που πρόκειται να υποβληθεί σε περιοδική συντήρηση, εξαρτάται επίσης από την διαπραγματευτική ικανότητα της πλοιοκτήτριας εταιρείας καθώς και τις τιμές της αγοράς. Αν μια εταιρεία έρθει σε συμφωνία με ένα ναυπηγείο για παραπάνω από ένα πλοία και περισσότερες από μία συντηρήσεις, μπορεί να λάβει έκπτωση ως και 30% του κόστους αυτού.

Συνδέεται άμεσα με το κόστος αγοράς του πλοίου και υπολογίζεται με ένα τρόπο για τα Tanker ($C_{DOCK}=K1_{ΠΕΡ.ΣΥΝΤ.}*C_O$ (8), Πίνακας 9) και με δύο διαφορετικούς τρόπους για Bulk πλοία ($C_{DOCK}=K1_{ΠΕΡ.ΣΥΝΤ.}*C_O$ (8),$C_{rep,st}$ = 25000 * $(L_{BP}*B*D / 10^5)^{2/3}$ (9),Crep,MA = 13.6 * BHP (10), Πίνακας 9, Πίνακας 10):

Πίνακας 32 Υπολογισμός κόστους περιοδικής συντήρησης για πλοία κατηγορίας Tanker

Μεγέθη πλοίων	*σε dwt*	*Cdock=K1*Co**($/έτος)*
Small	5000	122,322.67 €
	8000	125,497.91 €
Handysize	10000	127,614.74 €
	15000	132,906.82 €
	20000	138,198.89 €
	25000	143,490.96 €
Handymax	30000	148,783.03 €
	35000	154,075.10 €
	40000	159,367.18 €
	50000	169,951.32 €
Panamax	60000	180,535.47 €
	70000	191,119.61 €
Aframax	85000	206,995.83 €
	105000	228,164.12 €
Suezmax	115000	238,748.26 €
	125000	249,332.41 €
	150000	275,792.77 €
	165000	291,668.98 €
VLCC	260000	392,218.36 €
	280000	413,386.65 €
	300000	434,554.94 €
	319000	454,664.81 €
ULCC	360000	498,059.81 €
	440000	582,732.96 €
	560000	709,742.70 €



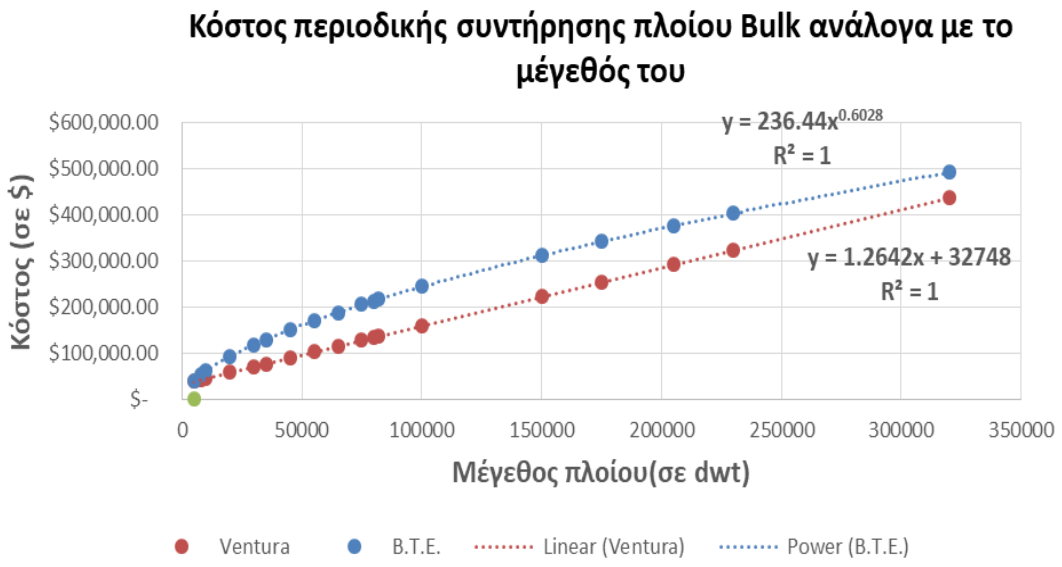
Διάγραμμα 15 Συνάρτηση υπολογισμού κόστους περιοδικής συντήρησης για πλοία κατηγορίας Tanker

Με μεταβλητή εισόδου το μέγεθος του πλοίου υπολογίζεται το κόστος συντήρησης σε $/έτος.

Ενώ για τα πλοία κατηγορίας Bulk:

Πίνακας 33 Υπολογισμός κόστους περιοδικής συντήρησης για πλοία κατηγορίας Bulk

Μεγέθη πλοίων	*σε dwt*	*Cdock=K1*Co ($/έτος)*	*Cb.t.e.=α*dwt^β ($/έτος)*
Small	5000	$39,068.48	$40,129.92
	8000	$42,861.02	$53,273.58
Handysize	10000	$45,389.38	$60,943.76
	20000	$58,031.17	$92,552.91
	30000	$70,672.95	$118,178.35
Handymax	35000	$76,993.85	$129,686.10
	45000	$89,635.64	$150,898.78
	55000	$102,277.43	$170,302.04
Panamax	65000	$114,919.21	$188,344.69
	75000	$127,561.00	$205,312.86
	82000	$136,410.25	$216,658.74
Capesize	80000	$133,881.90	$213,457.72
	100000	$159,165.47	$244,190.75
	150000	$222,374.42	$311,800.66
	175000	$253,978.89	$342,162.61
VLBC	205000	$291,904.25	$376,404.18
	230000	$323,508.72	$403,439.81
	320000	$437,284.82	$492,304.29



Διάγραμμα 16 Συναρτήσεις υπολογισμού κόστους περιοδικής συντήρησης για πλοία κατηγορίας Bulk

Εφόσον υπολογίστηκε το κόστος αγοράς μέσω γραμμικής συνάρτησης (Βλ.3.1.2) οι συναρτήσεις για το κόστος περιοδικής συντήρησης (y = 1.0584*x + 117031, y = 236.44*x^0.6028 και y = 1.2642*x + 32748) έχουν όλες R^2 = 1. Τοποθετώντας το dwt του πλοίου το πρόγραμμα επιστρέφει ως μεταβλητή εξόδου το κόστος (για τα Bulk το μέσο όρο των δύο συναρτήσεων) σε $/έτος.

3.1.3.7 Κόστος ταξιδιού

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι το συγκεκριμένο κόστος εκτός από πολύ δαπανηρό αποτελεί και πολύ υποκειμενικό παράγοντα στο συνολικό λειτουργικό κόστος. Κι αυτό γιατί εξαρτάται από πολλές παραμέτρους όπως η αγορά πετρελαίου (όσων αφορά τις τιμές καυσίμων), το μηχανολογικό εξοπλισμό (κατανάλωση καυσίμου της εκάστοτε μηχανής του πλοίου και είδος καυσίμου που χρησιμοποιεί), τις καιρικές συνθήκες και τις τιμολογιακές πολιτικές των λιμανιών και των καναλιών.

Το μοντέλο υπολογίζει το κόστος καυσίμων για πλοία τύπου Tanker αξιοποιώντας δύο διαφορετικές έρευνες πάνω στο θέμα αυτό [12], [15].

Ο πρώτος τρόπος υπολογισμού είναι μέσω του Πίνακας 12 (βλ. 2.3) όπου τοποθετώντας ο χρήστης σαν μεταβλητή εισόδου έναν από τους συντελεστές του πίνακα (όπως περιεγράφηκε στο 3.1.3) υπολογίζεται το κόστος καυσίμων ως εξής:

C1 = (Συντελεστής του Πίνακας 12) / 1000 * (ισχύ σε Kw) * 24 *300 * (τιμή του καυσίμου) * 0.9, σε $/έτος

Όπου:

Θεωρήθηκε ότι το πλοίο ταξιδεύει 24 ώρες την ημέρα, 300 μέρες το χρόνο.

Η ισχύς της μηχανής του πλοίου μετατρέπεται αυτόματα σε Kw όταν ο χρήστης τοποθετήσει την ισχύ στις μεταβλητές εισόδου (βλ. 2.3),

Η τιμή του καυσίμου τοποθετείται και αυτή στις μεταβλητές εισόδου

Εφαρμόσθηκε επίσης ένας μειωτικός συντελεστής (90%), θεωρώντας ότι η μέγιστη συνεχής λειτουργία της μηχανής δεν βρίσκεται στο 100% της απόδοσής της [40].

Ο δεύτερος τρόπος υπολογισμού της κατανάλωσης καυσίμου βασίζεται στην σχέση (Διάγραμμα 1):

$Y = 0.1727*Vs^2 - 0.217*Vs$ (σε τόνους/μέρα)

Επομένως με την προηγούμενη θεώρηση το κόστος είναι:

C2 = Y *300 * (τιμή του καυσίμου) * 0.9

Τοποθετώντας λοιπόν σαν μεταβλητές εισόδου το dwt του πλοίου, την ταχύτητα, την ισχύ και την τιμή του καυσίμου υπολογίζεται το κόστος (ο μέσος όρος των δύο τρόπων υπολογισμού) σε $ / έτος.

Για τα πλοία κατηγορίας Bulk το μοντέλο χρησιμοποιεί τους παραπάνω τρόπους και μία ακόμα έρευνα [13], της οποίας τα αποτελέσματα παρατίθενται παρακάτω (Πίνακας 13 και Πίνακας 14):

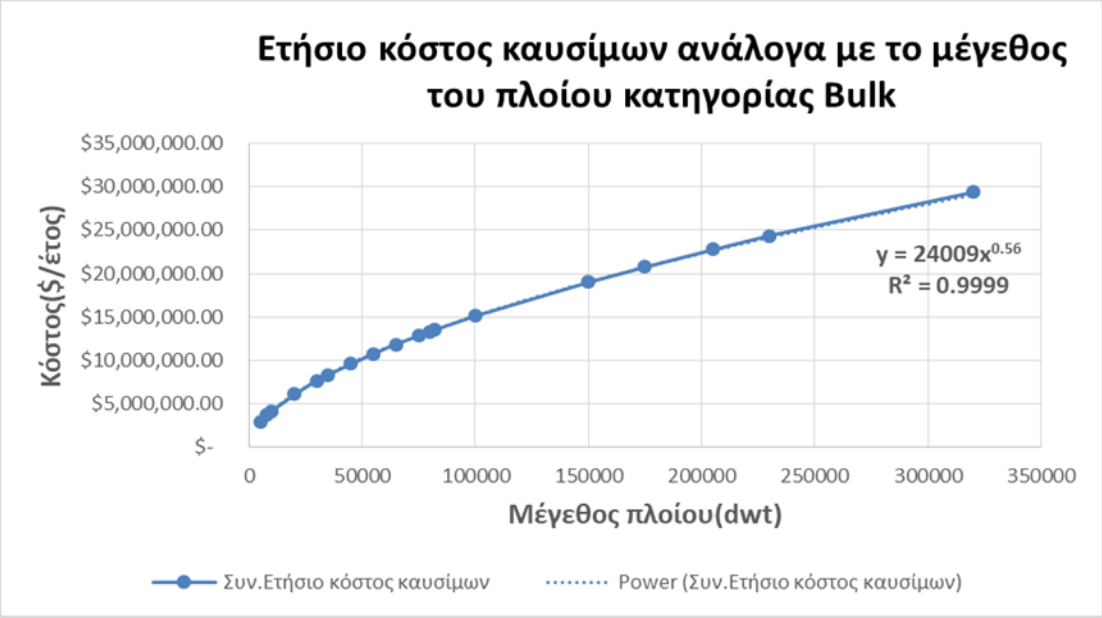
Πίνακας 34 Υπολογισμός κόστους καυσίμων για πλοία κατηγορίας Bulk

Μεγέθη πλοίων	*σε dwt*	*Fcons,sea=(α*(dwt/1000)^β+γ)*300 (τόνους/έτος)*	*Fcons,port=(α+β*dwt/1000)*60 (τόνους/έτος)*	*Συν. Ετήσια κατανάλωση σε τόνους καυσίμου*	*Συν.Ετήσιο κόστος καυσίμων*
Small	5000	5477.14	540	6017.14	$2,882,209.67
	8000	7190.17	540	7730.17	$3,702,752.13
Handysize	10000	8181.82	540	8721.82	$4,177,753.80
	20000	12222.12	540	12762.12	$6,113,055.06
	30000	15456.22	540	15996.22	$7,662,190.42
Handymax	35000	16899.18	540	17439.18	$8,353,365.56
	45000	19546.10	540	20086.10	$9,621,243.50
	55000	21954.33	540	22494.33	$10,774,782.97
Panamax	65000	24183.94	540	24723.94	$11,842,765.18
	75000	26273.06	540	26813.06	$12,843,454.55
	82000	27666.13	540	28206.13	$13,510,734.82
Capesize	80000	27273.40	540	27813.40	$13,322,617.56
	100000	31034.89	540	31574.89	$15,124,370.07
	150000	39247.05	540	39787.05	$19,057,995.46
	175000	42911.05	540	43451.05	$20,813,054.55
VLBC	205000	47027.90	540	47567.90	$22,785,026.41
	230000	50267.88	540	50807.88	$24,336,974.10
	320000	60860.00	540	61400.00	$29,410,602.32

Όπου:

Fcons,sea είναι η κατανάλωση καυσίμου στην θάλασσα (σε τόνους) και

Fcons,port είναι η κατανάλωση καυσίμου στο λιμάνι (σε τόνους)



Διάγραμμα 17 Συνάρτηση υπολογισμού κόστους ταξιδιού για πλοία κατηγορίας Bulk

Ο συνδυασμός των δύο προηγούμενων τύπων με τη συνάρτηση του διαγράμματος Διάγραμμα 17, $y = 24009*x^{0.56}$ ($R^2 = 0.9999$) υπολογίζει το κόστος καυσίμων των πλοίων κατηγορίας Bulk (σε $/έτος).

3.1.4 Σύγκριση και αναπροσαρμογή των αποτελεσμάτων του μοντέλου με πραγματικά κόστη πλοίων

Πίνακας 35 Ποσοστιαία διαφορά των παραμέτρων και του συνολικού λειτουργικού κόστους, πλοίων κατηγορίας Tanker, από τα πραγματικά δεδομένα

Παράμετροι του λειτουργικού κόστους	*Τύπος πλοίου / μέγεθος (Dwt)*	*Ποσοστιαία διαφορά με τα πραγματικά δεδομένα (οι αρνητικές τιμές σημαίνουν ότι τα αποτελέσματα του μοντέλου υπερέχουν των πραγματικών στοιχείων*
Κόστος πληρώματος	Tanker / 75.000	50%
	Tanker / 70.000	51%
	Tanker / 45.000	50%
Κόστος προμηθειών και λιπαντικών	Tanker / 75.000	-3%
	Tanker / 70.000	-3%
	Tanker / 45.000	-2%
Κόστος επισκεύων και συντήρησης	Tanker / 75.000	-302%
	Tanker / 70.000	-300%
	Tanker / 45.000	-300%
Κόστος ασφάλειας	Tanker / 75.000	31%
	Tanker / 70.000	32%
	Tanker / 45.000	36%
Κόστος γενικών εξόδων	Tanker / 75.000	35%
	Tanker / 70.000	37%
	Tanker / 45.000	50%
Κόστος διαχείρισης	Tanker / 75.000	33%
	Tanker / 70.000	33%
	Tanker / 45.000	33%
Σύνολο λειτουργικών εξόδων	Tanker / 75.000	-6%
	Tanker / 70.000	-6%
	Tanker / 45.000	-4%
Κόστος περιοδικής συντήρησης	Tanker / 75.000	-30%
	Tanker / 70.000	-28%
	Tanker / 45.000	-50%
Κόστος καυσίμου	Tanker / 75.000	22%
	Tanker / 70.000	38%
	Tanker / 45.000	-7%
Συνολικό Λειτουργικό Κόστος Ταξιδιού	Tanker / 75.000	-19%
	Tanker / 70.000	8%
	Tanker / 45.000	-11%

Παρατηρείται ότι παρότι υπάρχουν μεγαλές διαφορές σε κάθε παράμετρο ξεχωριστά, στο συνολικό λειτουργικό κόστος οι διαφορές κυμαίνονται από -20% έως 10%. Οι μεγαλές διαφορές όπως για παράδειγμα στο κόστος επισκευών και συντήρησης (-300%) μπορεί να οφείλονται στην εξέλιξη της τεχνογνωσίας . Καθώς οι τύποι

υπολογισμού βασίστηκαν σε παλαιότερα πρότυπα μηχανών και αντίστοιχα ανταλλακτικών.

Πίνακας 36 Ποσοστιαία διαφορά των παραμέτρων και του συνολικού λειτουργικού κόστους, πλοίων κατηγορίας Bulk, από τα πραγματικά δεδομένα

Παράμετροι του λειτουργικού κόστους	*Τύπος πλοίου / μέγεθος (Dwt)*	*Ποσοστιαία διαφορά με τα πραγματικά δεδομένα (οι αρνητικές τιμές σημαίνουν ότι τα αποτελέσματα του μοντέλου υπερέχουν των πραγματικών στοιχείων*
Κόστος πληρώματος	Bulk / 60.000	40%
	Bulk / 80.000	40%
	Bulk / 170.000	31%
Κόστος προμηθειών και λιπαντικών	Bulk / 60.000	7%
	Bulk / 80.000	-2%
	Bulk / 170.000	2%
Κόστος επισκεύων και συντήρησης	Bulk / 60.000	51%
	Bulk / 80.000	51%
	Bulk / 170.000	38%
Κόστος ασφάλειας	Bulk / 60.000	37%
	Bulk / 80.000	36%
	Bulk / 170.000	20%
Κόστος γενικών εξόδων	Bulk / 60.000	23%
	Bulk / 80.000	17%
	Bulk / 170.000	-31%
Κόστος διαχείρισης	Bulk / 60.000	46%
	Bulk / 80.000	46%
	Bulk / 170.000	49%
Σύνολο λειτουργικών εξόδων	Bulk / 60.000	36%
	Bulk / 80.000	35%
	Bulk / 170.000	26%
Κόστος περιοδικής συντήρησης	Bulk / 60.000	-32%
	Bulk / 80.000	-46%
	Bulk / 170.000	-100%
Κόστος καυσίμου	Bulk / 60.000	-36%
	Bulk / 80.000	1%
	Bulk / 170.000	-31%
Συνολικό Λειτουργικό Κόστος Ταξιδιού	Bulk / 60.000	-3%
	Bulk / 80.000	10%
	Bulk / 170.000	-16%

Παρατηρείται ότι οι ποσοστιαίες διαφορές στο συνολικό κόστος κυμαίνονται και στην περίπτωση των πλοίων μεταφοράς ξηρού φορτίου (χύδην) όπως και στα δεξαμενόπλοια (βλ. Πίνακας 35) σε χαμηλά επίπεδα, από -15% έως 10%. Με συνέπεια η αναπροσαρμογή του μοντέλου να μην αποτελεί αναγκαία διαδικασία.

3.1.5 Ανάλυση και αυτοματοποίηση του υπολογισμού των παραμέτρων που επηρεάζουν το κόστος θαλάσσιας μεταφοράς

Η σχετική ανάλυση στοχεύει στη διερεύνηση του κατάλληλου μεγέθους του πλοίου (σε σχέση με τη χώρα εισαγωγής και την ετησίως μεταφερόμενη ποσότητα καυσίμου) ώστε να βελτιστοποιείται το κόστος της θαλάσσιας μεταφοράς.

Η υπολογιστική διαδικασία ακολουθεί τα εξής βήματα:

(α) Εισάγονται στα κελιά του υπολογιστικού προγράμματος excel τα στοιχεία: λιμένας προέλευσης, λιμένας προορισμού, ετήσιες εισαγωγές φορτίου, απόσταση (πλήρης κύκλος – ένα πλοίο να ταξιδέψει στο λιμάνι προορισμού και να επιστρέψει στο λιμάνι προέλευσης), μία αρχική μέση ταχύτητα και η συχνότητα ανανέωσης φορτίου.

(β) Υπολογίζεται η ικανότητα μεταφοράς του πλοίου (cargo capacity) από τη σχέση (ετήσια ποσότητα φορτίου / 365) * συχνότητα ανανέωσης φορτίου

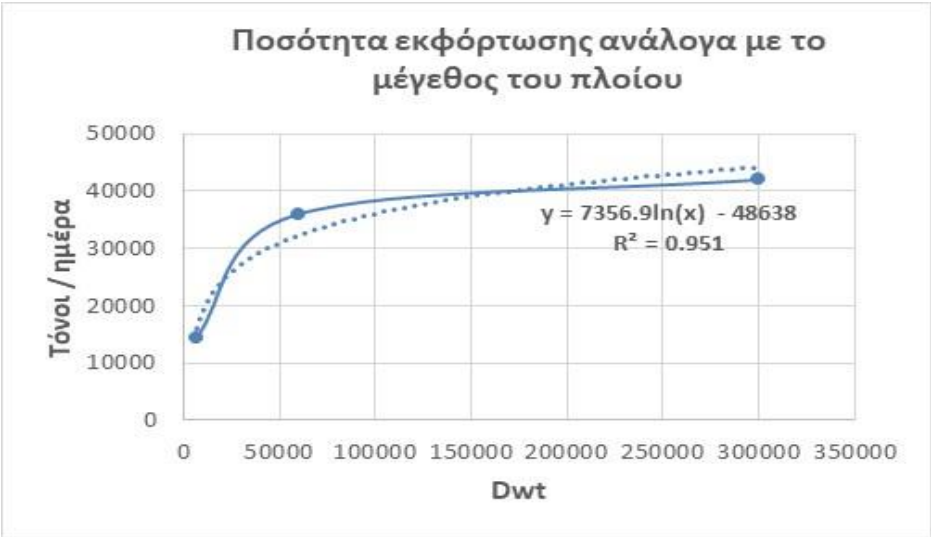
(γ) Υπολογίζεται ο χρόνος πλήρους κύκλου ταξιδιού σε μέρες από την σχέση [Απόσταση (ναυτικά μίλια) / ταχύτητα (knot's)] * 0.04167 όπου 1 ναυτικό μίλι / knot = 0.04167 μέρες

Με βάση τον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 37 Ποσότητα φόρτωσης και εκφόρτωσης φορτίου χαρακτηριστικών πλοίων

Πλοία κατηγορίας (Dwt)	*Ποσότητα φόρτωσης/ εκφόρτωσης (τόνους/ώρα)*	*Ποσότητα φόρτωσης/εκφόρτωσης (τόνους/ημέρα)*
6500	600	14400
60000	1500	36000
300000	1750	42000

Δημιουργείται το επόμενο διάγραμμα υπολογισμού της ποσότητας φόρτωσης και εκφόρτωσης του φορτίου ανάλογα με το μέγεθος του πλοίου:



Διάγραμμα 18 Συνάρτηση υπολογισμού της ποσότητας φόρτωσης/εκφόρτωσης φορτίου ανάλογα με το μέγεθος του πλοίου

Με βάση τη συνάρτηση y = 7356.9*ln(x) – 48638 (R^2 = 0.951) μπορεί να υπολογιστεί ο χρόνος που απαιτείται στα λιμάνια για φόρτωση και εκφόρτωση του φορτίου (χωρητικότητα φορτίου / ποσότητα φόρτωσης-εκφόρτωσης ανά ημέρα).

(δ) Ο νέος χρόνος ενός πλήρους κύκλου ταξιδιού θα είναι: [(Απόσταση / ταχύτητα) * 0.04167] + 2 * χωρητικότητα φορτίου / ποσότητα φόρτωσης-εκφόρτωσης ανά ημέρα

Ο αριθμός των πλοίων που απαιτούνται για δεδομένη συχνότητα δρομολόγησης είναι:

(ε) Συνολικός χρόνος πλήρους κύκλου ταξιδιού / συχνότητα

Επειδή όμως είναι απαραίτητο ο αριθμός των πλοίων να είναι ακέραιος αριθμός, τοποθετούνται το ακέραιο και το δεκαδικό μέρος του αριθμού αυτού σε ξεχωριστά κελιά και γίνεται έλεγχος / σύγκριση του δεκαδικού μέρους με ένα συντελεστή (η ανάλυση του οποίου θα γίνει στη συνέχεια).

0.5			
Αριθμός πλοίων	Ακέραιο μέρος	Δεκαδικό μέρος	Αριθμός πλοίων τελικό
6.2	6	0.2	6

Εικόνα 24 Συνθήκη απαίτησης του αριθμού των πλοίων ως ακέραιο αριθμό

Ο τελικός αριθμός πλοίων υπολογίζεται με τον έλεγχο: Αν το δεκαδικό είναι μεγαλύτερο του συντελεστή που τοποθετούμε, ο τελικός αριθμός πλοίων = ακέραιο μέρος + 1, αλλιώς ισούται με το ακέραιο μέρος.

Στη συνέχεια υπολογίζεται το μέγεθος του πλοίου μέσω της ικανότητας μεταφοράς φορτίου που έχει ήδη αναλυθεί πρωτύτερα.

(στ) Μέγεθος πλοίου (dwt) = ικανότητα μεταφοράς (dwcc[21]) * 7.33 / (0.9 * συντελεστής μετατροπής) [23]

Όπου

7.33 βαρέλια = 1 μετρικό τόνο

0.9 = μειωτικός συντελεστής

Και ο συντελεστής μετατροπής δίνεται στον επόμενο πίνακα:

[21] Deadweight cargo capacity

Πίνακας 38 Συντελεστής μετατροπής ανάλογα με το είδος της μεταφερόμενης ποσότητας

Είδος μεταφερόμενης ποσότητας	*Βαρέλια / τόνο*
Βενζίνη	*8.4998*
Πετρέλαιο	*7.7652*
Αποστάγματα	*7.2296*
Υπολείμματα πετρελαίου	*6.6208*

Αναπροσαρμόζεται ο χρόνος ταξιδιού βάσει του νέου αριθμού πλοίων:

(ζ) Νέος χρόνος ταξιδιού = προηγούμενος χρόνος πλήρους κύκλου * (αριθμό πλοίων / τελικό αριθμό πλοίων)

Άρα αναπροσαρμόζεται και η ταχύτητα:

(η) Απόσταση / νέο χρόνο ταξιδιού (αναπροσαρμοσμένος χρόνος) * 0.04167

Τέλος επαληθεύεται η διαδικασία μέσω δύο βημάτων:

(θ) Βήμα 1: αριθμός ταξιδιών = 365 / νέο χρόνο ταξιδιού, Βήμα 2: μεταφερόμενη ποσότητα = τελικός αριθμός πλοίων * ικανότητα μεταφοράς φορτίου * αριθμός ταξιδιών

Εάν η μεταφερόμενη ποσότητα είναι ίση με τον αρχικό αριθμό των εισαγωγών φορτίου ο υπολογισμός είναι σωστός.

Με τη χρήση μίας μακροεντολής του προγράμματος excel μπορεί να υπολογιστεί αυτόματα το κόστος μεταφοράς του φορτίου από ένα λιμάνι σε ένα άλλο. Η μακροεντολή τοποθετεί τις εκάστοτε τιμές του μεγέθους του πλοίου, της αναπροσαρμοσμένης ταχύτητας και του αναπροσαρμοσμένου χρόνου στο μοντέλο υπολογισμού του λειτουργικού κόστους (τμήμα 1°, βλ. 3.1.3). Το μοντέλο υπολογίζει το συνολικό λειτουργικό κόστος ταξιδιού (έγινε προσαρμογή του μοντέλου να δέχεται μόνο το μέγεθος, την ταχύτητα και το χρόνο για να υπολογίζει το κόστος) και επιστρέφει το αποτέλεσμα στο φύλλο εργασίας που περιεγράφηκε πιο πάνω.

Πίνακας 39 Παράδειγμα υπολογισμού κόστους ενός ταξιδιού από το λιμάνι Α στο Β

Λιμάνι προέλευσης	*Λιμάνι προορισμού*	*Ποσότητα φορτίου (τόνοι)*	*Απόσταση (ναυτικά μίλια)*	*Ταχύτητα (knot's)*	*Συν. χρόνος πλήρους κύκλου(μέρες)*
A	*B*	*1,000,000*	*7000*	*11*	*28.1*
Δρομολόγιο ανά (μέρες)	*Αριθμός πλοίων*	*Ακέραιο μέρος*	*Δεκαδικό μέρος*	*Αριθμός πλοίων τελικό*	*Μέγεθος πλοίου (DWT)*
7	*4.0*	*4*	*0.0*	*4*	*19,178*
Χρόνος αναπροσαρμοσμένος	*Ταχύτητα αναπροσαρμοσμένη*	*Επαλήθευση ΒΗΜΑ_1 Αριθμός ταξιδιών*	*Επαλήθευση ΒΗΜΑ_2 πρέπει να ισούται με την ποσότητα φορτίου*	*Ανά κυκλικό ταξίδι ενός πλοίου ($)*	
28.0	*10.4*	*13.0*	*1,000,000*	*$331,272*	

Όπου κάθε επόμενη γραμμή του πίνακα ακολουθεί την προηγούμενη.

Στο συνολικό κόστος ταξιδιού εντάσσεται και το κόστος απόσβεσης του κεφαλαίου που χρησιμοποιήθηκε για την αγορά του πλοίου. Αξιοποιώντας τον Πίνακας 19, υπολογίζεται η απόσβεση του κεφαλαίου θεωρώντας ωφέλιμη διάρκεια λειτουργίας ενός πλοίου μεταφοράς πετρελαίου τα 25 χρόνια [41].

Απόσβεση κεφαλαίου = κόστος αγοράς / 25 / 365 σε $ / ημέρα

Απόσβεση των τόκων = 0.04 * (κόστος αγοράς / 2) / 365 σε $ / ημέρα, όπου θεωρήθηκε 4% επιτόκιο και γραμμική απόσβεση στη διάρκεια των 25 χρόνων.

Το συνολικό κόστος απόσβεσης (απόσβεση κεφαλαίου + απόσβεση τόκων) εντάσσεται στο συνολικό κόστος ταξιδιού.

4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Η ανωτέρω μεθοδολογία εφαρμόστηκε για τον υπολογισμό του κόστους μεταφοράς πετρελαίου (α) για ομάδα ιδεατών σεναρίων και (β) για την περίπτωση θαλάσσιας μεταφοράς πετρελαίου από τους λιμένες χωρών παραγωγής πετρελαίου προς λιμένες διαχείρισης υγρών φορτίων στην Ελλάδα (Άγιοι Θεόδωροι, Μέγαρα, Ελευσίνα), την Ιταλία (Πόρτο Φόξι) και την Ισπανία (Καρταγένα).

4.1 Διερεύνηση ιδεατών σεναρίων μεταφοράς πετρελαίου

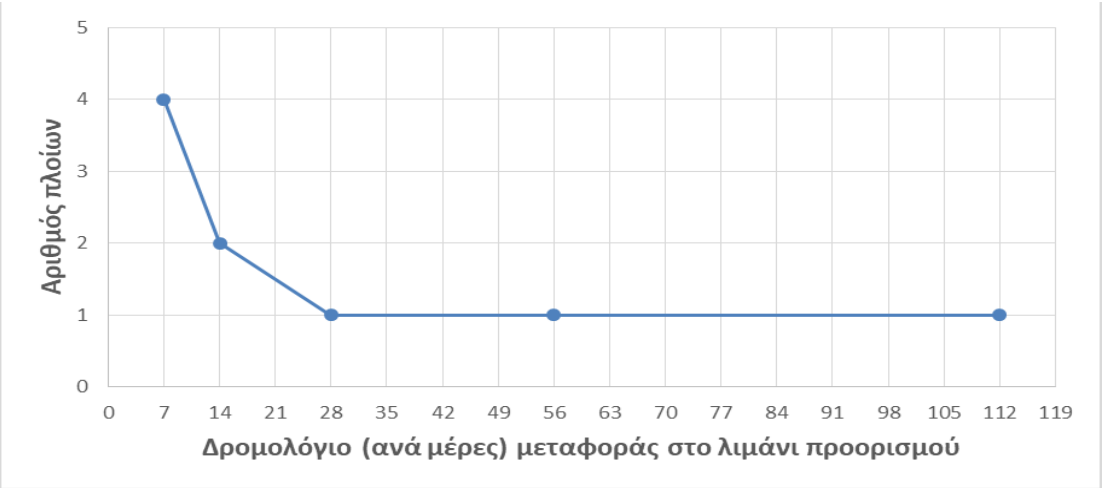
Αναπτύχθηκε σειρά ιδεατών σεναρίων με στόχο τη διερεύνηση και εξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά με τις επιπτώσεις που διάφορες παράμετροι (ταχύτητα πλοίου, συχνότητα δρομολογίου, οργάνωση κυκλικών ταξιδιών κλπ) έχουν στη διαμόρφωση του λειτουργικού κόστους της θαλάσσιας μεταφοράς.

Συγκεκριμένα, αναλύθηκαν 7 υποθετικά σενάρια.

Σενάριο 1ο *Εύρεση του βέλτιστου αριθμού δρομολογημένων πλοίων, για σταθερή συχνότητα δρομολογίου, συναρτήσει του μεγέθους της ετησίως διακινούμενης ποσότητας καυσίμου*

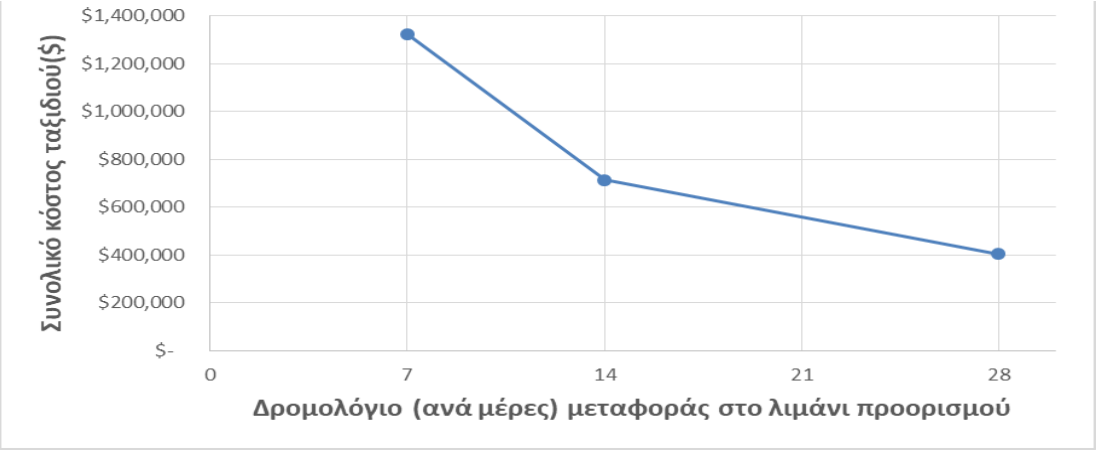
Τα δεδομένα εισόδου του Σεναρίου αυτού είναι:

1. Σταθερή συχνότητα δρομολογίου. Εξετάστηκαν οι περιπτώσεις άφιξης στο λιμένα: πλοία ανά εβδομάδα, πλοία ανά 15 ημέρες, πλοία ανά μήνα και ανά δύο μήνες)
2. Συνολική απόσταση θαλάσσιας διαδρομής 7000 ναυτικά μίλια (υπολογίζεται ως το διπλάσιο της θαλάσσιας απόστασης μεταξύ λιμένων)
3. Ταχύτητα πλοίου στα επίπεδα των 11 knot's. Η ταχύτητα προσαρμόζεται αυτόματα ώστε η άφιξη του πλοίου στο λιμένα προορισμού να πραγματοποιείται την ημέρα που προβλέπεται στο δρομολόγιο.
4. Συνολική ποσότητα καυσίμου που μεταφέρεται ετησίως 1.000.000 τόνοι
5. Ομοιόμορφη μηνιαία κατανομή της ζήτησης
6. Συντελεστής λήψης απόφασης. Πρόκειται για έναν αριθμό που καθορίζει την επιλογή μεγαλύτερου ή μικρότερου αριθμού πλοίων. Η επίπτωσή του διερευνάται στη συνέχεια (βλ. Διάγραμμα 21)



Διάγραμμα 19 Συχνότητα ανανέωσης φορτίου στο λιμάνι προορισμού σε σχέση με τον αριθμό των απαιτούμενων πλοίων

Παρατηρείται ότι όσο μειώνεται η συχνότητα των πλοίων στο εκάστοτε λιμάνι, αντίστοιχα μειώνεται και ο αριθμός των πλοίων που απαιτούνται για τη μεταφορά του φορτίου (αυτό συμβαίνει διότι αυξάνεται η μεταφορική ικανότητα των πλοίων ώστε να μεταφερθεί η απαιτούμενη ποσότητα φορτίου). Λιγότερα πλοία, με μεγαλύτερη χωρητικότητα οδηγούν σε μικρότερο κόστος ανά μεταφερόμενο τόνο.

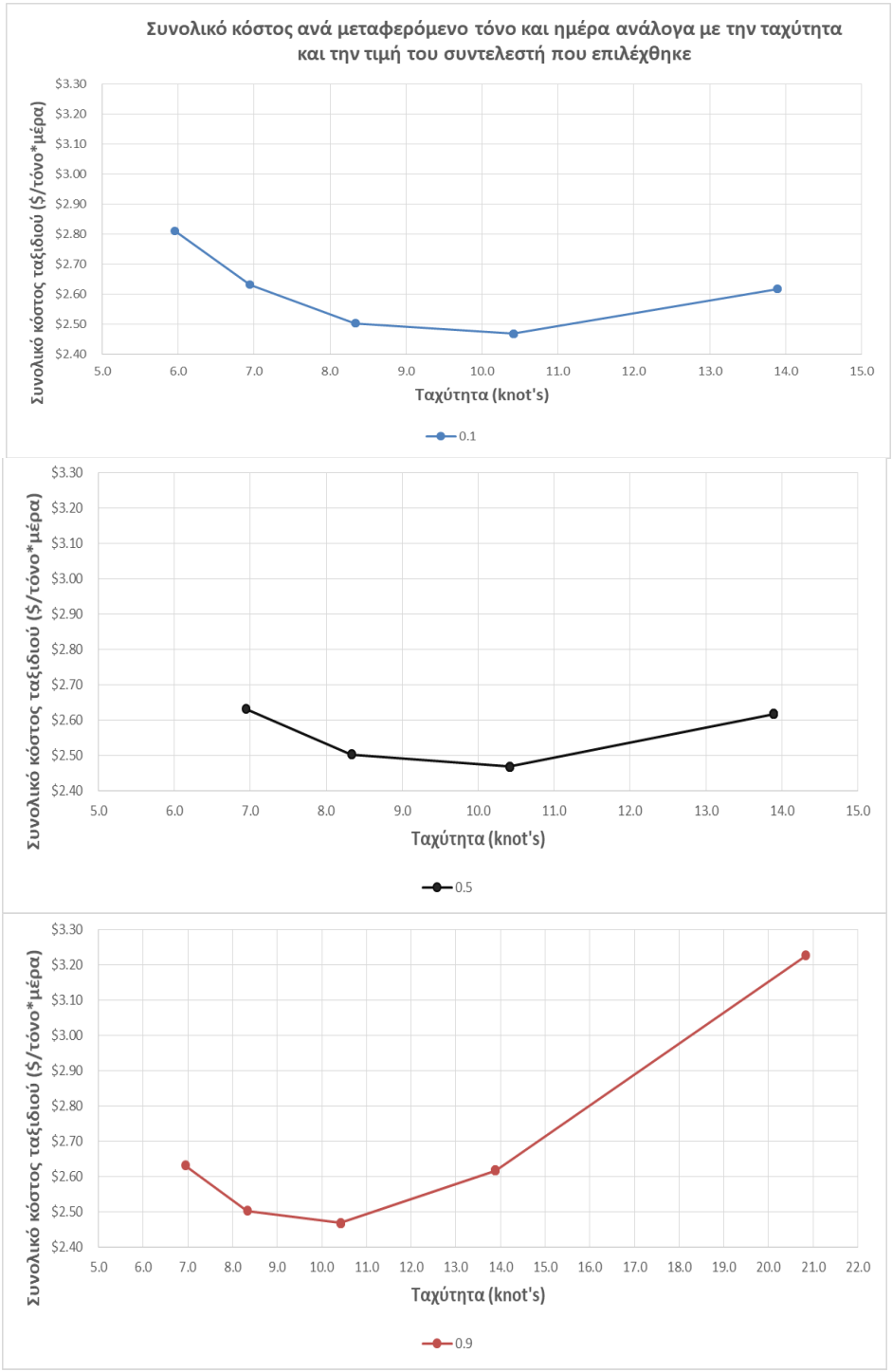


Διάγραμμα 20 Συνολικό κόστος ταξιδιού για το σύνολο των πλοίων ανάλογα με την συχνότητα ανανέωσης του φορτίου

Για την εκτίμηση του συντελεστή λήψης απόφασης εκτελέστηκε ένας αριθμός υπολογισμών με εναλλακτικές τιμές[22] 0.1, 0.5, και 0.9 . Η τιμή του συντελεστή 0.1 σημαίνει ότι η επιλογή του αριθμού των πλοίων βασίζεται στο κριτήριο να είναι περισσότερα. Η τιμή 0.9 βασίζεται στο κριτήριο να είναι λιγότερα και η τιμή 0.5 σε μία μέση κατάσταση. Για παράδειγμα, εάν ο αριθμός των πλοίων που απαιτούνται υπολογιστεί σε 4.5, τοποθετώντας τον συντελεστή ίσο με 0.5 το πρόγραμμα θα

[22] Υπολογίστηκαν οι τιμές 0.1 έως 0.9 με βήμα το 0.1, αλλά λόγω μη διαφοροποίησης στο αποτέλεσμα αναλύθηκαν η υψηλότερη, η χαμηλότερη και μία μέση τιμή του συντελεστή

επιλέξει 4 πλοία και θα αναπροσαρμόσει τους χρόνους και τις ταχύτητες. Αν ο συντελεστής είναι ίσος με 0.4, θα επιλεγούν 5 πλοία. Έγιναν λοιπόν τρεις διαφορετικές αναλύσεις αυξάνοντας την ταχύτητα με συντελεστές 0.1, 0.5 και 0.9 αντίστοιχα για να διαπιστωθεί ποια είναι η καλύτερη επιλογή συντελεστή.



Διάγραμμα 21 Επίδραση της ταχύτητας και του αριθμού των πλοίων (μέσω του συντελεστή λήψης απόφασης στο κόστος)

Το ερώτημα που τίθεται προς διερεύνηση είναι το εξής: είναι προτιμότερη η επιλογή λιγότερων πλοίων με αυξημένη ταχύτητα ή περισσότερων πλοίων με μικρότερη ταχύτητα.

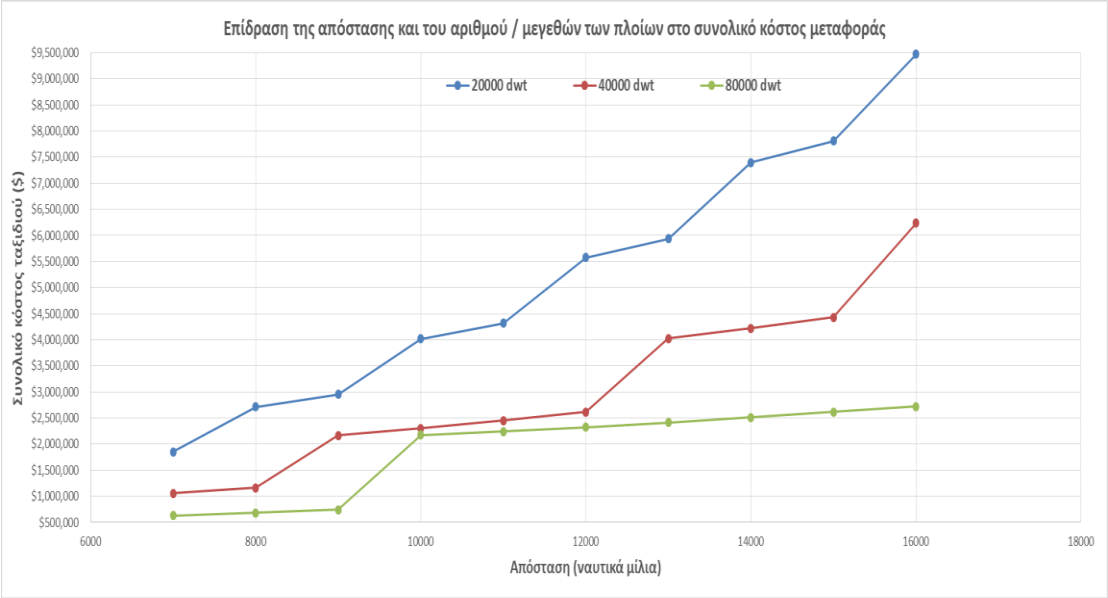
Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι εάν επιλεγεί μικρότερος αριθμός πλοίων (κόκκινη γραμμή – τιμή του συντελεστή στο 0.9), αυξάνεται σημαντικά η ταχύτητα και το κόστος ανά μεταφερόμενο τόνο και ημέρα. Με επιλογή όσων περισσότερων πλοίων γίνεται (μπλε γραμμή – συνθήκη του συντελεστή στο 0.1) παρατηρούμε αυξημένο κόστος στις χαμηλές ταχύτητες. Ενώ με την επιλογή του συντελεστή στο 0.5 (μέση κατάσταση), οι ταχύτητες κυμαίνονται σε μεσαία επίπεδα και ελαχιστοποιείται το κόστος. Συμπερασματικά, είναι προτιμότερη η λειτουργία του πλοίου στις μέσες ταχύτητες, με την επιλογή των πλοίων που απαιτούνται να είναι ανάλογη της περίπτωσης (συντελεστής στο 0.5). Επιλέγοντας λιγότερα πλοία εάν απαιτούνται για παράδειγμα 4.5 και περισσότερα για 4.5 έως 5.

Σενάριο 2^{ο} Επίπτωση της απόστασης θαλάσσιας μεταφοράς στο κόστος ταξιδιού για το σύνολο των πλοίων, για διάφορους τύπους πλοίων

Δεδομένα εισόδου:

1. Σταθερή συχνότητα δρομολογίου. Εξετάστηκαν οι περιπτώσεις άφιξης στο λιμένα: πλοία ανά εβδομάδα και πλοία ανά 15 ημέρες και ανά μήνα.
2. Διπλασιασμός της συνολικής απόστασης θαλάσσιας διαδρομής (υπολογίζεται ως το διπλάσιο της θαλάσσιας απόστασης μεταξύ λιμένων) σε κάθε περίπτωση
3. Ταχύτητα πλοίου στα επίπεδα των 11 knot's. Η ταχύτητα προσαρμόζεται αυτόματα ώστε η άφιξη του πλοίου στο λιμένα προορισμού να πραγματοποιείται την ημέρα που προβλέπεται στο δρομολόγιο.
4. Συνολική ποσότητα καυσίμου που μεταφέρεται ετησίως 1.000.000 τόνοι
5. Ομοιόμορφη μηνιαία κατανομή της ζήτησης
6. Συντελεστής λήψης απόφασης ίσος με 0.5

Η επίδραση της απόστασης στο συνολικό κόστος αποτελεί σημαντικό παράγοντα. Η επιλογή του μεγέθους του πλοίου καθορίζεται εκτός των άλλων και από αυτόν τον παράγοντα. Στη συνέχεια παρατηρείται πόσο καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει η επιλογή πολλών μικρών πλοίων σε σχέση με την επιλογή λιγότερων και μεγαλύτερων σε μέγεθος πλοίων.

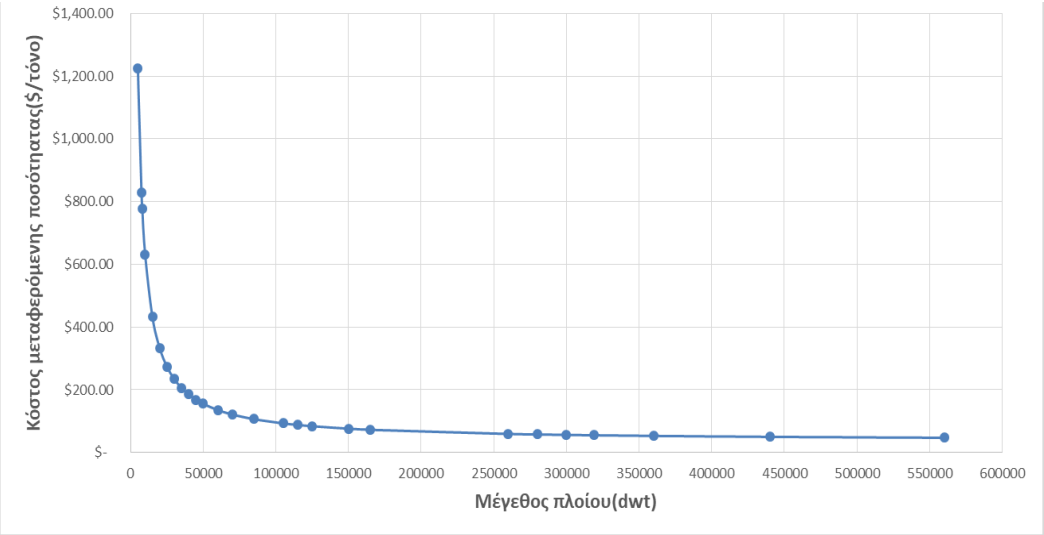


Διάγραμμα 22 Επίδραση της απόστασης θαλάσσιας μεταφοράς στο συνολικό κόστος του ταξιδιού ανάλογα το μέγεθος του πλοίου

Παρατηρείται ότι χρησιμοποιώντας μεγαλύτερα πλοία (και λιγότερα σε αριθμό αντίστοιχα), η επίδραση της απόστασης είναι αμελητέα στο συνολικό κόστος σε σχέση με την επίδραση που έχει η απόσταση στα πλοία μικρότερου μεγέθους.

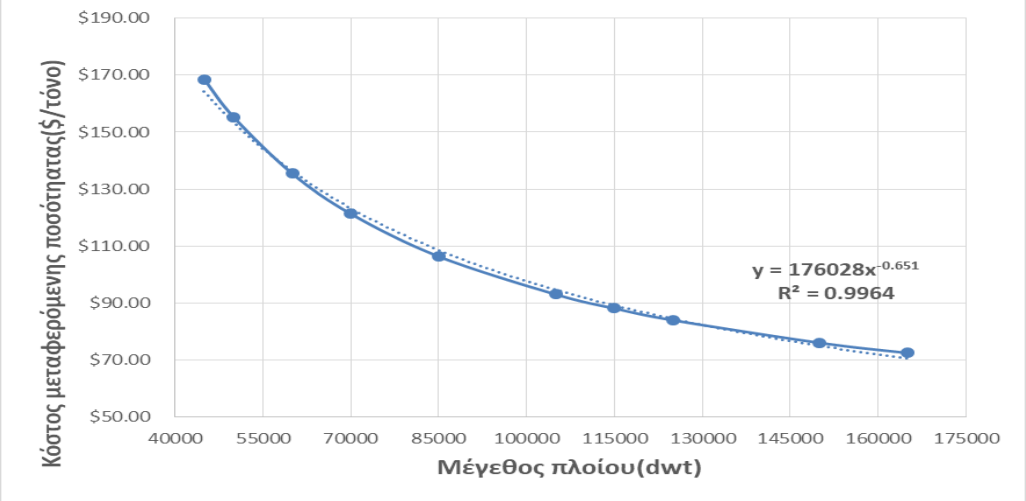
Σενάριο 3ο Επίπτωση εναλλακτικών τρόπων οργάνωσης της θαλάσσιας μεταφοράς (απευθείας σύνδεση ή κυκλικό ταξίδι με πολλαπλούς προορισμούς) στο κόστος ανά μεταφερόμενο τόνο καυσίμου, σε συνάρτηση με το μέγεθος της ετησίως μεταφερόμενης ποσότητας.

Θεωρώντας ότι ο χρόνος και η ταχύτητα παραμένουν σταθερές και ανεξάρτητα της ποσότητας μεταφοράς υπολογίστηκε το κόστος μεταφοράς ανά μεταφερόμενο τόνο για όλες τις κατηγορίες μεγέθους πλοίου και δημιουργήθηκε το επόμενο διάγραμμα:



Διάγραμμα 23 Σύγκριση του κόστους μεταφοράς φορτίου ανά μεταφερόμενο τόνο για όλες τις κατηγορίες μεγέθους

Συγκεκριμένα για τα συνηθέστερα μεγέθη πλοίων της αγοράς (βλ. 3.1.1) το προηγούμενο διάγραμμα έχει την παρακάτω μορφή:



Διάγραμμα 24 Σύγκριση κόστους μεταφοράς φορτίου ανά μεταφερόμενο τόνο για τα συνηθέστερα μεγέθη πλοίων της αγοράς

Όσο αυξάνεται το μέγεθος του πλοίου το κόστος μεταφοράς ανά τόνο μικραίνει σε μεγάλο βαθμό.

Στη συνέχεια εξετάζεται η επιλογή ενιαίου ταξιδιού[23] (από λιμάνι προέλευσης Α στο λιμάνι προορισμού Β, στην συνέχεια στο λιμάνι Γ και επιστροφή στο Α) αντί για δύο ξεχωριστά ταξίδια.

Δεδομένα εισόδου:

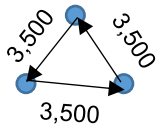
1. Σταθερή συχνότητα δρομολογίου: ανά εβδομάδα

[23] Roundtrip

2. Ταχύτητα πλοίου στα επίπεδα των 11 knot's. Η ταχύτητα προσαρμόζεται αυτόματα ώστε η άφιξη του πλοίου στο λιμένα προορισμού να πραγματοποιείται την ημέρα που προβλέπεται στο δρομολόγιο.
3. Συνολική ποσότητα καυσίμου που μεταφέρεται ετησίως στο σύνολο των λιμένων 1.500.000 τόνοι
4. Ομοιόμορφη μηνιαία κατανομή της ζήτησης
5. Συντελεστής λήψης απόφασης ίσος με 0.5

Σενάριο 3Α: Γίνεται η θεώρηση ότι τα τρία λιμάνια Α, Β, και Γ ισαπέχουν και το φορτίο στο δεύτερο λιμάνι προορισμού (Γ) είναι σε αναλογία διπλάσιο του πρώτου (Β). Τα ακριβή δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακας 40:

Πίνακας 40 Δεδομένα, παραδοχές, αποτελέσματα και συμπεράσματα Σεναρίου 3Α

Τρόπος Οργάνωσης	*Μεταφερόμενο φορτίο (τόνοι)*	*Σχετική γεωγραφική θέση λιμένων*	*Απόσταση (ναυτικά μίλια)*
Απευθείας μεταφορά Α → Β	500,000	Τρίγωνο	2 X 3,500
Απευθείας μεταφορά Α → Γ	1,000,000		2 X 3,500
Κυκλικό ταξίδι Α→Β→Γ	1,500,000		3,500 + 3,500 + 3,500

Παραδοχές

Οι ταχύτητες των πλοίων και οι συχνότητες επίσκεψης στους λιμένες παραμένουν ίδιες σε όλους τους εναλλακτικούς τρόπους οργάνωσης.:

Αποτελέσματα Μοντέλου

<u>Απευθείας μεταφορά:</u> απαιτούνται 4 πλοία των 10,057 και των 20,115 dwt αντίστοιχα για να μεταφερθεί το φορτίο στα λιμάνια Β και Γ.

Το συνολικό κόστος μεταφοράς για το σύνολο των τεσσάρων πλοίων για κάθε ταξίδι αντίστοιχα είναι $1,670,904 + $1,849,065 = $3,519,968.

<u>Κυκλικό ταξίδι:</u> απαιτούνται 6 πλοία των 30,172 dwt. Το συνολικό κόστος μεταφοράς είναι $4,475,393.

Συμπέρασμα

Η απευθείας μεταφορά επιφέρει αύξηση του κόστους κατά $955,424.

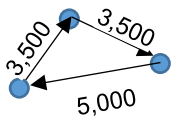
Αν εξεταστεί το κόστος από την οπτική των δύο λιμανιών:

- το λιμάνι Β βάσει του φορτίου που του αναλογεί θα πληρώσει το 33% του συνολικού ποσού, δηλαδή 0.33 * $4,475,393 = $1,490,305. Συνεπώς θα έχει όφελος $1,670,904 - $1,490,305 = $180,597.
- Το λιμάνι Γ θα πληρώσει 66,7% * $4,475,393 = $2,980,611. Άρα θα ζημιωθεί κατά $2,980,611 -$1,849,065 = $ 1,131,547

Σενάριο 3Β: Γίνεται η θεώρηση ότι το δεύτερο λιμάνι (Γ) απέχει περισσότερο από το λιμάνι προέλευσης απ' ότι το πρώτο (Β) και ότι το φορτίο στο δεύτερο λιμάνι προορισμού (Γ) είναι σε αναλογία διπλάσιο του πρώτου (Β) (η διαδικασία υπολογισμού παραμένει η ίδια και τα αποτελέσματα παρατίθενται στον επόμενο πίνακα):

Πίνακας 41 Δεδομένα, αποτελέσματα και συμπεράσματα Σεναρίου 3Β

Λιμένας προέλευσης	*Λιμένας προορισμού*	*Μεταφερόμενο φορτίο (τόνοι)*	*Αριθμός πλοίων / μέγεθος*	*Απόσταση (ναυτικά μίλια)*
Απευθείας διαδρομή Α → Β		500,000	4 / 10,057	2 X 3,500
Απευθείας διαδρομή Α → Γ		1,000,000	6 / 20,115	2 X 5,000
Κυκλικό ταξίδι Α→Β→Γ		1,500,000	7 / 30,172	3,500 + 3,500 + 5000

Κόστος ταξιδιου (αποτελέσματα μοντέλου)		*Σχετική γεωγραφική θέση λιμένων*	*Κόστος μεταφοράς που αναλογεί στο* ***λιμένα Β***	*Κόστος μεταφοράς που αναλογεί στο* ***λιμένα Γ***
Απευθείας διαδρομή Α → Β	$ 1,670,904		$1,670,904	-
Απευθείας διαδρομή Α → Γ	$ 4,014,445		-	$4,014,445
ΣΥΝΟΛΟ	$ 5,685,349		-	-
Κυκλικό ταξίδι Α→Β→Γ	$6,179,806		$6,179,806*0.33	$6,179,806*0.67

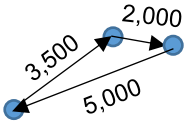
Συμπέρασμα Η επιλογή κυκλικού ταξιδιού ζημιώνει το συνολικό σύστημα κατά $(494,458), το λιμένα Β κατά $(386,432) και το λιμένα Γ κατά $(126,025).

Παρατηρείται ότι η ναυτιλιακή και το λιμάνι Γ μείωσαν τις απώλειες σε σχέση με το προηγούμενο σενάριο αλλά το λιμάνι Β ζημιώθηκε.

Σενάριο 3Γ: Σε αυτή την περίπτωση η αναλογία του φορτίου παραμένει η ίδια και μειώνεται η απόσταση μεταξύ των δύο λιμένων προορισμού (Β και Γ).

Πίνακας 42 Δεδομένα, αποτελέσματα και συμπεράσματα Σεναρίου 3Γ

Λιμένας προέλευσης	*Λιμένας προορισμού*	*Μεταφερόμενο φορτίο (τόνοι)*	*Αριθμός πλοίων / μέγεθος*	*Απόσταση (ναυτικά μίλια)*
Απευθείας διαδρομή Α → Β Απευθείας διαδρομή Α → Γ		500,000 1,000,000	4 / 10,057 6 / 20,115	2 X 3,500 2 X 5,000
Κυκλικό ταξίδι Α→Β→Γ		1,500,000	6 / 30,172	3,500 + 2,000 + 5000

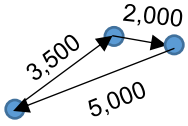
Κόστος ταξιδιου (αποτελέσματα μοντέλου)		*Σχετική γεωγραφική θέση λιμένων*	*Κόστος μεταφοράς που αναλογεί στο **λιμένα Β***	*Κόστος μεταφοράς που αναλογεί στο **λιμένα Γ***
Απευθείας διαδρομή Α → Β Απευθείας διαδρομή Α → Γ ΣΥΝΟΛΟ	$ 1,670,904 $ 4,014,445 $ 5,685,349		$1,670,904 - -	- $4,014,445 -
Κυκλικό ταξίδι Α→Β→Γ	$4,308,334		$4,308,334*0.33	$4,308,334*0.67

Συμπέρασμα Η επιλογή κυκλικού ταξιδιού επιφέρει κέρδος στο συνολικό σύστημα ίσο με $1,377,015. Ο λιμένας Β έχει κέρδος: $236,229 και ο λιμένας Γ $1,145,095.

Σενάριο 3Δ: Σε αυτή την περίπτωση η απόσταση μεταξύ των δύο λιμένων προορισμού (Β και Γ) είναι μικρή (βάσει τα προηγούμενα σενάρια είναι ουσιαστική προϋπόθεση) και αλλάζει η αναλογία του φορτίου. Το περισσότερο φορτίο πάει στο πιο μακρινό λιμάνι.

Πίνακας 43 Δεδομένα, αποτελέσματα και συμπεράσματα Σεναρίου 3Δ

Λιμένας προέλευσης	*Λιμένας προορισμού*	*Μεταφερόμενο φορτίο (τόνοι)*	*Αριθμός πλοίων / μέγεθος*	*Απόσταση (ναυτικά μίλια)*
Απευθείας διαδρομή Α → Β Απευθείας διαδρομή Α → Γ		1,000,000 500,000	4 / 20,115 6 / 10,057	2 X 3,500 2 X 5,000
Κυκλικό ταξίδι Α→Β→Γ		1,500,000	6 / 30,172	3,500 + 2,000 + 5000

Κόστος ταξιδιου (αποτελέσματα μοντέλου)		*Σχετική γεωγραφική θέση λιμένων*	*Κόστος μεταφοράς που αναλογεί στο **λιμένα Β***	*Κόστος μεταφοράς που αναλογεί στο **λιμένα Γ***
Απευθείας διαδρομή Α → Β Απευθείας διαδρομή Α → Γ ΣΥΝΟΛΟ	$1,849,065 $3,613,583 $5,462,648		$1,849,065 - -	- $3,613,583 -
Κυκλικό ταξίδι Α→Β→Γ	$4,475,393		$4,475,393*0.67	$4,475,393*0.33

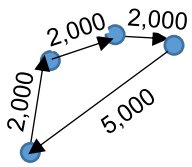
Συμπέρασμα Η επιλογή κυκλικού ταξιδιού επιφέρει κέρδος στο συνολικό σύστημα ίσο με $987,255. Ο λιμένας Β ζημιώνεται κατά: $(1,131,547) και ο λιμένας Γ επωφελείται κατά $2,123,277.

Και σε αυτή την περίπτωση όπως και στο σενάριο 3Γ παρουσιάζονται κέρδη, που έχουν μειωθεί σε ένα βαθμό (εκτός από το λιμένα Β που αυξήθηκαν). Όπως και στο προηγούμενο σενάριο (όπου η προϋπόθεση ήταν να μην απέχουν πολύ τα λιμάνια προορισμού μεταξύ τους) έτσι και εδώ, η επιλογή ενιαίου ταξιδιού αντί για δύο ξεχωριστά αποτελεί καλύτερη επιλογή.

Σενάριο 3Ε: Σε αυτό το σενάριο διερευνάται η επιλογή κυκλικού ενιαίου ταξιδιού σε τρεις λιμένες προορισμού (Β, Γ και Δ) θεωρώντας ότι το μεγαλύτερο μέρος του φορτίου προορίζεται για το πιο μακρινό λιμάνι.

Πίνακας 44 Δεδομένα, αποτελέσματα και συμπεράσματα Σεναρίου 3Ε

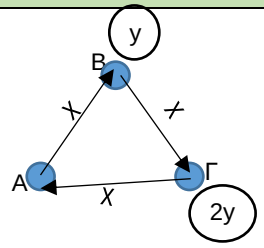
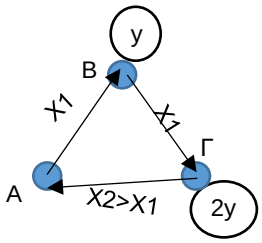
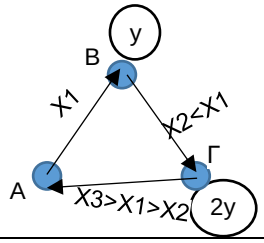
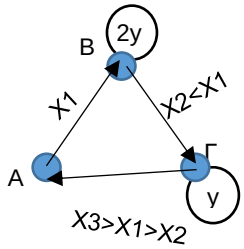
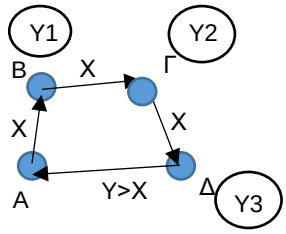
Λιμένας προέλευσης	*Λιμένας προορισμού*	*Μεταφερόμενο φορτίο (τόνοι)*	*Αριθμός πλοίων / μέγεθος*	*Απόσταση (ναυτικά μίλια)*
Απευθείας διαδρομή Α → Β		500,000	2 / 10,057	2 X 2,000
Απευθείας διαδρομή Α → Γ		750,000	4 / 15,086	2 X 3,500
Απευθείας διαδρομή Α → Δ		1,000,000	6 / 20,115	2 X 5,000
Κυκλικό ταξίδι Α→Β→Γ→Δ		1,500,000	6 / 45,258	2,000 + 2,000 + 2,000 + 5000

Κόστος ταξιδιου (αποτελέσματα μοντέλου)		*Σχετική γεωγραφική θέση λιμένων*	*Κόστος μεταφοράς που αναλογεί στο* ***λιμένα Β***	*Κόστος μεταφοράς που αναλογεί στο* ***λιμένα Γ***	*Κόστος μεταφοράς που αναλογεί στο* ***λιμένα Δ***
Απευθείας διαδρομή Α → Β	$471,435		$471,435	-	-
Απευθείας διαδρομή Α → Γ	$1,767,164		-	$1,767,164	-
Απευθείας διαδρομή Α → Δ	$4,014,445		-	-	$4,014,445
ΣΥΝΟΛΟ	$6,253,044		-	-	-
Κυκλικό ταξίδι Α→Β→Γ	$5,028,046		$5,028,046*0.22	$5,028,046*0.33	$5,028,046*0.45

Συμπέρασμα Η επιλογή κυκλικού ταξιδιού επιφέρει κέρδος στο συνολικό σύστημα ίσο με $1,224,997. Ο λιμένας Β ζημιώνεται κατά: $(645,908), ο λιμένας Γ επωφελείται κατά $91,149 και ο λιμένας Δ έχει κέρδος $1,779,758 από την επιλογή κυκλικού ταξιδιού αντί για απευθείας σύνδεση.

Γενικά συμπεράσματα από τα Σενάρια 3Α,Β,Γ,Δ και 3Ε

Πίνακας 45 Συμπεράσματα των Σεναρίων 3Α,Β,Γ,Δ και 3Ε

Σενάριο 3	*Σχετική γεωγραφική θέση λιμένων με αποστάσεις (πάνω στα βέλη) και αντίστοιχα φορτία (στους κύκλους)*	*Ποιοτική μεταβολή του συνολικού κόστους ταξιδιού από απευθείας σύνδεση λιμένων σε κυκλικό ταξίδι*		
		Μεταβολή		*Σχόλια*
Α		Σύστηματος	Αύξηση	Επωφελείται μόνο το λιμάνι Β
		Β	Μείωση	
		Γ	Αύξηση	
Β		Σύστηματος	Αύξηση	Ζημιώνονται και τα δύο λιμάνια καθώς και το σύστημα συνολικά. Με τη διαφορά ότι μειώνεται η ζημία του συστήματος και του Γ σε σχέση με το σενάριο Α
		Β	Αύξηση	
		Γ	Αύξηση	
Γ		Σύστηματος	Μείωση	Βελτίωση όλων καθώς μειώνεται το κόστος σε κάθε περίπτωση
		Β	Μείωση	
		Γ	Μείωση	
Δ		Σύστηματος	Μείωση	Η αλλαγή της ποσότητας του φορτίου ζημίωσε το Β και ωφέλησε το Γ και το σύστημα. Όμως ωφέλησε το σύστημα λιγότερο από ότι το προηγούμενο σενάριο και περισσότερο το Γ (μειώθηκε ακόμη περισσότερο το κόστος)
		Β	Αύξηση	
		Γ	Μείωση	
Ε		Σύστηματος	Μείωση	Όπου Y1<Y2<Y3 Η αλλαγή ωφέλεισαι όλα τα λιμάνια και το σύστημα εκτός από το λιμάνι Β το οποίο ζημιώθηκε καθώς είναι πιο κοντά στο λιμάνι προέλευσης και έχει και το μικρότερο φορτίο.
		Β	Αύξηση	
		Γ	Μείωση	
		Δ	Μείωση	

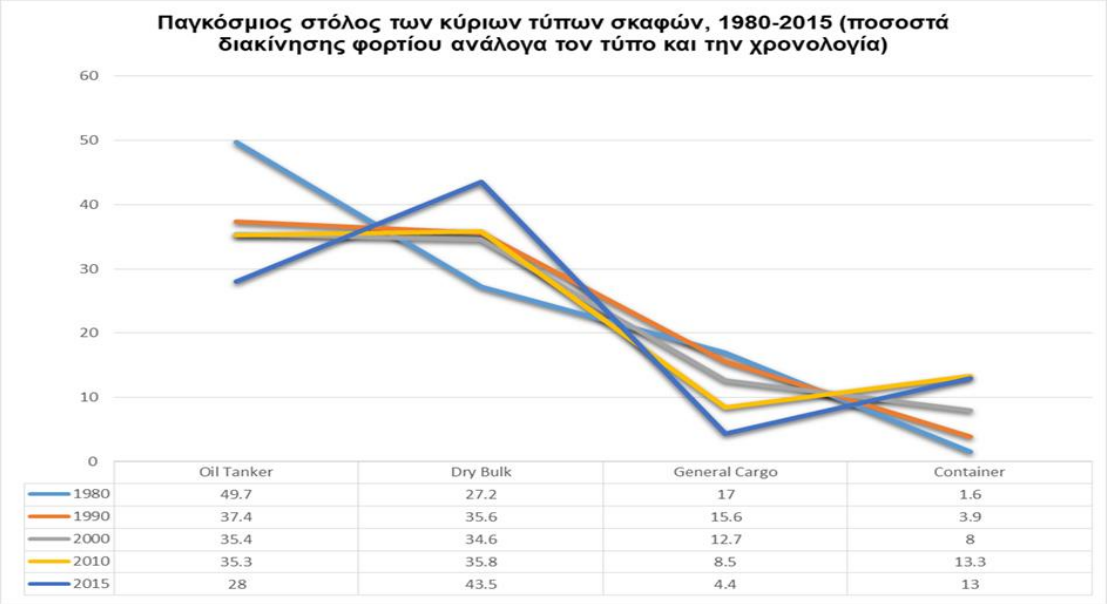
Το υποθετικό Σεναρίο 3 αποτελεί ουσιαστικά μία εφαρμογή των δύο προηγούμενων σεναρίων καθώς επιχειρείται η διερεύνηση εναλλακτικών τρόπων οργάνωσης της θαλάσσιας μεταφοράς, με κίνητρο την αύξηση του μεγέθους των πλοίων με στόχο τη μείωση του συνολικού κόστους μεταφοράς πετρελαίου.

Η επιλογή θαλάσσιου κυκλικού ταξιδιού αντί για απευθείας συνδέσεις των λιμένων προέλευσης-προορισμού, οδηγεί στις περισσότερες περιπτώσεις σε μείωση του λειτουργικού κόστους με την προϋπόθεση ότι οι θέσεις των ενδιάμεσων λιμένων δεν αποκλίνουν σημαντικά από την διαδρομή μεταξύ του λιμένα προέλευσης και του τελευταίου λιμένα προορισμού.

4.2 Διερεύνηση πραγματικών σεναρίων μεταφοράς πετρελαίου στην Ελλάδα

4.2.1 Η σημασία της εμπορικής ναυτιλίας για την Ελληνική Οικονομία

Παρά τη ραγδαία ανάπτυξη γενικότερα στον τομέα των μεταφορών (μεταφορά εμπορευμάτων είτε με τρένο, είτε με αεροπλάνο), η εμπορική ναυτιλία πρωτοπορεί διακινώντας περίπου το 90% του παγκόσμιου εμπορίου. Με πάνω από 50.000 εμπορικά πλοία να δραστηριοποιούνται διεθνώς, μεταφέροντας κάθε είδους φορτίο. Ο παγκόσμιος στόλος είναι καταχωρημένος σε πάνω από 150 έθνη και έχει επανδρωθεί με πάνω από ένα εκατομμύριο ναυτικούς σχεδόν κάθε εθνικότητας [42].



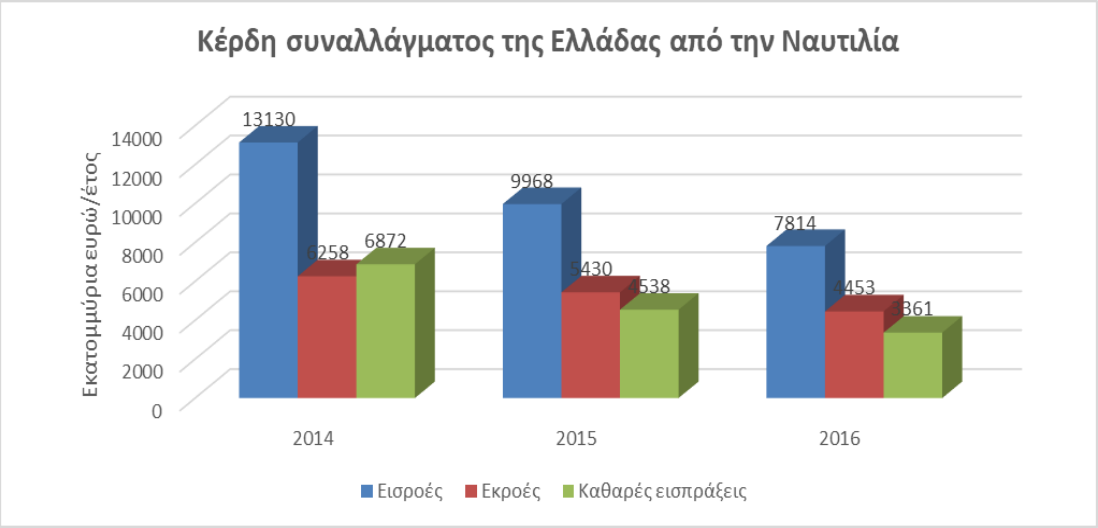
Εικόνα 25 Παγκόσμιος στόλος των κύριων τύπων σκαφών, 1980-2015 (ποσοστά διακίνησης φορτίου ανάλογα τον τύπο και την χρονολογία)

Έχει εκτιμηθεί ότι, στην Ευρωπαϊκή Ένωση, για κάθε ένα εκατομμύριο ευρώ που συνεισφέρει ο ναυτιλιακός κλάδος άμεσα στο ΑΕΠ, δημιουργεί ακόμη 1,6 εκατομμύρια ευρώ σε άλλους τομείς της οικονομίας, ενώ για κάθε άμεση θέση εργασίας που δημιουργεί, δημιουργούνται ακόμη 2,8 θέσεις σε άλλους τομείς της οικονομίας της Ε.Ε. [43].

Με συνολικό μήκος ακτογραμμών 13.676 τετραγωνικά χιλιόμετρα και περίπου 2000 νησιά, η Ελλάδα αποτελεί ένα κατ' εξοχήν ναυτικό κράτος [44]. Από την αρχαιότητα και συγκεκριμένα από το 7000 π.Χ. κυκλοφορούσαν στο Αιγαίο οι πρώτες μορφές πλοίων, με σκοπό τη μεταφορά εμπορευμάτων, ανθρώπων και ιδεών [45]. Με την πάροδο των χρόνων η Ελλάδα έχει εξελιχθεί σε παγκόσμιο επίπεδο ως ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στην ανάπτυξη και διεξαγωγή του διεθνούς εμπορίου. Η συμβολή της ναυτιλίας όμως επιδρά θετικότατα και στην ανάπτυξη της Ελληνικής οικονομίας. Μια αναλυτική μελέτη που δημοσιεύτηκε από έγκυρο οργανισμό, εκτιμά ότι η προσέλκυση περισσότερων δραστηριοτήτων διαχείρισης πλοίων στην Ελλάδα, θα μπορούσε να δημιουργήσει προστιθέμενη αξία 25,9 δις ευρώ και έως και 550.000 θέσεις εργασίας [43].

Συνεπώς, η ανάπτυξη του ναυτιλιακού κλάδου, πέρα από την τεράστια συμβολή της στην οικονομία της Ελλάδας (ειδικότερα στα χρόνια της οικονομικής κρίσης που διανύουμε) καθώς επίσης και στην παγκόσμια οικονομία, αποτελεί σημαντικό ζήτημα.

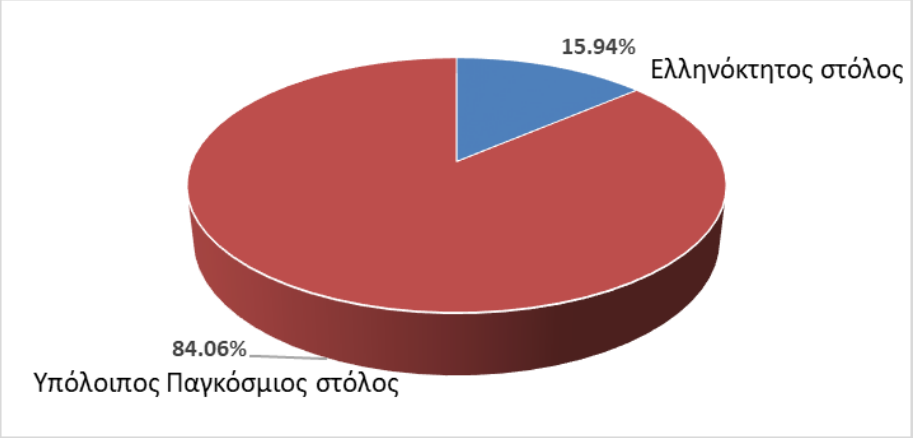
Η συμβολή της εμπορικής ναυτιλίας στην Ελληνική οικονομία βασίζεται στο συνάλλαγμα[24] που προσφέρει. Ναυτικό συνάλλαγμα θεωρούνται οι μισθοί των ναυτικών, τα εφοπλιστικά εμβάσματα, τα ποσά που καταβάλλονται για τον ανεφοδιασμό και τις επισκευές των πλοίων.



Διάγραμμα 25 Κέρδη συναλλάγματος της Ελλάδας [46]

Σημαντική θεωρείται επίσης η συμβολή της ναυτιλίας στη δημιουργία και την διατήρηση θέσεων εργασίας, όχι μόνο στα πλοία αλλά και στις υπηρεσίες ξηράς [45]. Η ναυτιλιακή βιομηχανία απασχολεί περίπου 200.000 άτομα με τις εισροές από τη ναυτιλία στο ισοζύγιο πληρωμών να ανέρχονται περίπου στα 136 δισεκατομμύρια ευρώ για τα έτη 2007-2016. Δηλαδή, 16% περισσότερο από τον άλλο σημαντικό οικονομικό κλάδο, τον τουρισμό [46].

Χαρακτηριστικό δείγμα της δυναμικότητας του Ελληνικού στόλου αποτελεί το ποσοστό που καταλαμβάνει στο συνολικό παγκόσμιο στόλο:



Διάγραμμα 26 Ποσοστό του Ελληνικού στόλου παγκοσμίως [46]

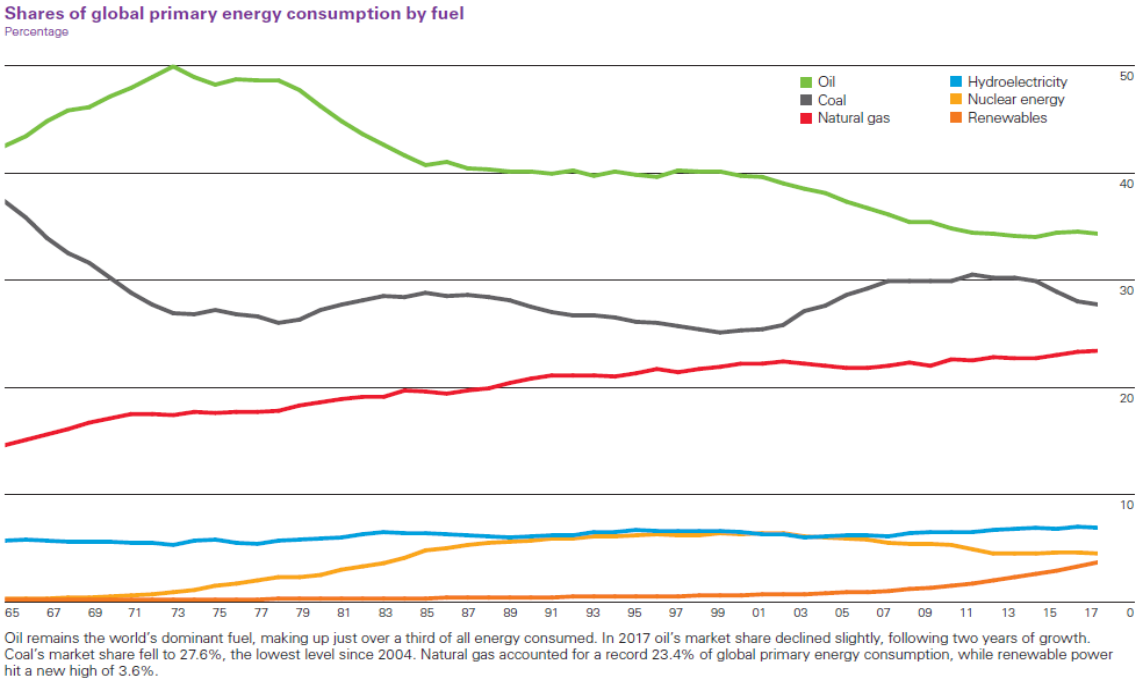
---

[24] *Χρηματικό ποσό που έχει μετατραπεί σε νόμισμα ξένης χώρας για να χρησιμοποιηθεί σε διεθνείς συναλλαγές.*

Σύμφωνα με τη δημοσίευση της Διάσκεψης των Ηνωμένων Εθνών για το Εμπόριο και την Ανάπτυξη (UNCTAD,2017), το 2016 η Ελληνική Εμπορική Ναυτιλία κατείχε την πρώτη θέση στο σχετικό πίνακα του συνολικού παγκόσμιου εμπορικού στόλου, με ποσοστό 16,36%. Με συνολικό αριθμό πλοίων 4136, δυνατότητας μεταφοράς 293.087.231 dwt, γίνεται αμέσως κατανοητό ότι ο χώρος της ναυτιλίας αποτελεί έναν από της βασικότερους πυλώνες της ελληνικής οικονομίας.

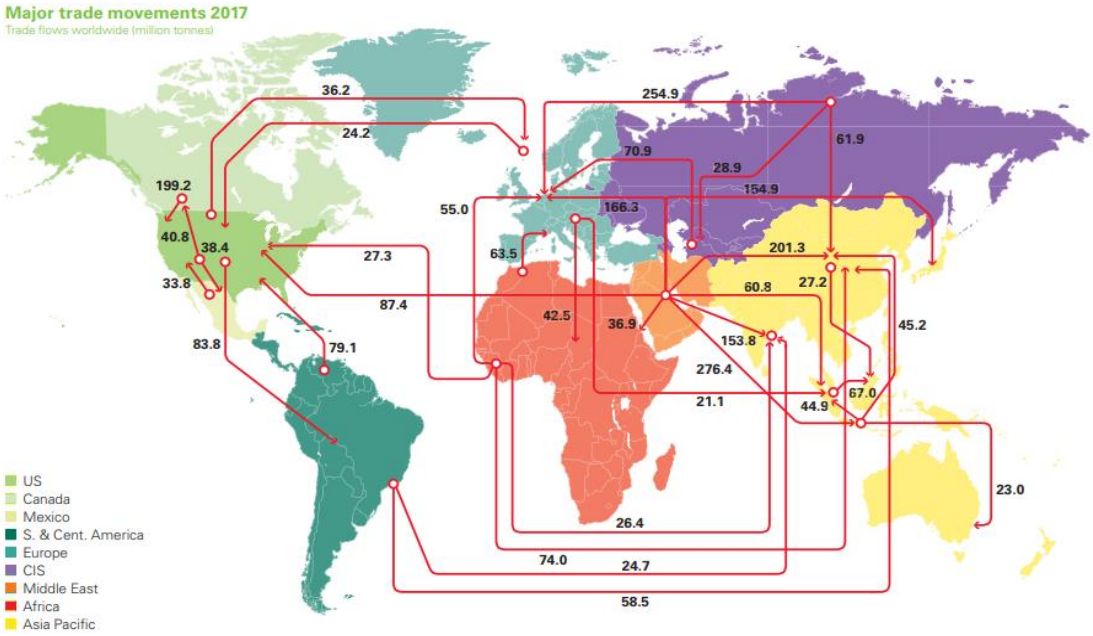
4.2.2 Ο ρόλος της Ελλαδας στο παγκόσμιο σύστημα θαλάσσιων μεταφορών καυσίμου

Καίριας σημασίας επίσης είναι η στρατηγική θέση της χώρας καθώς αποτελεί σταυροδρόμι των εμπορικών πλοίων αφού συνορεύει με τρεις διαφορετικές ηπείρους, την Ευρώπη, την Ασία και την Αφρική. Δύο από τα σημαντικότερα καύσιμα κίνησης αυτή τη στιγμή είναι το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, όπως βλέπουμε στην επόμενη εικόνα [47].



Εικόνα 26 Ποσοστά παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης ανά καύσιμο από το 1965 έως το 2017

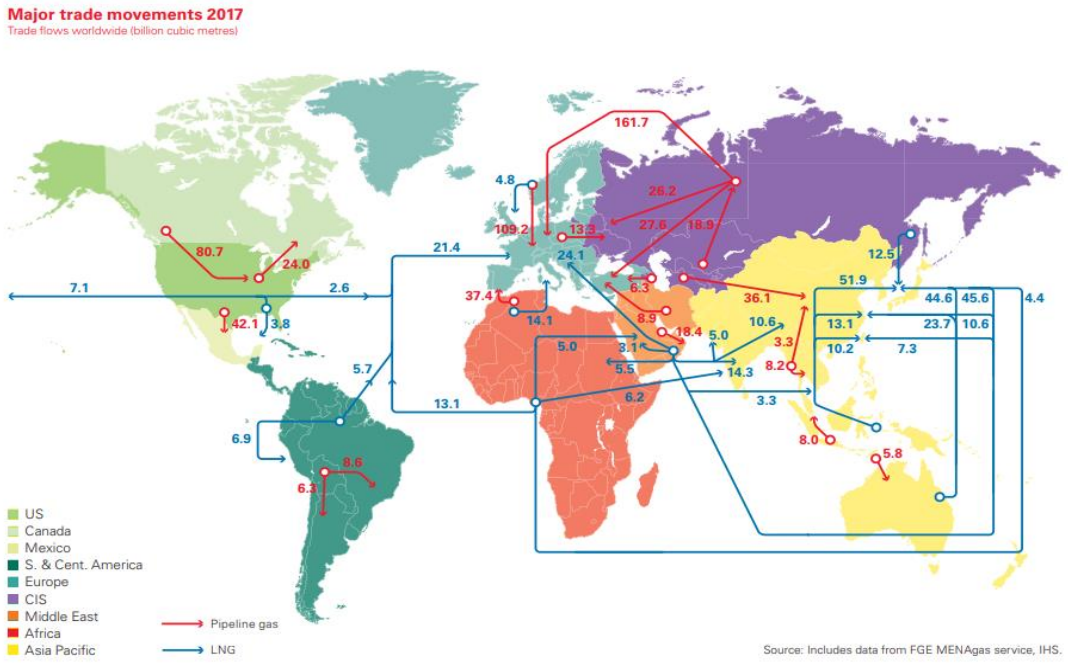
Οι μεγαλύτερες χώρες εξόρυξης εξάγουν ένα μεγάλο μέρος των καυσίμων αυτών μέσω αγωγών ή πλοίων διαμέσου της Ελλάδος.



Εικόνα 27 Παγκόσμια διακίνηση πετρελαίου για το έτος 2017

Πίνακας 46 Σύνδεση και ετήσια διακίνηση πετρελαίου των τριών σημαντικότερων γειτόνων της Ελλάδας (2017)

Χώρα παραγωγής (εξόρυξης)	Εισαγωγές (εκατομμύρια τόνους)		Εξαγωγές (εκατομμύρια τόνους)		Σύνδεση μέσω
	Ακατέργαστο πετρέλαιο	Παράγωγα πετρελαίου	Ακατέργαστο πετρέλαιο	Παράγωγα πετρελαίου	
Σαουδική Αραβία	-	5,9	357,5	50,7	Διώρυγα του Σουέζ
Ρωσία	0,6	1,2	277,2	145,6	Βόσπορος
Ευρώπη	516,0	176,9	23,6	134,2	Βαλκανίων και Μεσογείου
Σύνολο	516,6	184,0	658,3	330,5	



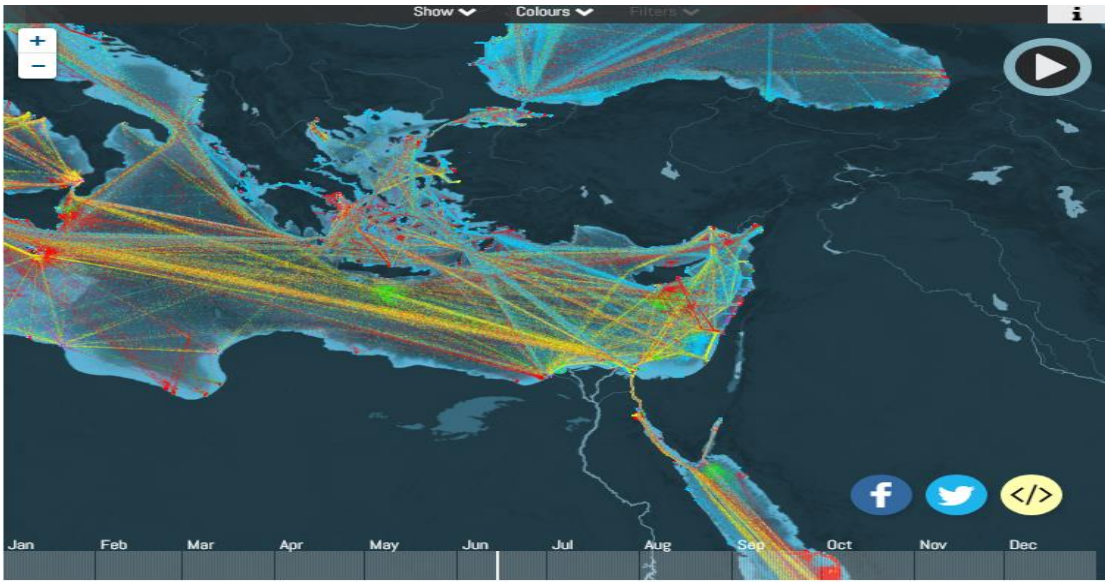
Εικόνα 28 Παγκόσμια διακίνηση φυσικού αερίου μέσω αγωγών και Υγροποιημένου φυσικού αερίου)(2017)

Πίνακας 47 Σύνδεση και ετήσια διακίνηση φυσικού αερίου των τριών σημαντικότερων γειτόνων της Ελλάδας (2017)

Χώρα παραγωγής (εξόρυξης)	Εισαγωγές (δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα)		Εξαγωγές (δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα)		Σύνδεση μέσω
	Φυσικό αέριο μέσω αγωγών	Υγροποιημένο φυσικό αέριο	Φυσικό αέριο μέσω αγωγών	Υγροποιημένο φυσικό αέριο	
Κατάρ	-	-	18,4	103,4	Διώρυγα του Σουέζ
Ρωσία	18,9	-	215,4	15,5	Βόσπορος
Ευρώπη	423,3	65,7	192,7	8,2	Βαλκανίων και Μεσογείου
Σύνολο	442,2	65,7	426,5	127,1	

Για να γίνει πιο κατανοητή η σημασία της στρατηγικής θέσης της Ελλάδας στον παγκόσμιο χάρτη, καθώς και οι οικονομικές και όχι μόνο προοπτικές της περαιτέρω ανάπτυξης του ναυτιλιακού κλάδου παραθέτονται στην συνέχεια μερικές εικόνες από το διαδραστικό χάρτη που δημιούργησε το Ινστιτούτο Ενέργειας UCL. Στο χάρτη αυτό απεικονίζονται οι ακριβείς θέσεις και οι διαδρομές όλων των εμπορικών πλοίων παγκοσμίως σε δεδομένη χρονική στιγμή το έτος 2012 [48].

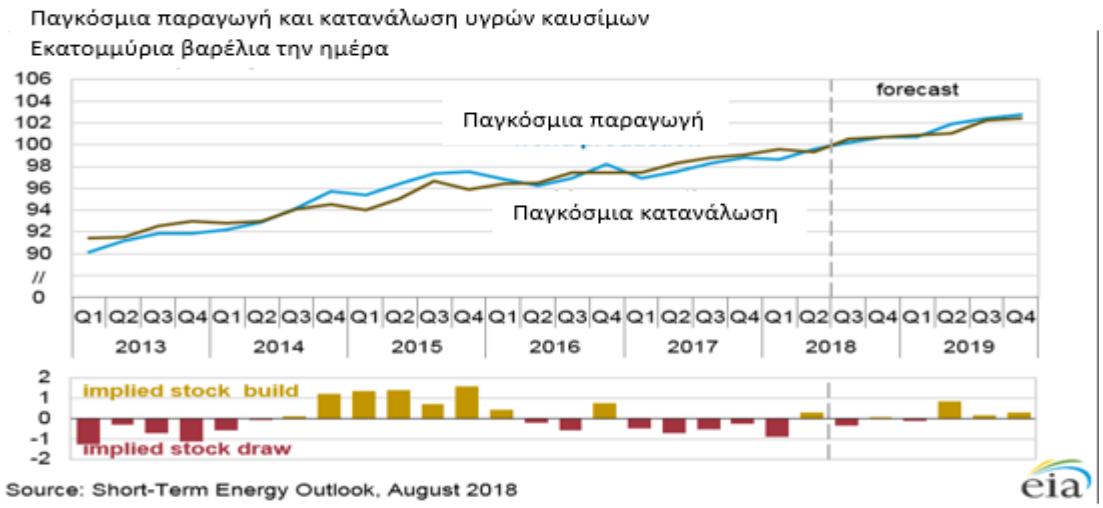
Εικόνα 29 Ακριβής θέση και διαδρομή των εμπορικών πλοίων που διασχίζουν την Μεσόγειο, την διώρυγα του Σουέζ, και τις ανατολικές ακτές της Αφρικής και της Ευρώπης, στις 12 Μάϊου 2012, 10:00



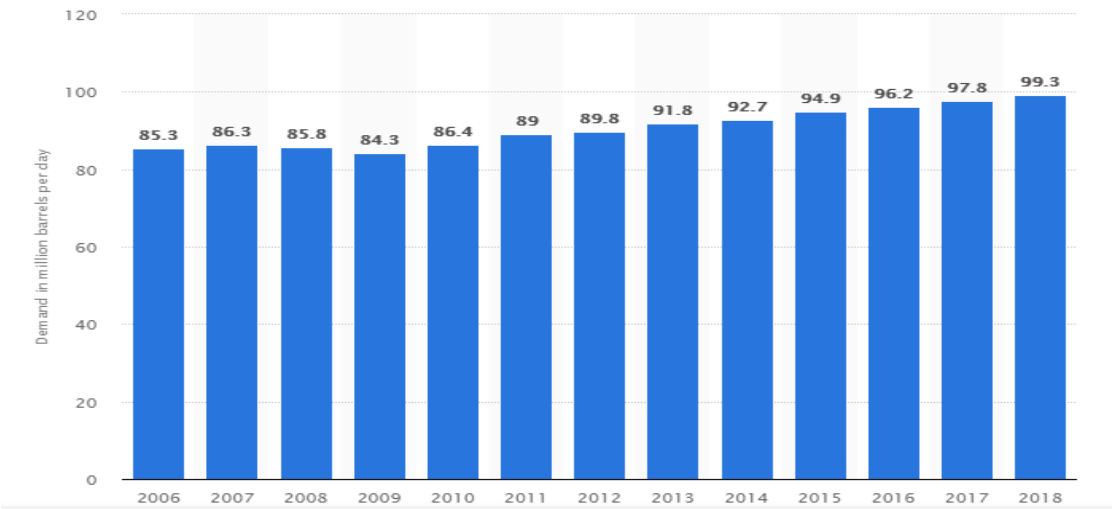
Εικόνα 30 Διαδρομές πλοίων που διασχίζουν τα Ελληνικά χωρικά ύδατα και διέρχονται από τη διώρυγα του Σουέζ και το Βόσπορο στις 12 Μαΐου 2012, 10:00

Διακρίνεται ότι στην Εικόνα 29 και Εικόνα 30, υπάρχει μεγάλη κινητικότητα στο χώρο της Μεσογείου και στον κόλπο του Σουέζ, με περιθώρια περαιτέρω ανάπτυξης στο στενό του Βοσπόρου που συνδέει τη Μαύρη Θάλασσα (Ρωσία) με τη Μεσόγειο (Ελλάδα).

Είναι ιδιαίτερα σημαντική λοιπόν η μεταφορά του πετρελαίου και του φυσικού αερίου καθώς πρόκειται για πρώτες ύλες αναγκαίες αυτή τη στιγμή στη λειτουργία ολόκληρου του πλανήτη. Κι αυτό φαίνεται στις τιμές της παραγωγής και της κατανάλωσης που παρουσιάζονται στη συνέχεια [49]. Καθώς επίσης και στη ζήτηση που επικρατεί στην παγκόσμια αγορά [50].



Εικόνα 31 Παγκόσμια παραγωγή και κατανάλωση υγρών καυσίμων, 2018



Εικόνα 32 Παγκόσμια ζήτηση ακατέργαστου πετρελαίου, 2006-2018 (τιμές σε εκατομμύρια βαρέλια ανά ημέρα)

Γι' αυτό και ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εστιάζει στην ανάλυση του συνολικού λειτουργικού κόστους ενός εμπορικού πλοίου. Και αυτό γιατί ανέκαθεν η μεταφορά προϊόντων διά θαλάσσης αποτελούσε και αποτελεί την πιο συμφέρουσα και οικονομικότερη λύση.

4.2.3 Συλλογή δεδομένων και διατύπωση σεναρίων μεταφοράς πετρελαίου στο λιμένα του Πειραιά, του Πόρτο Φόξι και της Καρταγένα

Η εισαγωγή πετρελαίου στην Αττική πραγματοποιείται μέσω των λιμενικών εγκαταστάσεων των περιοχών Άγιοι Θεόδωροι, Μέγαρα, Ελευσίνα, Πειραιάς. Στη παρούσα ανάλυση θεωρήθηκε ότι όλη η ποσότητα αυτή διακινείται από το λιμάνι του Πειραιά επειδή οι αποστάσεις μεταξύ των λιμένων είναι αμελητέες σε σύγκριση με την απόσταση που διανύει ένα πλοίο από τα λιμάνια προέλευσης μέχρι τον Σαρωνικό Κόλπο.

Ο λιμένας του Πόρτο Φόξι αποτελεί σημαντικό λιμάνι διαχείρισης φορτίων πετρελαίου της Ιταλίας καθώς η γεωγραφική του θέση παρέχει πολλά πλεονεκτήματα (βρίσκεται στο νότιο τμήμα της Σαρδηνίας, κεντρικά της Μεσογείου.

Ο λιμένας της Καρταγένα αποτελεί σημαντικό λιμάνι της Μεσογείου καθώς βρίσκεται γεωγραφικά στο ανατολικό κομμάτι της Ισπανίας κοντά στο σημείο που ενώνεται η Μεσόγειος με τον Βόρειο Ατλαντικό ωκεανό (Γιβραλτάρ).

Τα απαιτούμενα στοιχεία συλλέχθηκαν από την Eurostat η οποία (βλ. Κεφάλαιο 3) συγκεντρώνει δεδομένα σχετικά με τις ποσότητες υγρών φορτίων που διακινούνται από και προς τα μεγαλύτερα λιμάνια της Ευρώπης [16].

Οι διαδρομές που ακολουθούν τα πλοία με προορισμό τα λιμάνια αυτά (θαλάσσιες διαδρομές και αποστάσεις από το λιμάνι προέλευσης στο λιμάνι προορισμού) συλλέχθηκαν από την ηλεκτρονική ιστοσελίδα marinetraffic [30] .

Τα ανωτέρω στοιχεία (διακίνηση στους λιμένες, διαδρομές και αποστάσεις μεταφοράς) συγκεντρώθηκαν και παρουσιάζονται στους Πίνακας 48, Πίνακας 49. Με βάση τα στοιχεία αυτά και με εφαρμογή του μοντέλου υπολογισμού του λειτουργικού κόστους που αναπτύχθηκε στο κεφάλαιο 3, εξετάστηκαν σενάρια για τις εισαγωγές υγρών φορτίων στο λιμένα του Πειραιά, του Πόρτο Φόξι και της Καρταγένα έχοντας ως λιμένες προέλευσης φορτίου τα μεγαλύτερα λιμάνια των χωρών παραγωγής πετρελαίου (13 μεγαλύτερες χώρες [49]).

Πίνακας 48 Λιμένες προέλευσης, εισαγωγές φορτίου και απόσταση στο λιμάνι του Πειραιά

Χώρα, διαδρομή και λιμένας προέλευσης	*Λιμένας προορισμού*	*Εισαγωγές, 2017 (σε τόνους φορτίου)*	*Απόσταση (ναυτικά μίλια)*
Σαουδική Αραβία: Σουέζ (Άμπου Ντάμπι)	Πειραιάς (Ελλάδα)	41,000	3638.9
Ρωσία: Μαύρη θάλασσα (Ροστόβ)		3,258,000	1001.5
Ιράκ: Σουέζ (Βασόρα)		3,910,000	4029.9
Ιράν: Σουέζ (Ιράν)		659,000	3976.7
Νορβηγία: Ατλαντικός (Όσλο)		40,000	3453.2

Πίνακας 49 Λιμένες προέλευσης, εισαγωγές φορτίου και απόσταση στο λιμάνι του Πόρτο Φόξι και της Καρταγένα

Χώρα, διαδρομή και λιμένας προέλευσης	*Λιμένας προορισμού*	*Εισαγωγές, 2017 (σε τόνους φορτίου)*	*Απόσταση (ναυτικά μίλια)*
Ιράν: Σουέζ (Ιράν)	Πόρτο Φόξι (Ιταλία)	1,870,000	4618.5
Νορβηγία: Ατλαντικός (Όσλο)		271,000	2694.9
Ιράν: Σουέζ (Ιράν)	Καρταγένα (Ισπανία)	2,045,000	5179.1
Νορβηγία: Ατλαντικός (Όσλο)		246,000	2162.8

Αξιοποιώντας τους Πίνακας 48 και Πίνακας 49 αναλύθηκε ξεχωριστά κάθε σενάριο μεταφοράς μέσω απευθείας σύνδεσης, από τους λιμένες προέλευσης στους λιμένες προορισμού. Για κάθε θαλάσσια διαδρομή υπολογίστηκε το κόστος μεταφοράς του φορτίου, για το σύνολο των πλοίων που απαιτήθηκαν για τη μεταφορά αυτή (συνυπολογίζοντας και το κόστος απόσβεσης του κεφαλαίου). Αναλύθηκαν επιμέρους σενάρια θαλάσσιων μεταφορών από το λιμένα προέλευσης σε παραπάνω από ένα λιμένες προορισμού (κυκλικό ταξίδι). Επίσης αναλύθηκε ένα σενάριο όπου το δρομολόγιο ήταν το εξής: φόρτωση ενός πλοίου στον πρώτο λιμένα με κατεύθυνση τον δεύτερο λιμένα όπου πραγματοποιείται εκ νέου φόρτωση και αντίστοιχα και στον τρίτο για να καταλήξει στον λιμένα προορισμού και να εκφορτώσει. Τα σενάρια πραγματοποιήθηκαν έχοντας ως στόχο την βελτιστοποίηση του συστήματος και την μείωση του συνολικού λειτουργικού κόστους μεταφοράς.

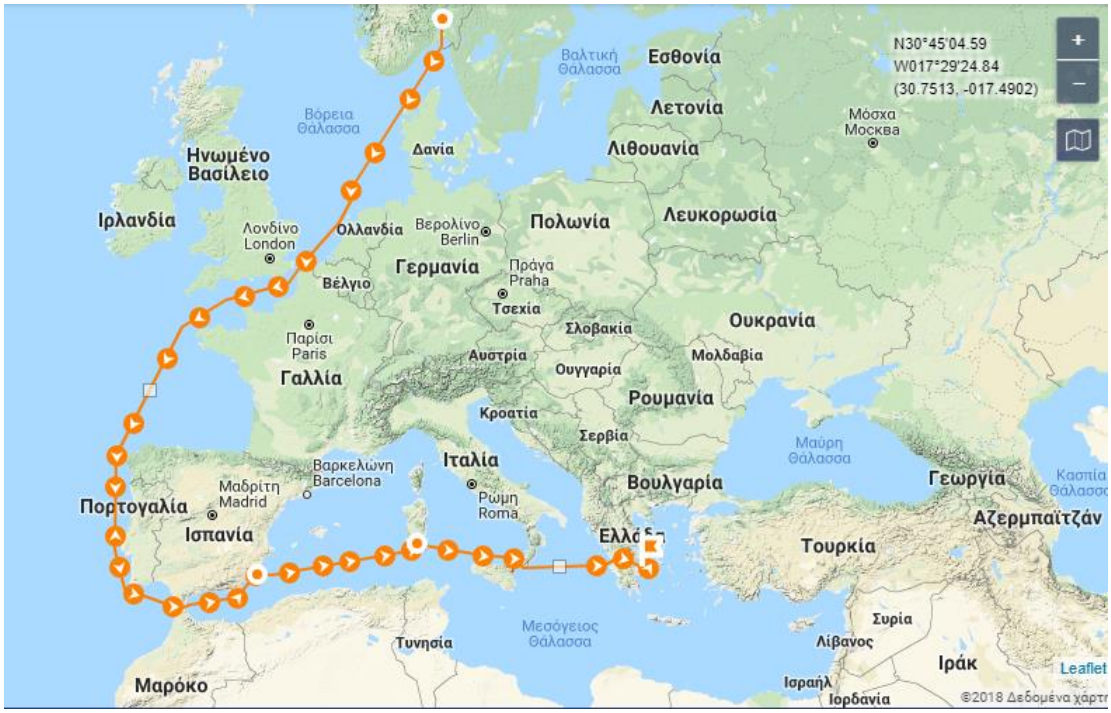
Στους επόμενους πίνακες παρατίθεται το κόστος των απευθείας διαδρομών και συγκρίνεται με το κόστος κυκλικού ταξιδιού. Ο υπολογισμός των παραμέτρων έγινε έχοντας τα εξής δεδομένα:

1. Σταθερή συχνότητα δρομολογίου: ανά εβδομάδα
2. Ταχύτητα πλοίου στα επίπεδα των 11 knot's. Η ταχύτητα προσαρμόζεται αυτόματα ώστε η άφιξη του πλοίου στο λιμένα προορισμού να πραγματοποιείται την ημέρα που προβλέπεται στο δρομολόγιο.
3. Ομοιόμορφη μηνιαία κατανομή της ζήτησης
4. Συντελεστής λήψης απόφασης ίσος με 0.5

Πίνακας 50 Ενδεικτικό κόστος θαλάσσιας μεταφοράς για απευθείας συνδέσεις των λιμένων προέλευσης - προορισμού

Λιμάνι προέλευσης	*Λιμάνι προορισμού*	*Απόσταση (ναυτικά μίλια)*	*Ενδεικτικό κόστος θαλάσσιας μεταφοράς (λειτουργικό κόστος και κόστος απόσβεσης) ($)*
Ιράν (Ιράν) → Πειραιάς		2 X 3976.7	$1,938,388
Ιράν (Ιράν) → Πόρτο Φόξι (Ιταλία)		2 X 4618.5	$3,375,364
Ιράν (Ιράν) → Καρταγένα (Ισπανία)		2 X 5179.1	$4,729,330
Όσλο (Νορβηγία) → Καρταγένα (Ισπανία)		2 X 2162.8	$478,479
Όσλο (Νορβηγία) → Πόρτο Φόξι (Ιταλία)		2 X 2694.9	$897,538
Όσλο (Νορβηγία) → Πειραιάς		2 X 3405.0	$1,687,975
Ροστόβ (Ρωσία) -> Πειραιάς		2 X 1001.5	$477,615

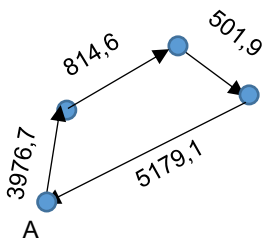
Εικόνα 33 Αναπαράσταση του δρομολογίου Ιράν → Πειραιάς → Πόρτο Φόξι → Καρταγένα



Εικόνα 34 Αναπαράσταση του δρομολογίου Όσλο → Καρταγένα → Πόρτο Φόξι → Πειραιάς

Πίνακας 51 Σύγκριση του κόστους μεταφοράς απευθείας σύνδεσης σε σχέση με το κόστος μεταφοράς κυκλικού ταξιδιού, από το λιμένα του Ιράν στους λιμένες Πειραιά, Πόρτο Φόξι και Καρταγένα

Λιμένας προέλευσης	*Λιμένας προορισμού*	*Μεταφερόμενο φορτίο (τόνοι)*	*Αριθμός πλοίων / μέγεθος*	*Απόσταση (από λιμένα προέλευσης στο λιμένα προορισμού και επιστροφή στο λιμένα προέλευσης, ναυτικά μίλια)*
Ιράν → Πειραιάς		659,000	4 / 13,256 dwt	2 X 3976.7
Ιράν → Πόρτο Φόξι		1,870,000	5 / 37,615 dwt	2 X 4618.5
Ιράν → Καρταγένα		2,045,000	6 / 41,135 dwt	2 X 5179.1
Ιράν → Πειραιάς → Πόρτο Φόξι → Καρταγένα		4,574,000	6 / 92,005 dwt	3976.7 + 814.6 + 501.9 + 5179.1 = 10,472.3

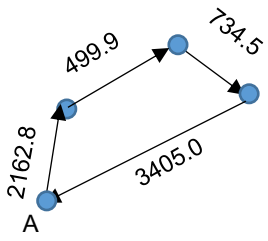
Κόστος ταξιδιού (αποτελέσματα μοντέλου)		*Σχετική γεωγραφική θέση λιμένων*	*Κόστος μεταφοράς που αναλογεί στο* ***Πειραιά***	*Κόστος μεταφοράς που αναλογεί στο* ***Πόρτο Φόξι***	*Κόστος μεταφοράς που αναλογεί στην* ***Καρταγένα***
Ιράν → Πειραιάς	$1,938,388		$1,938,388	-	-
Ιράν → Πόρτο Φόξι	$3,375,364		-	$3,375,364	-
Ιράν → Καρταγένα	$4,729,330		-	-	$4,729,330
ΣΥΝΟΛΟ			-	-	-
Μέσο κόστος μεταφοράς	$10,043,082 2.2 *$ / tn*				
Κυκλικό ταξίδι Α→Β→Γ → Δ	$5,863,759		1.28 * 659,000 = $843.520	1.28 * 1,870,000 = $2.393.600	1.28 * 2,045,000 = $2.617.600
Μέσο κόστος μεταφοράς	*1.28 $ / tn*				

Συμπέρασμα Η επιλογή κυκλικού ταξιδιού έχει κέρδος στο σύνολο της θαλάσσιας μεταφοράς ίσο με $4,179,323.

Αν η χρέωση γίνει με βάση την μεταφερόμενη ποσότητα επί το μέσο κόστος μεταφοράς, ο λιμένας του Πειραιά κερδίζει: $1,094,868, ο λιμένας του Πόρτο Φόξι επωφελείται κατά $981,764 και ο λιμένας της Καρταγένα έχει όφελος $2,111,730 από την επιλογή κυκλικού ταξιδιού αντί για απευθείας σύνδεση.

Στην περίπτωση που τοποθετηθούν 2 πλοία με μέγεθος 368,019 dwt αντί για 6 / 92,005 dwt το κέρδος του συστήματος θα είναι ακόμη μεγαλύτερο: $10,043,082 - $4,188,377 = $5,854,705. Αντίστοιχα και το κέρδος των λιμένων ξεχωριστά: Πειραιάς = $1,332,108, Πόρτο Φόξι = $1,654,964, Κάρταγένα = $2,847,930

Λιμένας προέλευσης	*Λιμένας προορισμού*	*Μεταφερόμενο φορτίο (τόνοι)*	*Αριθμός πλοίων / μέγεθος*	*Απόσταση (από λιμένα προέλευσης στο λιμένα προορισμού και επιστροφή στο λιμένα προέλευσης, ναυτικά μίλια)*
Όσλο → Καρταγένα		246,000	2 / 4,948 dwt	2 X 2162.8
Όσλο → Πόρτο Φόξι		271,000	3 / 5,451 dwt	2 X 2694.9
Όσλο → Πειραιάς		40,000	5 / 805 dwt	2 X 3405.0
Όσλο → Καρταγένα → Πόρτο Φόξι → Πειραιάς		557,000	4 / 11,204 dwt	2162.8 + 499.9 + 734.5 + 3405.0 = 6802.2

Κόστος ταξιδιού (αποτελέσματα μοντέλου)		*Σχετική γεωγραφική θέση λιμένων*	*Κόστος μεταφοράς που αναλογεί στο* ***Καρταγένα***	*Κόστος μεταφοράς που αναλογεί στο* ***Πόρτο Φόξι***	*Κόστος μεταφοράς που αναλογεί στην* ***Πειραιάς***
Όσλο → Καρταγένα	$478,479		$478,479	-	-
Όσλο → Πόρτο Φόξι	$897,538		-	$897,538	-
Όσλο → Πειραιάς	$1,687,975		-	-	$1,687,975
ΣΥΝΟΛΟ			-	-	-
Μέσο κόστος μεταφοράς	$3,063,992 5.5 *$ / tn*				
Κυκλικό ταξίδι Α→Β→Γ → Δ	$1,655,711		2.97 * 246,000 = $730,620	2.97 * 271,000 = $804,870	2.97 * 40,000 = $118,800
Μέσο κόστος μεταφοράς	*2.97 $ / tn*				

Συμπέρασμα Η επιλογή κυκλικού ταξιδιού έχει κέρδος στο σύνολο της θαλάσσιας μεταφοράς ίσο με <u>$1,408,281.</u>

Αν η χρέωση γίνει με βάση την μεταφερόμενη ποσότητα επί το μέσο κόστος μεταφοράς, ο λιμένας της Καρταγένα ζημιώνεται κατά: $(252,141), ο λιμένας του Πόρτο Φόξι έχει κέρδος $92,668 και ο λιμένας του Πειραιά έχει όφελος $1,569,175 από την επιλογή κυκλικού ταξιδιού αντί για απευθείας σύνδεση.

Στην περίπτωση που τοποθετηθεί 1 πλοίο με μέγεθος 44,816 dwt αντί για 4 / 11,204 dwt το κέρδος του συστήματος θα είναι ακόμη μεγαλύτερο: $3,063,992 - $530,679 = <u>$2,533,313</u>. Αντίστοιχα και το κέρδος των λιμένων ξεχωριστά: Κάρταγένα = $244,779, Πόρτο Φόξι = $640,088, Πειραιάς = $1,649,975.

Εικόνα 35 Αναπαράσταση σε περιβάλλον GIS του δρομολογίου Ροστόβ -> Πειραιάς

Για την περίπτωση μεταφοράς του φορτίου από το λιμάνι του Ροστόβ (Ρωσία) προς την Αττική η βελτίωση του συστήματος έγκειται στην τοποθέτηση μεγάλου μεγέθους πλοίων.

Πίνακας 52 Σύγκριση του κόστους μεταφοράς για διαφορετικά μεγέθη πλοίων και χρόνους ταξιδιού, για το δρομολόγιο Ροστόβ - Πειραιάς

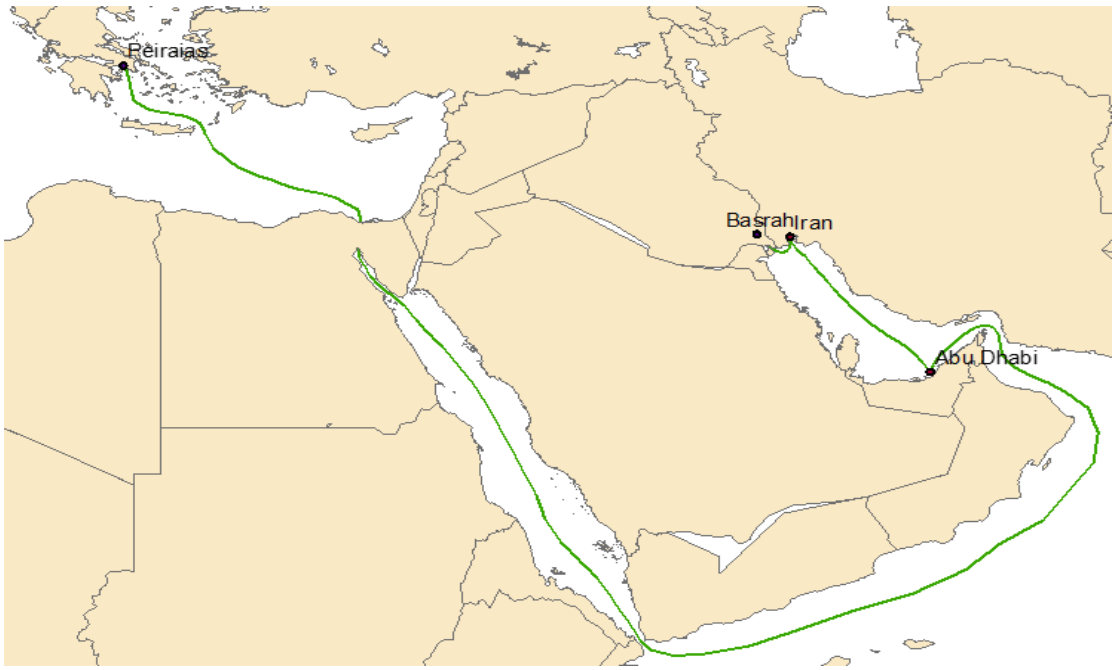
Λιμάνι προέλευσης	*Λιμάνι προορισμού*	*Μεταφερόμενο φορτίο (τόνοι)*	*Δρομολόγιο ανά (μέρες)*	*Αριθμός πλοίων / μέγεθος*
Ροστόβ → Πειραιάς		3,258,000	7	2 / 65,534 dwt
Ροστόβ → Πειραιάς		659,000	14	1 / 131,068 dwt
Ροστόβ → Πειραιάς		41,000	28	1 / 262,135 dwt
Αναπροσαρμοσμένη ταχύτητα (knot's)		*Αναπροσαρμοσμένος χρόνος πλήρους κύκλου ταξιδιού (μέρες)*	*Συνολικό κόστος μεταφοράς ($)*	
6		14	$ 477,615	
6		14	$ 307,816	
3		28	$ 804,012	

Συμπέρασμα Παρατηρείται ότι με την μείωση του αριθμού των πλοίων από δύο των 65,000 dwt σε ένα των 130,000, επιτεύχθηκε σημαντική μείωση στο συνολικό κόστος ταξιδιού (για το σύνολο των πλοίων ανά περίπτωση). Αυξάνοντας περισσότερο το μέγεθος του πλοίου σε 260,000 dwt μειώθηκε η ταχύτητα αναλογικά, αλλά αυξήθηκε ο συνολικός χρόνος ταξιδιού από 14 σε 28 μέρες. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να αυξηθεί το κόστος μεταφοράς. Μπορεί να μειώθηκε η κατανάλωση καυσίμου του πλοίου όμως αυξήθηκαν τα λειτουργικά έξοδα (περισσότερες μέρες ταξιδιού) και το αντίστοιχο κόστος απόσβεσης κεφαλαίου (αντίστοιχο υποθετικό Σενάριο 1).

Σε αυτή την περίπτωση αναλύθηκε ένας διαφορετικός τρόπος οργάνωσης: Το φορτίο που προοριζόταν για το λιμένα του Πειραιά από το λιμένα της Βασόρας (Ιράκ) θεωρήθηκε ότι φορτώθηκε σε ένα μεγάλου μεγέθους πλοίο και πραγματοποίησε το δρομολόγιο Βασόρα -> Ιράν -> Άμπου Ντάμπι -> Πειραιάς. Σε κάθε ενδιάμεσο λιμάνι (Ιράν, Άμπου Ντάμπι) φορτώθηκαν οι ποσότητες των απευθείας συνδέσεων (Ιράν -> Πειραιάς και Άμπου Ντάμπι -> Πειραιάς).

Το συγκεκριμένο σενάριο θαλάσσιας μεταφοράς αποτελεί παραλλαγή των υπόλοιπων σεναρίων. Σε αυτή την περίπτωση το συνολικό φορτίο καταλήγει στο λιμάνι Δ, έχοντας ξεκινήσει από το Α (ένα μέρος του συνολικού φορτίου) με κατεύθυνση το Β και Γ όπου σε κάθε λιμένα πραγματοποιείται επιπλεόν φόρτωση.

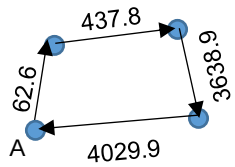
Έχοντας συχνότητα δρομολογίου ανά βδομάδα και τα υπόλοιπα δεδομένα σταθερά, αναλύεται η επιλογή κυκλικού ταξιδιού για τις ποσότητες πετρελαίου που προέρχονται από τους λιμένες του Περσικού κόλπου:



Εικόνα 36 Αναπαράσταση σε περιβάλλον GIS του κυκλικού ταξιδιού Βασόρα -> Ιράν -> Άμπου Ντάμπι -> Πειραιάς

Πίνακας 53 Σύγκριση του κόστους μεταφοράς απευθείας σύνδεσης σε σχέση με το κόστος μεταφοράς κυκλικού ταξιδιού, από τους λιμένες του Περσικού Κόλπου στο λιμένα του Πειραιά

Λιμένας προέλευσης	*Λιμένας προορισμού*	*Μεταφερόμενο φορτίο (τόνοι)*	*Αριθμός πλοίων / μέγεθος*	*Απόσταση (ναυτικά μίλια)*
Βασόρα → Πειραιάς		3,910,000	5 / 78,649 dwt	2 X 4029.9
Ιράν → Πειραιάς		659,000	4 / 13,256 dwt	2 X 3976.7
Άμπου Ντάμπι → Πειραιάς		41,000	4 / 825 dwt	2 X 3638.9
Βασόρα → Ιράν → Άμπου Ντάμπι → Πειραιάς		4,610,000	5 / 92,729 dwt	8,079

Κόστος ταξιδιου (αποτελέσματα μοντέλου)		*Σχετική γεωγραφική θέση λιμένων*	*Κόστος μεταφοράς που αναλογεί στη **Βασόρα***	*Κόστος μεταφοράς που αναλογεί στο **Ιράν***	*Κόστος μεταφοράς που αναλογεί στο **Άμπου Ντάμπι***
Βασόρα → Πειραιάς	$3,730,643		$3,730,643	-	-
Ιράν → Πειραιάς	$1,938,388		-	$1,938,388	-
Άμπου Ντάμπι → Πειραιάς	$1,411,970		-	-	$1,411,970
ΣΥΝΟΛΟ	$7,081,001		-	-	-
Μέσο κόστος μεταφοράς	1.54 *$ / tn*				
Κυκλικό ταξίδι Α→Β→Γ	$3,926,801		0.85*3,910,000=	0.85*659,000=	0.85*41,000=
Μέσο κόστος μεταφοράς	0.85 *$ / tn*		$3,323,500	$560,150	$34,850

Συμπέρασμα Η επιλογή κυκλικού ταξιδιού έχει κέρδος στο σύνολο της θαλάσσιας μεταφοράς ίσο με $7,081,001-$3,926,801 = $3,154,200.
Αν η χρέωση γίνει με βάση την μεταφερόμενη ποσότητα επί το μέσο κόστος μεταφοράς, ο λιμένας της Βασόρας κερδίζει: $407,143, ο λιμένας του Ιράν έχει κέρδος $1,378,238 και ο λιμένας του Άμπου Ντάμπι έχει όφελος $1,377,120 από την επιλογή κυκλικού ταξιδιού αντί για απευθείας σύνδεση.
Στην περίπτωση που τοποθετηθούν 3 πλοία με μέγεθος 185,458 dwt αντί για 5 / 92,729 dwt το κέρδος του συστήματος θα είναι ακόμη μεγαλύτερο: $7,081,001 - $3,418,288 = $3,662,713. Αντίστοιχα και το κέρδος των λιμένων ξεχωριστά: Βασόρα = $837,243, Ιράν = $1,450,728, Άμπου Ντάμπι = $1,381,630.

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το λειτουργικό κόστος ενός εμπορικού πλοίου αποτελεί σημαντικό παράγοντα της θαλάσσιας μεταφοράς. Συγκεκριμένα, οι κυριότερες παράμετροι του κόστους αυτού όπως το κόστος ταξιδιού (ιδιαίτερα το κόστος κατανάλωσης καυσίμων), κεφαλαίου και το κόστος λειτουργικών εξόδων (όπου το κυριότερο έξοδο αποτελεί το κόστος πληρώματος) έχουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του κόστους μεταφοράς διά θαλάσσης.

Το κόστος θαλάσσιας μεταφοράς υπολογίζεται ανάλογα με τον τύπο του πλοίου (δεξαμενόπλοιο ή πλοίο ξηρού χύδην φορτίου), το μέγεθος, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (μήκος, πλάτος, βύθισμα), την ισχύ κ.α.

Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκε ένα μοντέλο υπολογισμού του κόστους μεταφοράς και χρησιμοποιήθηκε σε ιδεατά και πραγματικά σενάρια μεταφοράς πετρελαίου. Η διερεύνηση των σεναρίων αυτών έδειξε ότι η μείωση του αριθμού των πλοίων (και ταυτόχρονη αύξηση του μεγέθους τους) επιφέρει σημαντική μείωση του συνολικού λειτουργικού κόστους της θαλάσσιας μεταφοράς. Όμως η μείωση του αριθμού των πλοίων και ταυτόχρονη αύξηση της ταχύτητας τους σε υπερβολικό βαθμό μπορεί να συντελέσει στα αντίθετα αποτελέσματα (αύξηση του κόστους ανά μεταφερόμενο τόνο και ημέρα ταξιδιού). Γι’ αυτό το λόγο διερευνήθηκε η κατάλληλη τιμή που πρέπει να έχει ένας «συντελεστής λήψης απόφασης» του μοντέλου, ο οποίος προσδιορίζει τον αριθμό των πλοίων και την ταχύτητα τους.

Άλλος ένας σημαντικός παράγοντας του κόστους θαλάσσιας μεταφοράς είναι η απόσταση. Στη λογική της μείωσης του αριθμού των πλοίων και της αύξησης του μεγέθους τους, σε συνθήκες σταθερής δρομολόγησης και ταχύτητας ταξιδιού, η αύξηση της απόστασης επιφέρει μεγαλύτερη αύξηση του κόστους για τα μικρότερα απ΄ότι για τα μεγαλύτερα σε μέγεθος πλοία. Η κατανόηση των παραπάνω συμπερασμάτων σε συνδυασμό με τη διερεύνηση εναλλακτικών τρόπων οργάνωσης της θαλάσσιας μεταφοράς (απευθείας σύνδεση ή κυκλικό ταξίδι με πολλαπλούς προορισμούς) οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η επιλογή θαλάσσιου κυκλικού ταξιδιού αντί για απευθείας συνδέσεις των λιμένων προέλευσης-προορισμού, οδηγεί στις περισσότερες περιπτώσεις σε μείωση του λειτουργικού κόστους με την προϋπόθεση ότι οι θέσεις των ενδιάμεσων λιμένων προορισμού δεν αποκλίνουν σημαντικά από την διαδρομή μεταξύ του λιμένα προέλευσης και του τελευταίου λιμένα προορισμού.

Παράρτημα Α

Σύμφωνα λοιπόν με την Zanne M. παρουσιάζεται το κόστος κεφαλαίου με την μορφή παραδείγματος:

Το ερώτημα το οποίο τίθεται είναι ποια αποτελεί φθηνότερη επιλογή για μία εταιρεία όταν θέλει να αγοράσει ένα πλοίο, θεωρώντας ως τιμή αγοράς τα 45.000.000 $ και ως όρους τις εξής δύο περιπτώσεις:

Α. προκαταβολή: το 1/3 της αρχικής τιμής, δηλαδή 15.000.000 $
τιμή του επιτοκίου: 8% (το χρόνο)
περίοδος αποπληρωμής: 6 χρόνια, πληρωμή μία φορά το χρόνο, σταθερές δόσεις

Β. προκαταβολή: 12.000.000 $
τιμή του επιτοκίου: 4% (το χρόνο)
περίοδος αποπληρωμής: 10 χρόνια, πληρωμές δύο φορές το χρόνο, σταθερές δόσεις

Οι τύποι που χρησιμοποιούνται:

Δάνειο = τιμή του πλοίου – προκαταβολή

Συντελεστής ανάκτησης κεφαλαίου = [ρ * (1+ρ)^v] / [(1+ρ)^v-1]

Δόση = Συντελεστή ανάκτησης κεφαλαίου * Δάνειο

Και όπως προαναφέρθηκε,

Τελική τιμή = Τιμή μετρητών + τόκοι = Τιμή μετρητών + v * δόσεις

όπου v αντιπροσωπεύει τον συμφωνημένο αριθμό δόσεων

και ρ το επιτόκιο (σε επαρκή χρονική περίοδο για αποπληρωμή)

Άρα:

Α. ρ = 8% , v = 6

Άρα ο Συντελεστής ανάκτησης = 0,216315386

η Δόση = 6.489.461,59 $

η Τελική τιμή = 53.936.769,52 $

και οι Τόκοι = 8.936.769,52 $

Οπότε το πλάνο αποπληρωμής είναι:

Αριθμός δόσεων	Αρχικό κεφάλαιο (principal)	Δόσεις (instalment)	Τόκοι[25] (interests)	Μερικό κεφάλαιο (partial)
0	30.000.000,00			
1	25.910.538,41	6.489.461,59	2.400.000,00	4.089.461,59
2	21.493.919,90	6.489.461,59	2.072.843,07	4.416.618,51
3	16.723.971,90	6.489.461,59	1.719.513,59	4.769.947,99
4	11.572.428,07	6.489.461,59	1.337.917,75	5.151.543,83
5	6.008.760,73	6.489.461,59	925.794,25	5.563.667,34
6	0,00	6.489.461,59	480.700,86	6.008.760,73
		38.936.769,52	**8.936.769,52**	**30.000.000,00**

Β. ρ = 4% , ν = 10

Άρα ο Συντελεστής ανάκτησης = 0,123290944

η Δόση = 4.068.601,16 $

η Τελική τιμή = 52.686.011,63 $

και οι Τόκοι = 7.686.011,63 $

Άρα

[25] αντιστοιχούν στο 8% του αρχικού κεφαλαίου του προηγούμενου χρόνου

Αριθμός δόσεων	Αρχικό κεφάλαιο (principal)	Δόσεις (instalment)	Τόκοι (interests)	Μερικό κεφάλαιο (partial)
0	33.000.000,00			
1	30.251.398,84	4.068.601,16	1.320.000,00	2.748.601,16
2	27.392.853,63	4.068.601,16	1.210.055,95	2.858.545,21
3	24.419.966,61	4.068.601,16	1.095.714,15	2.972.887,02
4	21.328.164,11	4.068.601,16	976.798,66	3.091.802,50
5	18.112.689,51	4.068.601,16	853.126,56	3.215.474,60
6	14.768.595,93	4.068.601,16	724.507,58	3.344.093,58
7	11.290.738,60	4.068.601,16	590.743,84	3.477.857,33
8	7.673.766,99	4.068.601,16	451.629,54	3.616.971,62
9	3.912.116,50	4.068.601,16	306.950,68	3.761.650,48
10	0,00	4.068.601,16	156.484,66	3.912.116,50
		40.686.011,63	7.686.011,63	33.000.000,00

Συνεπώς η δεύτερη επιλογή είναι φθηνότερη (κατά 53.936.769,52 $ - 52.686.011,63 $ = 1.250.757,89 $), αποπληρώνεται σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (10 αντί για 6 χρόνια) και μειονεκτεί όσον αφορά το χρηματικό ποσό που πρέπει να καταβληθεί το χρόνο (καθώς έχει συμφωνήσει σε πληρωμές 2 φορές το χρόνο από 4.068.601,16 $, σε αντίθεση με την 1η επιλογή που έχει συμφωνήσει σε 6.489.461,59 $ μία φορά το χρόνο).

Όσον αφορά την υποτίμηση, το εκτόπισμα του πλοίου είναι 12.500 τόνους και η αξία του μετάλλου για απόσυρση είναι 150$ / τόνο. Σύμφωνα με τα λογιστικά πρότυπα η ωφέλιμη ζωή του πλοίου είναι 20 χρόνια, με 350 μέρες το χρόνο να τις περνά στη θάλασσα. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι αν μία εταιρεία αγοράζει ένα χρησιμοποιημένο πλοίο η ωφέλιμη ζωή του είναι μικρότερη (20 χρόνια μείον τα χρόνια που λειτουργεί).

Θα εφαρμοστεί συνεπώς η μέθοδος για να διαπιστωθεί η ανταγωνιστικότητα παραθέτοντας δύο παραδείγματα.

1) Η Αξία διάσωσης είναι και για τις δύο περιπτώσεις η ίδια:

ΑΔ = 12.500 τόνοι * 150$ / τόνο = 1.875.000$

a) Αγορά του πλοίου με μετρητά, Τιμή του πλοίου = 45.000.000$

(ΕΕΥ) = (45.000.000$ - 1.875.000$) / 20 χρόνια = 2.156.250$

(ΗΕΥ) = 2.156.250$ / 350 μέρες = 6.160,71$

b) Αγορά του πλοίου με δάνειο, Τιμή του πλοίου = 52.686.011,63 $ [26]

(ΕΕΥ) = (52.686.011,63$ - 1.875.000$) / 20 χρόνια = 2.540.550,58$

(ΗΕΥ) = 2.540.550,58$ / 350 μέρες = 7.258,72$

2) Αγορά ενός 15 χρόνων πλοίου με μετρητά, στην τιμή των 11.000.000$ με εκτόπισμα 9.600 τόνους και αξία μετάλλου για απόσυρση 150$/τόνο.
Για αρχή υπολογίστηκε η ωφέλιμη ζωή του πλοίου, η οποία ανέρχεται στα 20-15 = 5 χρόνια και η αξία διάσωσης ΑΔ = 9.600 * 150 = 1.440.000$
Επομένως έχουμε :
(ΕΕΥ) = (11.000.000$ - 1.440.000$) / 5 χρόνια = 1.912.000$ και
(ΗΕΥ) = 1.912.000$ / 350 μέρες = 5.462,86$

Παρατίθεται λοιπόν ο επόμενος πίνακας, ο οποίος παρουσιάζει την αξία του πλοίου καθ' όλη τη διάρκεια της ωφέλιμης ζωής του (για το παράδειγμα 2).

Λογιστική αξία του πλοίου στην αρχή του έτους	**Κόστος υποτίμησης**	**Συσσωρευμένη υποτίμηση**	**Λογιστική αξία του πλοίου στο τέλος του έτους**
11.000.000	1.912.000	1.912.000	9.088.000
9.088.000	1.912.000	3.824.000	7.176.000
7.176.000	1.912.000	5.736.000	5.264.000
5.264.000	1.912.000	7.648.000	3.352.000
3.352.000	1.912.000	9.560.000	1.440.000

Συνεπώς, με την πάροδο των 5 χρόνων η λογιστική αξία του πλοίου έχει μειωθεί κατά περίπου 87%. Σε αντίθεση με το παράδειγμα 1, όπου έχουμε:

Για το παράδειγμα 1) a) λογιστική αξία του πλοίου στην αρχή του έτους, 45.000.000$ και μετά από 20 χρόνια (αφού το πλοίο είναι καινούριο) στα 45.000.000$ - 20 * 2.156.250$ = 1.875.000$

Και αντίστοιχα για το 1) b) 52.686.011,63$ - 20 * 2.540.550,58$ = 1.875.000$

Παρατηρείται ότι η λογιστική αξία στο τέλος του χρόνου και για τις δύο περιπτώσεις του πρώτου παραδείγματος είναι η ίδια. Αυτό σημαίνει ότι η υποτίμηση του περιουσιακού στοιχείου στο συγκεκριμένο παράδειγμα ήταν μη εξαρτώμενη από τον τρόπο που αποκτήθηκε το πλοίο (στη μία περίπτωση με μετρητά και στην άλλη με δάνειο), παρόλο που υπήρχε σημαντική διαφορά στο κόστος απόκτησης (τελική τιμή). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το πλοίο που αποκτήθηκε με δάνειο είχε μεγαλύτερο κόστος υποτίμησης κάθε χρόνο, το οποίο συντέλεσε στο να έχουν την ίδια λογιστική αξία στο τέλος του χρόνου της ωφέλιμης ζωής τους. Όσον αφορά τη σύγκρισή τους με το πρώτο παράδειγμα, παρατηρούμε ότι η λογιστική τους αξία κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα (1.875.000$ έναντι 1.440.000$) έχοντας όμως υποτετραπλάσια ωφέλιμη διάρκεια ζωής. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι η ωφέλιμη ζωή του πλοίου, καθώς και η

[26] Επιλέχθηκε η δεύτερη επιλογή όσον αφορά την αγορά που αναλύθηκε πρωτύτερα ως πιο οικονομική.

αγορά καινούριου ή μεταχειρισμένου πλοίου παίζει σημαντικότατο ρόλο στην αξία του με την πάροδο των χρόνων (αφού μέσα σε 5 χρόνια το πλοίο του δεύτερου παραδείγματος κατέληξε να έχει την ίδια σχεδόν αξία με το πλοίο που χρησιμοποιούταν για 20 χρόνια). Αυτός είναι και ο λόγος που το καθιστά περισσότερο ανταγωνιστικό.

6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1Υπουργείο δικαιοσύνης και εμπορικής ναυτιλίας, http://www.ministryofjustice.gr/site/kodikes,

2 United Nations Conference on Trade And Development, Review of maritime transport, 2016

3 https://alphaliner.axsmarine.com/PublicTop100/, 2017

4 Alphaliner, Cellular Fleet Forecast, 2017

5 https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/ore-oil-carrier, 2017

6 https://en.wikipedia.org/wiki/Oil_tanker,

7 Global Energy Statistical Yearbook, https://yearbook.enerdata.net/, 2017

8 U.S. Energy Information Administration, Natural gas, 2014

9 Martin Stopford, Maritime Economics Third edition, 2009

10 Βιβλιοθήκη Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης, http://orion.lib.teithe.gr/index.php?page=writing-r-frame, 2009

11 Marina Zanne, Organization and economics of shipping company, 2010

12 Manuel Ventura, Cost Estimate, Centre for Marine Technology and Ocean Engineering, 2010

13 Bureau of Transport Economics, BTE Publication Summary, An Estimate of Operating Costs for Bulk, Ro-ro and Container Ships, 1983

14 Tsoukatos Foivos m., On the Reduction of Fuel Consumption Of Bulk Carriers, Τμήμα Ναυπηγών, Ε.Μ.Π., 2013

15 Nicolas Bialystockia και Dimitris Konovessis, On the estimation of ship's fuel consumption and speed curve: A statistical approach, Journal of Ocean Engineering and Science Volume 1, Issue 2, April 2016, Pages 157-166

16 Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία, https://ec.europa.eu/eurostat/data/database

17 Eurostat, Γλωσσάριο για τις στατιστικές των μεταφορών, 2007.

18 Shipping and Freight Resource, http://shippingandfreightresource.com/types-of-cargo-ships/, 2009

19 https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch3en/conc3en/shipsize.html, 2000

20 https://svmshippingblog.wordpress.com/2012/11/18/cargo-vessel-size-classifications-what-do-they-really-mean/, 2012

21 http://maritime-connector.com/wiki/ship-sizes/, 2017

22 United Nations Conference on Trade and Development, Review of Maritime Transport, 2017

23 U.S Energy Information and Administration, Oil tanker sizes range from general purpose to ultra-large crude carriers on AFRA scale, https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=17991, 2014

24 Γιώργος α. Γιαννόπουλος, Θαλάσσιες Μεταφορές, Παρατηρητής, 1998

25 Γ.Ζαραφωνίτης, Εισαγωγή στη ναυπηγική και τη θαλάσσια τεχνολογία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2005

26 Κ.Τριπολίτης - Γ.Τριαντής, Ναυτική τέχνη - έκτακτες ανάγκες.

27 Ν.Π.Κυρτάτος, Βασικές Αρχές Πρόωσης Πλοίων, Εθνικό, Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2007

28 MAN Diesel & Turbo, Propulsion Trends in Tankers, 2007

29 MAN Diesel & Turbo, Propulsion Trends in Bulk Carriers, 2007

30 https://www.marinetraffic.com/

31 https://www.vesselfinder.com/

32 Institute of shipping economics and logistics, Shipping statistics and market review, Volume 61, No 4, 2017

33 Intermodal Research & Valuations, Weekly Market Report, Issue: Week 25, 2017

34 Institute of shipping economics and logistics, Shipping statistics and market review, Volume 61, No 3, 2017

35 BRS group, Shipping and shipbuilding markets, Annual review, 2017

36 https://shipandbunker.com/, 2017

37 Steaua romana refinery-campina, Romania, Marine fuel oil type RMG 380 Commercial denomination : IFO 380, 2006

38 United Nations Conference on Trade and Development, Review of Maritime Transport, 2000

39 OpenSea.Pro, An overview of the types and sizes of dry cargo and tanker ships, https://opensea.pro/blog/ships-types-and-sizes

40 MAN B&W Diesel A/S, S50MC-C Project Guide, 5th Edition, December 2005

41 https://worldmaritimenews.com/archives/141972/clarksons-tankers-had-lower-life-expectancy-than-bulkers/

42 International Chamber of Shipping, Shipping and World Trade, http://www.ics-shipping.org/shipping-facts/shipping-and-world-trade, 2017

43 Γιάννης Πιέρρος, Θάνος Μαύρος, EY Building a better working world, Επανατοποθετώντας την Ελλάδα ως διεθνές ναυτιλιακό κέντρο, 2017

44 Central intelligence agency, The world factbook, Greece, https://www.cia.gov/library/publications/resources/the-world-factbook/geos/gr.html, 2017

45 Βαλάσης, Εμπορική Ναυτιλία, 2001

46 Ένωσις Ελλήνων Εφοπλιστών, Ελληνική ναυτιλία και οικονομία 2017, https://www.ugs.gr/gr/greek-shipping-and-economy/greek-shipping-and-economy-2017/

47 BP Statistical Review of World Energy,67th Edition,June 2018

48 https://www.ucl.ac.uk/bartlett/

49 https://www.eia.gov/

50 https://www.statista.com/